

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *STYROFOAM* SEBAGAI SUBSTITUSI
SEBAGIAN PASIR PADA BATAKO TERHADAP
MUTU DAN REDAMAN PANAS
(*THE INFLUENCE OF STYROFOAM AS A PARTIAL
SUBSTITUTE FOR SAND IN CONCRETE BLOCKS ON
QUALITY AND HEAT INSULATION*)**

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



Azhar Galih Nugraha

19511057

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

2023

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *STYROFOAM* SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN
PASIR PADA BATAKO TERHADAP MUTU DAN REDAMAN
PANAS
(*THE INFLUENCE OF STYROFOAM AS A PARTIAL
SUBSTITUTE FOR SAND IN CONCRETE BLOCKS ON
QUALITY AND HEAT INSULATION*)**

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

Disusun oleh

Azhar Galih Nugraha
19511057

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

Diuji Pada Tanggal

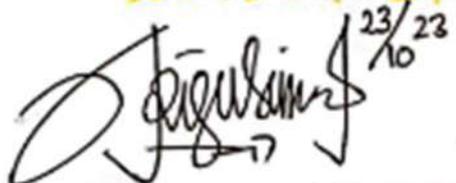
Oleh Dewan Penguji

Penguji I

Penguji II

Pembimbing


23/10
2023
Jafar, S. T., MURTI, M. T.
NIK : 185111305

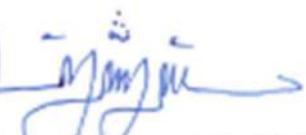

23/10/23
Anggit Mas Arifudin, S. T., M. T.
NIK : 185111304


23/10/23
Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.
NIK : 845110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 12 Oktober 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Azhar Galih Nugraha

(19511057)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh *Styrofoam* Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Terhadap Mutu dan Redaman Panas Batako”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada :

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Jafar S. T., MURP., M. T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing selama penyusunan tugas akhir ini,
3. Bapak Anggit Mas Arifudin S. T., M. T., dan bapak Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., selaku dosen penguji. Terimakasih atas masukan yang telah diberikan kepada penulis,
4. Kedua orang tua yang selalu mendoakan, mendidik dan selalu memotivasi dengan penuh kesabaran serta kasih sayang kepada penulis,
5. Teman - teman seperjuangan yang senantiasa membantu penulis,
6. Bapak Suluk dan Mas Andi selaku tenaga kerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam pembuatan benda uji batako berlubang,
7. Segenap staf dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil FTSP-UII, terimakasih atas bantuannya selama di laboratorium,

8. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir.

Akhir kata penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 12 Oktober 2023
Penulis,

Azhar Galih Nugraha
(19511057)

ABSTRAK

Limbah *styrofoam*, sebuah jenis limbah anorganik yang memerlukan waktu yang sangat lama untuk terurai, sehingga mendorong perlunya upaya pemanfaatan. *Styrofoam* memiliki karakteristik berat yang sangat ringan, tahan terhadap air, dan tidak menghantarkan panas. Dalam penelitian ini, *styrofoam* digunakan sebagai pengganti sebagian volume pasir dalam pembuatan batako, di mana penggunaannya dianggap setara dengan menciptakan udara yang terjebak sehingga dapat mengurangi berat batako. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi *styrofoam* terhadap volume pasir serta menemukan substitusi optimum *styrofoam* dalam campuran batako. Komposisi campuran batako adalah 1 semen: 7 pasir, dengan variasi penggantian *styrofoam* sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap volume pasir. Pengujian standar SNI 03-0349-1989 digunakan untuk mengukur kuat tekan dan penyerapan air serta ditambahkan uji redaman panas batako.

Hasil pengujian berat volume menunjukkan bahwa semakin banyak penggantian pasir dengan *styrofoam*, berat volume batako yang dihasilkan menjadi lebih ringan. Ini terjadi karena *styrofoam* berperan sebagai rongga udara yang menggantikan sebagian pasir dalam campuran batako. Di sisi lain, hasil pengujian kuat tekan pada berbagai variasi sampel menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan kadar *styrofoam* dalam campuran batako. Adanya *styrofoam* yang berperan sebagai rongga udara mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan batako. Hasil pengujian penyerapan air menunjukkan bahwa semakin banyak *styrofoam* dalam batako, semakin rendah penyerapan airnya karena *Styrofoam* tidak menyerap air. Selain itu, batako dengan campuran *styrofoam* juga lebih efektif dalam meredam panas dibandingkan dengan batako biasa, karena *styrofoam* memiliki sifat tidak menghantarkan panas.

Substitusi optimum *styrofoam* terhadap volume pasir terdapat pada batako berlubang variasi II (15% *styrofoam*). Batako variasi II (15% *styrofoam*) memiliki nilai rata-rata berat volume 1952,49 kg/m³, kuat tekan rata-rata sebesar 83,11 kg/cm², dan penyerapan air rata-rata sebesar 10,06%. Nilai kuat tekan dan penyerapan air ini memenuhi standar mutu I batako berlubang sesuai SNI 03-0349-1989.

Kata kunci: Batako, *Styrofoam*, Berat Volume, Kuat Tekan, Penyerapan Air, Redaman Panas

ABSTRACT

Styrofoam waste, a type of inorganic waste that requires an extensive amount of time to decompose, underscores the necessity for utilization efforts. Styrofoam is characterized by its remarkably lightweight nature, resistance to water, and poor heat conductivity. In this study, Styrofoam is employed as a substitute for a portion of the sand volume in the production of concrete blocks, with its use being equivalent to creating trapped air spaces to reduce the weight of the blocks. The primary objective of this research is to examine the impact of Styrofoam substitution on the sand volume and identify the optimal Styrofoam substitution ratio within the concrete block mixture. The mixture composition consists of 1 part cement to 7 parts sand, with variations of Styrofoam substitution at 0%, 10%, 15%, 20%, and 25% of the sand volume. Standard SNI 03-0349-1989 tests are used to measure compressive strength and water absorption, with the addition of a heat insulation test for the concrete blocks..

The results of the volume weight testing reveal that as more Styrofoam is substituted for sand, the resulting concrete block becomes lighter. This occurs because Styrofoam acts as air cavities, replacing some of the sand in the concrete mixture. Conversely, the outcomes of compressive strength tests on various sample variations demonstrate a decline with an increasing Styrofoam content in the concrete mixture. The presence of Styrofoam, which serves as air cavities, leads to a reduction in the compressive strength of the concrete blocks. The findings from the water absorption test indicate that as Styrofoam content in the concrete blocks increases, water absorption decreases due to Styrofoam's non-absorbent properties. Furthermore, concrete blocks with Styrofoam mixtures are more effective at heat insulation compared to regular concrete blocks because Styrofoam possesses poor heat conductivity.

The optimum substitution of Styrofoam for the sand volume is found in the perforated concrete block of Variation II (15% Styrofoam). Variation II (15% Styrofoam) has an average volume weight of 1952.49 kg/m³, an average compressive strength of 83.11 kg/cm², and an average water absorption of 10.06%. These compressive strength and water absorption values comply with Quality Grade I standards for perforated concrete blocks according to SNI 03-0349-1989.

Keywords: *Concrete Blocks, Styrofoam, Volume Weight, Compressive Strength, Water Absorption, Heat Insulation*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Formulasi Proporsi Terhadap Pasir Merapi dan Pengaruhnya pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Batako Ringan.	5
2.1.2 Analisis Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis <i>Styrofoam</i> Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batako.	6
2.1.3 Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan <i>Styrofoam</i> Sebagai Tambahan Pada Campuran Batako.	7
2.1.4 Sifat Fisik Batako dengan Penambahan Limbah <i>Styrofoam</i> .	7
2.2 Perbedaan Penelitian	8
2.3 Keaslian Penelitian	13
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Batako	14
3.2 Klasifikasi dan Syarat Mutu Batako	15
3.3 Bahan Penyusun Batako	17

3.3.1	Semen Portland	17
3.3.2	Agregat Halus	19
3.3.3	Air	19
3.3.4	<i>Styrofoam</i>	20
3.4	Pengujian Pada Batako	21
3.4.1	Berat Volume Batako	21
3.4.2	Kuat Tekan	21
3.4.2	Serapan Air	22
3.4.4	Redaman Panas	22
3.4.5	Uji Statistik	23
BAB IV METODE PENELITIAN		25
4.1	Tinjauan Umum	25
4.2	Lokasi Penelitian	25
4.3	Variabel Penelitian	25
4.4	Komposisi Sampel	26
4.5	Pelaksanaan Penelitian	26
4.5.1	Persiapan Alat dan Bahan	26
4.5.2	Pelaksanaan Penelitian	28
4.6	Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	31
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		41
5.1	Tinjauan Umum	41
5.2	Hasil Pemeriksaan Bahan	41
5.2.1	Analisa Saringan Agregat Halus	41
5.2.2	Pengujian Kandungan Lumpur	44
5.2.3	Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur	44
5.3	Perhitungan Kebutuhan Campuran	46
5.4	Hasil Pengujian Batako	50
5.4.1	Berat Volume Batako	50
5.4.2	Kuat Tekan Batako	54
5.4.3	Daya Serap Air	60
5.4.4	Uji Statistik	63
5.4.5	Redaman Panas	66

5.5 Presentase Subtitusi Optimum <i>Styrofoam</i>	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1	Ukuran Bata Beton	16
Tabel 3.2	Syarat-Syarat Fisik Bata Beton	17
Tabel 3.3	Unsur – Unsur dalam Semen	18
Tabel 4.1	Komposisi Sampel pada Campuran Batako	26
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	42
Tabel 5.2	Daerah Gradasi Agregat Halus	43
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Kandungan Lumpur	44
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Semen	44
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Semen	45
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir	45
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir	45
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Berat Volume <i>Styrofoam</i>	46
Tabel 5.9	Rekapitulasi Hasil Perhitungan 1 Sampel Benda Uji	49
Tabel 5.10	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kebutuhan Campuran	50
Tabel 5.11	Perhitungan Berat Volume Batako Berlubang	51
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Berat Volume Batako	52
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang	58
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Penyerapan Air	61
Tabel 5.15	Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan	64
Tabel 5.16	Hasil Uji Normalitas Penyerapan Air	64
Tabel 5.17	Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan	65
Tabel 5.18	Hasil Uji Homogenitas Penyerapan Air	65
Tabel 5.19	Pengujian 1 Redaman Panas Jam ke-1	68
Tabel 5.20	Pengujian Redaman Panas Jam ke-2	69
Tabel 5.21	Rekapitulasi Hasil Pengujian Redaman Panas	70
Tabel 5.22	Rekapitulasi Hasil Pengujian	73
Tabel 5.23	Hasil Mutu Batako Berlubang	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Batako Pejal	14
Gambar 3.2	Batako Berlubang	15
Gambar 3.3	<i>Styrofoam</i>	20
Gambar 4.1	Menyiapkan Bahan <i>Styrofoam</i>	29
Gambar 4.2	Pencampuran Bahan	30
Gambar 4.3	Proses Pencetakan Batako	31
Gambar 4.4	Batako Segar	31
Gambar 4.5	Proses Penyiraman Batako	32
Gambar 4.6	Pengukuran dan Penimbangan Batako	33
Gambar 4.7	Posisi Benda Uji Batako Saat Uji Kuat Tekan	34
Gambar 4.8	Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan	34
Gambar 4.9	Perendaman Benda Uji Batako	35
Gambar 4.10	Benda Uji Batako Di Dalam Oven	36
Gambar 4.11	Ilustrasi Pengujian Penyerapan Air	36
Gambar 4.12	Penjemuran Benda Uji Batako	37
Gambar 4.13	Titik Pengukuran Suhu Batako	37
Gambar 4.14	Uji Normalitas dengan Software SPSS	38
Gambar 4.15	Homogenitas dengan Software SPSS	49
Gambar 4.16	Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 5.1	Daerah Gradasi II	43
Gambar 5.2	Sketsa Batako Berlubang	47
Gambar 5.3	<i>Styrofoam</i> dalam 1 Sampel Benda Uji	49
Gambar 5.4	Grafik Berat Volume Batako Berlubang	53
Gambar 5.5	Grafik Persen Penurunan Berat Volume Batako Berlubang	53
Gambar 5.6	Sampel Batako Variasi II Sebelum Uji Kuat Tekan	55
Gambar 5.7	Sampel Batako Variasi II Sesudah Uji Kuat Tekan	56
Gambar 5.8	Luas Penampang Batako Berlubang	56
Gambar 5.9	Grafik Kuat Tekan	59

Gambar 5.10 Grafik Persen Penurunan Kuat Tekan	59
Gambar 5.11 Grafik Daya Serap Air	62
Gambar 5.12 Grafik Persen Penurunan Daya Serap Air	62
Gambar 5.13 Pengukuran Suhu Benda Uji	66
Gambar 5.14 Grafik Redaman Panas	71
Gambar 5.15 Grafik Persen Redaman Panas	71
Gambar 5.16 Batako Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dan perubahan cara konsumsi masyarakat mengakibatkan jumlah sampah semakin tinggi. Dilansir dari laman berita online *jogja.tribunnews.com* sampah plastik yang berada di Kabupaten Sleman menduduki peringkat kedua setelah sampah organik dengan presentase yang tidak sedikit. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman dalam rangka memperingati Hari Peduli Sampah Nasional tahun 2023 menyampaikan bahwa volume sampah Kabupaten Sleman per hari berdasarkan jumlah penduduknya 1.136.474 jiwa adalah 738,71 ton. Perhitungan 738,71 ton tersebut didapat dengan asumsi setiap orang per hari menghasilkan 0,5 kg sampah dan dikalikan jumlah penduduk di Kabupaten Sleman 1.136.474 jiwa. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman menyebut bahwa komposisi sampah organik masih mendominasi di pemukiman di Sleman sebesar 62,41% kemudian disusul sampah plastik dengan 27,63% lainnya adalah sampah kertas 7,77%, kain dan karet masing-masing 0,22%, logam 0,90%, dan kaca 0,83%.

Styrofoam merupakan jenis plastik nomor 6, yaitu *polystyren*, dalam klasifikasi plastik sehingga *styrofoam* sama berbahayanya dengan plastik (Fitidarini dan Damanhuri, 2011). Sampah *styrofoam* dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, seperti wadah makanan dan minuman, kemasan elektronik, peralatan rumah tangga, dekorasi, dan sejenisnya. *Styrofoam* terbuat dari bahan yang sulit terurai secara alami. Sementara barang-barang yang berbahan *styrofoam* tertentu dimaksudkan untuk digunakan sekali pakai, dibutuhkan waktu yang lama untuk mengurai bahan tersebut. Penanganan terhadap limbah *styrofoam* yang sebatas pembuangan juga akan membebani alam dalam penguraiannya. Oleh karena itu kegiatan pengelolaan sampah *styrofoam* perlu dilakukan.

Pada saat ini banyak penelitian yang dilakukan sebagai upaya pemecahan masalah dalam mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah. Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan limbah sebagai bahan pada konstruksi bangunan sudah cukup banyak dilakukan seperti batako dengan substitusi sekam padi terhadap pasir (Budirahardjo dkk, 2014), batako dengan penambahan *fly ash* (Setiawan, 2017), batako dengan penambahan limbah kertas HVS (Hendriyani dkk, 2017), batako dengan penambahan serat sabut kelapa dan tempurung kelapa (Sayfullah dkk, 2021), batako dengan substitusi limbah plastik HDPE terhadap pasir, dan batako dengan substitusi *styrofoam* terhadap pasir Telaga Sari (Sunarno dan Abadan, 2013). Hasil penelitian-penelitian tersebut nilai kuat tekan dan nilai serapan air masih memenuhi SNI 03-0349-1989 sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan.

Berdasarkan permasalahan diatas, perlu kiranya limbah *styrofoam* ini dimanfaatkan untuk dibuat menjadi suatu bahan bangunan seperti bata beton atau batako. Bata beton yang disebut batako terbuat dari campuran semen, pasir, dan agregat. Batako biasanya digunakan sebagai pengganti bata merah saat membangun dinding. Karena pemasangannya yang lebih cepat daripada bata merah, batako menjadi bahan pilihan dalam proyek konstruksi rumah dan gedung. Hal ini dikarenakan ukuran dan bentuknya yang lebih besar yang dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan dinding.

Pemanfaatan *styrofoam* pada penelitian ini bertujuan untuk membuat batako dengan menggunakan *styrofoam* sebagai salah satu bahan pengisi batako. Penggunaan bahan *styrofoam* ini sebagai rongga udara sehingga dapat menghasilkan batako yang lebih ringan. Hal ini dapat membuat instalasi dan konstruksi lebih cepat dan efisien, serta mengurangi beban struktural pada bangunan. *Styrofoam* juga bersifat kedap terhadap air sehingga diharapkan dapat menurunkan nilai serapan air pada batako. Batako dengan penyerapan air rendah membantu mencegah pertumbuhan jamur pada dinding. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian dengan memvariasikan komposisi dan presentase penggunaan limbah *styrofoam* dalam campuran pembuatan batako. Setelah proses pembuatan selesai, batako akan diuji untuk mengetahui kuat tekan daya serap air dan redaman

panas. Waktu pengeringan batako yang digunakan dalam penelitian ini adalah selama 28 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh *styrofoam* sebagai substitusi sebagian pasir terhadap berat volume yang dimiliki batako?
2. Bagaimana pengaruh *styrofoam* sebagai substitusi sebagian pasir terhadap nilai kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas yang dimiliki oleh batako?
3. Berapakah presentase substitusi optimum *styrofoam* dalam campuran batako berdasarkan berat volume batako, nilai kuat tekan, nilai penyerapan air, dan nilai redaman panasnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* sebagai substitusi sebagian pasir terhadap berat volume yang dimiliki oleh batako.
2. Untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* sebagai substitusi sebagian pasir terhadap nilai kuat tekan, penyerapan air, dan redaman suhu yang dimiliki oleh batako.
3. Untuk mengetahui persentase substitusi optimum *styrofoam* dalam campuran batako berdasarkan berat volume, nilai kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panasnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemanfaatan limbah *styrofoam* dalam inovasi pembuatan batako diharapkan dapat mengurangi penumpukan limbah *styrofoam*.

2. Memperoleh persentase penambahan optimum *styrofoam* dalam campuran batako berdasarkan nilai berat volume, kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panasnya.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuannya, maka pada penelitian ini menggunakan anggapan dan batasan masalah sebagai berikut :

1. Ukuran batako yang digunakan pada penelitian ini adalah 36 cm x 10 cm x 19 cm tipe batako berlubang.
2. Karakteristik batako yang ditinjau:
 - a. Berat volume yang dimiliki batako
 - b. Kuat tekan yang dimiliki batako
 - c. Serapan air yang dimiliki batako
 - d. Redaman panas pada batako
3. Perbandingan campuran bata beton yang digunakan yaitu 1 PC : 7 PS.
4. *Styrofoam* yang digunakan didapat dari wilayah Kabupaten Sleman.
5. Ukuran butir *styrofoam* yang digunakan $< 0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$.
6. Variasi campuran *styrofoam* untuk menggantikan sebagian pasir adalah sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, 25% terhadap volume pasir.
7. Semen yang digunakan adalah semen Portland (PC) Tipe 1, Merk Tiga Roda yang berada di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi.
8. Alat dan Bahan yang lainnya menggunakan alat dan bahan yang berada di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
9. Pengujian terhadap sampel benda uji dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.
10. Pada pengujian redaman panas suhu T_0 (suhu sekitar) diabaikan.
11. Pada penelitian ini hubungan kimia semen dengan *styrofoam* diabaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada Bab ini dijelaskan mengenai referensi dari penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini. Penelitian terdahulu yang tertera pada Bab ini memiliki keterkaitan terhadap penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penelitian terdahulu yang digunakan peneliti sebagai referensi.

2.1.1 Formulasi Proporsi *Styrofoam* Terhadap Pasir Merapi dan Pengaruhnya pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Batako Ringan.

Saputro, (2017) pada penelitiannya mencoba membuat batako ringan dengan mencampurkan bahan ringan *styrofoam* ke dalam batako. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui formulasi proporsi, berat volume, kuat tekan, dan kuat lentur dari batako *styrofoam*. Batako dibuat dari campuran semen, pasir, dan *styrofoam*. Proses pembuatan batako dilakukan dengan menggantikan volume agregat terhadap *styrofoam* sebesar 15%, 30%, 45%, dan 60%. Benda uji kuat tekan berupa silinder sedangkan benda uji kuat lentur berupa balok. Perbandingan komposisi yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 PC : 5 (Pasir + *styrofoam*). Klasifikasi kuat tekan dilakukan menurut SNI 03-0349-1989.

Hasil pengujian sampel silinder tanpa *Styrofoam* dan sampel silinder dengan penggantian volume *styrofoam* sebesar 15%, 30%, 45%, dan 60% menghasilkan berat volume yaitu 2052,92 kg/cm³, 1866,58 kg/cm³, 1639,01 kg/cm³, 1396,26 kg/cm³, dan 1044,68 kg/cm³. Kuat tekan rata-rata setiap variasi silinder sebesar 8,703 Mpa (88,75 kg/cm²), 7,160 Mpa (73,01 kg/cm²), 6,012 Mpa (61,31 kg/cm²), 4,881 Mpa (49,77 kg/cm²), dan 2,876 Mpa (29,33 kg/cm²). Kuat Lentur rata-rata setiap variasi balok sebesar 1,810 MPa, 1,552 MPa, 1,495 MPa, 1,301 MPa, dan 0,883 MPa. Sesuai dengan hasil pengujian, batako dengan

rasio *styrofoam* 30% dan 45% mempunyai kekuatan yang memenuhi klasifikasi III (SNI 03-0349-1989). Dengan memilih yang ringan dari 2 variasi batako, variasi *styrofoam* 45% yang paling sesuai untuk direkomendasikan dengan berat volume sebesar $1639,01 \text{ kg/cm}^3$ dan nilai kuat tekan sebesar $49,77 \text{ kg/cm}^2$.

2.1.2 Analisis Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis *Styrofoam* Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batako.

Ardiatama, dkk (2019) melakukan penelitian dengan tema pemanfaatan limbah *styrofoam* sebagai campuran bahan baku untuk pembuatan batako sebagai salah satu upaya pengurangan limbah dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan yang ditimbulkan dari limbah plastik jenis *styrofoam*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Komposisi campuran yang digunakan mengikuti yang ada pada pasaran yaitu 1 semen : 15 pasir sedangkan untuk komposisi campuran *styrofoam* untuk setiap sampel yaitu 40%, 55%, 70% dan 85% dari volume pasir batako. Benda uji yang dibuat adalah sejumlah 4 buah batako pada tiap variasinya. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain uji berat isi batako, uji kuat tekan, dan uji gravitasi. Pada penelitian ini juga melakukan perbandingan antara batako komersil dengan batako inovasi yang dibuat.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa ditinjau dari berat isi batako *styrofoam* dapat digunakan untuk kegiatan non struktur dan struktur ringan. Ditinjau dari nilai kuat tekan, batako *styrofoam* belum memenuhi standar nilai kuat tekan SNI namun dapat memenuhi nilai kuat tekan batako komersial. Ditinjau dari uji gravitasi, batako *styrofoam* lolos uji gravitasi dari ketinggian $\pm 1 \text{ m}$. Ditinjau dari efisiensi reduksi limbah *styrofoam*, pemanfaatan limbah *styrofoam* sebagai campuran bahan baku pembuatan batako cukup efektif yang ditunjukkan dengan persentase nilai efisiensi sebesar 72%.

2.1.3 Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan *Styrofoam* Sebagai Tambahan Pada Campuran Batako.

Maizuar dkk, (2020) melakukan penelitian mengenai pengaruh bahan limbah *styrofoam* pada campuran batako. Penelitian menerapkan konsep bangunan *green building* dengan menggunakan material yang didapatkan dari mendaur ulang sampah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan batako *styrofoam* memenuhi standar mutu II. Penggunaan material sampah *styrofoam* pada campuran batako ini akan mengurangi pencemaran akibat penimbunan limbah yang lama terurainya. Perbandingan volume campuran batako yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 Pc (semen) : 4 Ps (pasir) dengan variasi campuran *styrofoam* terhadap campuran batako yaitu 0%, 10%, 30%, 50%, 70%, dan 80%.

Hasil dari penelitian tersebut berat satuan yang dimiliki batako mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya *styrofoam* pada campuran batako. Pada umur batako 28 hari dilakukan uji kuat tekan yang hasilnya secara berurutan adalah sebagai berikut, 8,39 Mpa (85,554 kg/cm²), 6,42 (65,465 kg/cm²) Mpa, 3,33 Mpa (33,957 kg/cm²), 3,03 Mpa (30,8974 kg/cm²) , 4,58 Mpa (46,703 kg/cm²), 3,06 Mpa (31,203 kg/cm²). Kuat tekan tertinggi batako pada cetakan I terdapat pada variasi 0% dengan kekuatan rata-rata yang dicapai sebesar 8,32 Mpa. Variasi batako pada cetakan I untuk variasi 10% *styrofoam* yang memiliki kuat tekan sebesar 6,42 Mpa (65,465 kg/cm²) yang memenuhi kekuatan mutu II.

2.1.4 Sifat Fisik Batako dengan Penambahan Limbah *Styrofoam*.

Herol dkk, (2022) pada penelitiannya *styrofoam* yang memiliki berat yang ringan diharapkan akan membuat berat dari batako semakin ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dari batako dengan penambahan *styrofoam*. Benda uji yang digunakan adalah berupa batako dengan ukuran cetakan 39 cm x 9 cm x 10 cm. Komposisi campuran batako yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem perbandingan volume. Perbandingan campuran yang digunakan adalah 1 Pc (semen) : 3 Ps (pasir) dan penggunaan *styrofoam* sebagai pengganti pasir 0%, 10%, 25%, dan 50%.

Hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut. Pengamatan visual batako dengan semakin banyak penambahan *styrofoam* maka akan sulit mendapatkan sudut siku sempurna pada batako. Semakin banyak kadar *styrofoam* sebagai pengganti pasir mengakibatkan berat isi dan berat jenis batako semakin kecil dikarenakan berat satuan batako semakin ringan. Penyerapan air pada batako akan semakin kecil seiring semakin banyak penambahan kadar *styrofoam*, itu dikarenakan sifat *styrofoam* yang kedap air. Kadar *styrofoam* 0%, 10%, 25%, dan 50% masuk dalam mutu I penyerapan air menurut SNI 03-0349-1989 yaitu kecil dari 25%.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka yang peneliti gunakan sebagai referensi di atas, maka dapat dilihat untuk perbedaan pada setiap penelitian pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Saputro (2017)	Ardiatma dkk (2019)	Maizuar dkk (2020)	Herol dkk (2022)	Azhar Galih Nugraha (2023)
Judul Penelitian	Formulasi Proporsi <i>Styrofoam</i> Terhadap Pasir Merapi dan Pengaruhnya pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Batako Ringan	Analisis Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis <i>Styrofoam</i> Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batako	Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan <i>Styrofoam</i> Sebagai Tambahan Pada Campuran Batako	Sifat Fisik Batako dengan Penambahan Limbah <i>Styrofoam</i>	Pengaruh <i>Styrofoam</i> Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Batako Terhadap Mutu dan Redaman Panas
Tujuan Penelitian	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui formulasi proporsi, berat volume, kuat tekan, dan kuat lentur dari batako <i>styrofoam</i> .	Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai salah satu upaya pengurangan limbah dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan yang ditimbulkan dari limbah plastik jenis <i>styrofoam</i> .	Penelitian ini menerapkan konsep bangunan <i>green building</i> . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan batako <i>styrofoam</i> memenuhi standar mutu II	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dari batako dengan penambahan <i>styrofoam</i> .	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui persentase penambahan optimum <i>styrofoam</i> dalam campuran batako berdasarkan kuat tekan tertinggi dan penyerapan air minimum menurut SNI 03-0349-1989 serta pengaruhnya terhadap redaman panas.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Saputro (2017)	Ardiatma dkk (2019)	Maizuar dkk (2020)	Herol dkk (2022)	Azhar Galih Nugraha (2023)
Bahan Campuran	<i>Styrofoam</i> sebagai pengganti volume agregat.	<i>Styrofoam</i> sebagai substitusi terhadap pasir	<i>Styrofoam</i> sebagai pengganti sebagian pasir	penggunaan <i>styrofoam</i> sebagai pengganti pasir.	<i>Styrofoam</i> sebagai substitusi terhadap pasir
Bentuk Sampel Uji	Silinder dan Batako	Batako	Batako	Batako	Batako
Parameter Pengujian	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat Tekan • Kuat Lentur 	<ul style="list-style-type: none"> • Berat isi Batako • Kuat Tekan • Uji gravitasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat Tekan 	<ul style="list-style-type: none"> • Berat isi Batako • Berat Jenis • Penyerapan Air 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat Tekan • Penyerapan Air • Redaman Panas
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan	Hasil dari penelitian tersebut berat satuan yang dimiliki batako mengalami penurunan seiring dengan	Hasil dari penelitian tersebut berat satuan yang dimiliki batako mengalami penurunan seiring dengan	Penambahan <i>styrofoam</i> maka akan sulit mendapatkan sudut	Berat volume batako berlubang akan semakin ringan seiring bertambahnya presentase

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Saputro (2017)	Ardiatma dkk (2019)	Maizuar dkk (2020)	Herol dkk (2022)	Azhar Galih Nugraha (2023)
	<p>Bertambahnya persentase <i>styrofoam</i> ke dalam campuran akan menurunkan kuat tekan dan kuat lentur dari sampel yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan apabila semakin banyak <i>styrofoam</i> di dalam sampel benda uji maka porositas dari sampel tersebut akan menjadi semakin besar sehingga mutu dari</p>	<p>bertambahnya <i>styrofoam</i> pada campuran batako. Lolos uji gravitasi dari ketinggian ± 1 m. Ditinjau dari efisiensi reduksi limbah <i>styrofoam</i>, pemanfaatan limbah <i>styrofoam</i> sebagai campuran bahan baku pembuatan batako cukup efektif yang ditunjukkan dengan persentase nilai efisiensi sebesar 72%.</p>	<p>bertambahnya <i>styrofoam</i> pada campuran batako. Variasi batako pada cetakan I untuk variasi 10% <i>styrofoam</i> yang memiliki kuat tekan sebesar 6,42 Mpa ($65,465 \text{ kg/cm}^2$) yang memenuhi kekuatan mutu II.</p>	<p>siku sempurna pada batako. Semakin banyak kadar <i>styrofoam</i> berat satuan batako semakin ringan. Kadar <i>styrofoam</i> 0%, 10%, 25%, dan 50% masuk dalam mutu I penyerapan air menurut SNI 03-0349-1989 yaitu kecil dari 25%.</p>	<p><i>styrofoam</i> yang ada dalam campuran batako. Kuat tekan batako akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya presentase <i>styrofoam</i> dalam campuran batako. Semakin banyak <i>styrofoam</i> yang terkandung, maka daya serap batako akan semakin kecil karena sifat <i>styrofoam</i> yang tidak menyerap air. Batako yang mengandung <i>styrofoam</i> lebih baik dalam meredam panas dibanding dengan batako normal atau tanpa mengandung <i>styrofoam</i>.</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Saputro (2017)	Ardiatma dkk (2019)	Maizuar dkk (2020)	Herol dkk (2022)	Azhar Galih Nugraha (2023)
	beton tersebut akan menurun. Sampel yang terbaik adalah dengan kadar <i>styrofoam</i> 45% karena selain ringan jenis ini juga tergolong pada mutu klasifikasi III.				Batako variasi II substitusi 15% volume pasir dengan <i>styrofoam</i> merupakan variasi substitusi optimum <i>styrofoam</i> pada produksi batako berlubang.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian ini memiliki perbedaan dari referensi penelitian terdahulu. Perbedaan tersebut terletak pada komposisi campuran yang digunakan pada pembuatan sampel batako. Pada penelitian ini digunakan perbandingan volume 1 Pc (semen) : 7 Ps (pasir). *Styrofoam* pada penelitian ini berperan sebagai substitusi terhadap volume pasir dengan beberapa variasi antara lain 0%,10%,15%,20%, dan 25%. Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, penyerapan air, dan ditambah dengan pengujian redaman panas. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh nilai optimum penggunaan limbah *styrofoam* sehingga dapat menjadi referensi dalam memanfaatkan limbah *styrofoam* dalam bidang konstruksi.

BAB III

LANDASAN TEORI

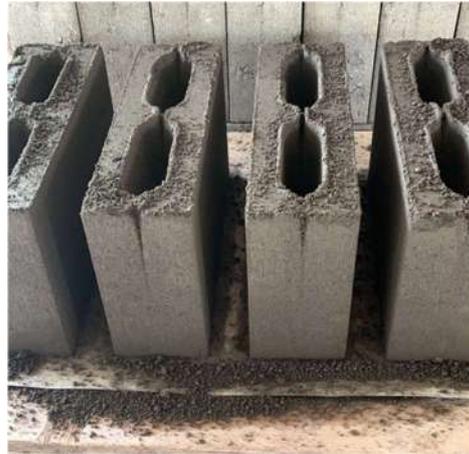
3.1 Batako

Batako adalah bagian dari konstruksi bangunan dan terbuat dari campuran semen portland atau pozzolan, pasir, air, dan mungkin bahan lainnya. Batako dicetak dengan bentuk tertentu untuk memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun dinding sesuai dengan standar nasional SNI 03-0349-1989. Batako merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan untuk dinding dan saat ini sangat umum dalam konstruksi bangunan.

Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton atau batako memiliki jenis dan ukuran yang beragam. Menurut bentuknya bata beton dibedakan menjadi bata beton pejal dan bata beton berlubang. Bata beton pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75 % volume bata seluruhnya. Sedangkan bata beton berlubang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume batanya seluruhnya.



Gambar 3.1 Batako Pejal



Gambar 3.2 Batako Berlubang

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batako yaitu tergantung pada faktor air semen, umur batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, kekuatan agregat, dan lain-lain. Mutu batako akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya umur batako. Oleh karena itu pengujian pada batako dilakukan ketika mencapai umur 28 hari. Pada proses pembuatannya campuran dibuat sepadat mungkin karena kepadatan ini akan mempengaruhi kekuatan batako. Hal ini menjadikan bahan pembuat batako semakin mengikat, serta peran air yang membantu merekatkan bahan pembuat batako dengan semen (Armendariz, 2015).

3.2 Klasifikasi dan Syarat Mutu Batako

Menurut SNI 03-0349-1989 tahun 1982, ukuran batako yang disyaratkan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton

No.	Jenis	Ukuran (mm)		
		Panjang	Lebar	Tebal
1.	Pejal	390: +3 atau -5	90: +2 atau -2	100: +2 atau -2
2.	Berlubang			
	a. Kecil	390: +3 atau -5	190: +3 atau -5	100: +2 atau -2
	b. Besar	390: +3 atau -5	190: +3 atau -5	200: +3 atau -3

Sumber: SNI 03-0349-1989

Menurut SNI 03-0349-1989, Bata beton pejal maupun berlubang dibedakan menurut tingkat murunya, yaitu :

1. Tingkat mutu I yang digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap)
2. Tingkat mutu II yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan penggunaannya untuk konstruksi yang terlindungi (di bawah atap)
3. Tingkat mutu III yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, sebagai dinding penyekat serta untuk konstruksi yang terlindungi (di bawah atap)
4. Tingkat mutu IV yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban dan untuk konstruksi yang lebih terlindungi daripada bata beton tingkat mutu III karena harus diberikan plesteran pada penggunaannya.

Tabel 3.2 Syarat-Syarat Fisik Bata Beton

No.	Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlubang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Kuat tekan bruto* rata-rata min.	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2.	Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3.	Penyerapan air rata-rata maks	%	25	25	-	-	25	35	-	-

- Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari atas termasuk lubang setra cekungan tepi

Sumber: SNI 03-0349-1989

3.3 Bahan Penyusun Batako

3.3.1 Semen Portland

Semen portland adalah semen yang memiliki kandungan kalsium silikat dari penggilingan terak semen portland yang bersifat menyerap air bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Semen portland mengandung unsur kalsium dan alumunium silika yang dibuat dari bahan utama limestone yang mengandung kalsium oksida(CaO), dan lempung yang mengandung silika dioksida (SiO₂) serta alimunium oksida (Al₂O₃). Semen *portland* mengandung unsur utama kapur, silika, alumina dan oksida besi. Unsur-unsur tersebut kemudian berinteraksi satu sama lain selama proses peleburan. Presentase unsur kimia semen portland menurut (Tjokrodimulyo, 2007).

Tabel 3.3 Unsur – Unsur dalam Semen

Unsur kimia dalam semen	Presentase
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Oxid besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesium (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	0,5-1
Soda/Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5-1

Sumber: Tjokrodinuljo (2007)

Semen berfungsi mengikat butiran agregat menjadi suatu kesatuan. Apabila semen dicampur dengan air maka menjadi pasta dan jika ditambah pasir akan menjadi mortar semen. Mortar akan mengalami hidrasi yang mengakibatkan mortar beton menjadi mengeras. Pada saat beton usia 1 - 28 hari beton akan mengalami peningkatan tingkat kekerasan yang signifikan dan setelah 28 hari peningkatan tersebut akan berkurang namun tetap terjadi namun nilainya kecil.

Menurut SK SNI S-04-1989-F berdasarkan jenis dan penggunaannya semen portland terbagi sebagai berikut :

1. Jenis I digunakan untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain
2. Jenis II dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
3. Jenis III dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah, dan
5. Jenis V dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.3.2 Agregat Halus

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm) (Mulyono, 2004). Agregat halus atau pasir merupakan salah satu campuran utama dalam pembuatan beton yang sudah ditentukan butirannya sesuai dengan standart. Pasir yang dimaksud disini adalah pasir yang tidak mengandung kadar lumpur yang tinggi sehingga kualitas beton tetap terjaga.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6820-2002, agregat halus didefinisikan sebagai agregat dengan ukuran butir maksimum 4,76 mm yang dapat berasal dari sumber alam atau hasil pengolahan. Agregat halus dapat terdiri dari dua jenis, yaitu agregat halus hasil pengolahan dan agregat halus alami. Agregat halus hasil pengolahan adalah agregat yang diperoleh melalui proses pemecahan menggunakan mesin pemecah atau proses penyaringan menggunakan ayakan. Sementara itu, agregat halus alami adalah agregat yang terbentuk secara alami melalui penghancuran batuan dari sumber alam, seperti yang mungkin terjadi akibat letusan gunung Merapi.

3.3.3 Air

Kegunaan air dalam pembuatan batu bata menurut SNI 03-2847-2002 adalah untuk menghidrasi semen sehingga dapat berfungsi sebagai pengikat bahan penyusun campuran dan mempermudah proses pemadatan campuran. Air yang digunakan dalam pencampuran harus bebas dari substansi yang dapat mengurangi kualitas beton, seperti garam, asam alkali, minyak, dan zat-zat lain yang dapat menyebabkan efek serupa.

3.3.4 *Styrofoam*

Styrofoam (gabus/bus) merupakan singkatan dari *polystyrene foam* atau busa polistiren. Penamaan produk ini didasari oleh proses pembuatannya yang melibatkan pencampuran udara agar menjadi lebih ringan. Komposisi bahan dalam *styrofoam* adalah 90% udara dan 10% polistiren (Utami dkk, 2020). *Polystyrene* memiliki karakteristik menginsulasi panas, kaku, tahan air, tahan benturan, ringan dan kedap udara. Pada umumnya berwarna putih dan akan larut jika dicampur dengan larutan kimia seperti *eter*, *hidrokarbon aromatic* dan *chlorinated hydrocarbon* (Mulyati dan Asrillina, 2018). Nama teknis yang benar seharusnya adalah *Expanded Polystyrene* (EPS) yang ditemukan pada awal tahun 1940-an oleh Ray McIntire dari perusahaan Dow Chemicals yang sedang mencari dan mengembangkan bahan yang bersifat lentur (fleksibel) sebagai insulator listrik (Hariyadi, 2016).

Styrofoam atau *expanded polystyrene* memiliki berat satuan yang sangat kecil. Penggunaan *Styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai udara yang terjebak. Namun keuntungan menggunakan *Styrofoam* dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian selain akan membuat beton menjadi ringan, dapat juga mengandung kalsium oksida (CaO) sehingga tidak menimbulkan pencemaran (Neville dan Brooks, 1987).



Gambar 3.3 *Styrofoam*

Penggunaan *styrofoam* pada produksi batako sudah pernah diteliti. Pada penelitian tersebut dinyatakan bahwa *styrofoam* dapat digunakan sebagai campuran pada pembuatan batako. *Styrofoam* berperan menjadi rongga udara sehingga batako yang dihasilkan memiliki berat yang lebih ringan dibanding batako pada umumnya. *Styrofoam* juga memiliki sifat yang kedap terhadap air sehingga diharapkan dapat menurunkan nilai serapan air pada batako.

3.4 Pengujian Pada Batako

3.4.1 Berat Volume Batako

Berat volume atau berat isi adalah perbandingan antara berat batako per satuan volume benda tersebut. Terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi nilai berat volume batako diantaranya adalah bahan penyusun dari batako tersebut. Semakin ringan bahan penyusun batako maka akan semakin ringan berat volumenya. Ukuran dimensi batako juga mempengaruhi dalam nilai berat volume batako itu sendiri. Nilai berat volume dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Berat volume} = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

dengan :

$$\text{Berat volume} = \text{kg/cm}^3$$

$$m = \text{berat kering batako (kg)}$$

$$V = \text{volume batako (m}^3\text{)}$$

3.4.2 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban pesatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila diberikan gaya beban tertentu, dalam hal ini kuat tekan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

dengan :

$$\text{kuat tekan} = \text{kg/cm}^2$$

- P = beban tekan (kg)
 A = luas penampang benda uji (cm²)

Terdapat beberapa faktor yang berperan dalam mempengaruhi kuat tekan suatu benda uji. Faktor-faktor tersebut mencakup faktor air semen, kepadatan, umur benda uji, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat. Untuk mencapai kuat tekan yang tinggi, penting untuk menggunakan agregat yang memenuhi persyaratan yang ditentukan. Dalam hal ini, sifat agregat yang memiliki pengaruh paling signifikan adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Selain itu, jumlah semen yang digunakan juga dapat mempengaruhi kuat tekan benda uji. Namun, perlu diperhatikan bahwa peningkatan jumlah semen harus disesuaikan dengan nilai faktor air semen yang dihasilkan oleh campuran semen tersebut.

3.4.2 Serapan Air

Penyerapan air adalah perbandingan antara berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen. Adapun nilai penyerapan air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan:

- A = massa benda keadaan basah (gram)
 B = massa benda keadaan kering (gram)

Semakin banyak jumlah pori yang ada dalam objek benda uji, semakin tinggi pula tingkat penyerapan, sehingga kekuatannya akan menurun. Pori-pori pada objek yang diuji terjadi karena tidak tepatnya kualitas dan komposisi bahan pembentuknya. Pengaruh rasio yang terlalu besar dapat mengakibatkan terbentuknya rongga atau pori-pori karena adanya air yang tidak bereaksi, yang kemudian menguap dan meninggalkan rongga tersebut.

3.4.4 Redaman Panas

Pilihan bahan material dinding memiliki dampak signifikan terhadap kenyamanan aktivitas penghuni di dalam ruangan. Oleh karena itu, dalam

membangun di daerah beriklim tropis, penting untuk memperhatikan tingkat redaman panas yang dimiliki oleh material dinding yang digunakan.

Redaman panas atau insulasi panas adalah metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas. Energi panas dapat mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang suhunya lebih rendah. Jumlah energi panas yang mengalir pada tiap bahan berbeda-beda, tergantung pada sifat material yang digunakan. Bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas disebut isolator atau insulator (Wicaksono dkk, 2017).

Pengujian redaman panas batako dilakukan dengan cara membandingkan temperatur pada batako bagian atas dan bagian bawah pada setiap variasi campurannya. Semakin besar angka penurunan suhu maka batako semakin baik dalam menahan panas. Adapun nilai redaman panas dapat dihitung dengan persamaan hukum Fourier sebagai berikut:

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (3.4)$$

dengan :

ΔT = selisih suhu pada permukaan atas dan bawah ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 = suhu pada permukaan atas ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = suhu pada permukaan bawah ($^{\circ}\text{C}$)

3.4.5 Uji Statistik

Pada penelitian ini hasil dari pengujian sampel akan dilakukan uji statistik agar mendapatkan hasil yang akurat dan seragam pada tiap variasinya. Uji statistik tersebut adalah sebagai berikut :

1. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah prosedur statistik yang digunakan untuk menentukan apakah suatu set data atau sampel data berasal dari distribusi normal atau tidak. Tujuan dilakukannya uji normalitas adalah untuk memverifikasi apakah asumsi dasar distribusi normal terpenuhi dalam data yang diamati. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan dalam analisis normalitas data yaitu *Liliefors*, *kolmogorof-smirnov*, *chi square*, dan sebagainya (Nuryadi dkk, 2017).

Pada penelitian ini metode uji normalitas yang digunakan adalah Uji *Shapiro-Wilk*. Metode ini digunakan untuk sampel yang tidak terlalu banyak dan dapat memberikan hasil yang akurat dalam menguji. Output dari uji ini adalah nilai Sig (nilai kesalahan yang didapat peneliti dari hasil perhitungan statistik). Pedoman pengambilan keputusan hasil uji *Shapiro-Wilk* adalah sebagai berikut :

- a. Nilai Sig. atau signifikansi atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka distribusi adalah tidak normal.
- b. Nilai Sig. atau signifikansi atau nilai probabilitas $> 0,05$ maka distribusi adalah normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah suatu prosedur statistik yang digunakan untuk menunjukkan apakah dua atau lebih kelompok data berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama. Tujuan dari uji homogenitas adalah untuk memeriksa apakah ada perbedaan yang signifikan dalam variansi antar kelompok. Hasil dari uji homogenitas menunjukkan apakah ada perbedaan yang signifikan dalam variasi antar kelompok atau apakah kelompok-kelompok tersebut homogen dalam hal variasi. Dengan kata lain, homogenitas mengacu pada keseragaman karakteristik data yang sedang dipelajari (Nuryadi dkk, 2017).

Uji *Levene*, uji *Bartlett*, atau uji *Fligner-Killeen* adalah beberapa metode yang umum digunakan dalam uji homogenitas. Pada penelitian ini uji homogenitas akan menggunakan metode uji *Levene*. Uji *Levene* menghitung statistik uji berdasarkan perbedaan antara data aktual dengan nilai tengah atau median dari masing-masing kelompok variasi. Cara menafsirkan uji *Levene* ini adalah, jika nilai *Levene Statistic* $> 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa variasi data adalah homogen.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan langkah-langkah atau kegiatan yang sistematis guna mencapai tujuan penyelesaian tugas akhir. Metode penelitian berisi mengenai bahan, alat, sampel, variabel, tahapan pelaksanaan, pengujian, prosedur analisis data, dan lokasi penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yakni penelitian pembuatan batako dengan menambahkan *styrofoam* sebagai pengganti sebagian pasir pada campuran batako.

4.2 Lokasi Penelitian

Pembuatan benda uji batako dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, sementara untuk pengujiannya dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, yang terletak di Jalan Kaliurang Km 14,5, Sleman, Yogyakarta.

4.3 Variabel Penelitian

Styrofoam digunakan sebagai pengganti sebagian volume pasir dalam pembuatan batako, dan untuk mengetahui pengaruhnya, dilakukan tiga jenis pengujian, yaitu uji kuat tekan, uji penyerapan air, dan uji redaman panas. Terdapat beberapa variabel pada penelitian ini yang harus terjaga dan terkontrol sehingga memudahkan dalam pelaksanaan penelitian. Adapun variabel tersebut adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas, yaitu berupa substitusi *styrofoam* sebagai pengganti sebagian volume pasir dengan presentase tertentu.
2. Variabel terikat, yaitu berupa nilai kuat tekan, nilai penyerapan air, dan nilai redaman panas pada batako.

3. Variabel kontrol, yaitu berupa dimensi dari benda uji batako, campuran bahan dan perawatan benda uji.

4.4 Komposisi Sampel

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memasukkan *styrofoam* sebagai bahan campuran pembuatan batako. Tipe batako yang digunakan adalah batako berlubang. Komposisi campuran yang digunakan diperoleh dari dilakukannya *trial* terhadap beberapa macam perbandingan komposisi sehingga diperoleh komposisi campuran terbaik. Komposisi campuran batako yang digunakan adalah 1 semen : 7 pasir dengan variasi *styrofoam* sebagai pengganti sebagian pasir sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari volume pasir. Ukuran sampel batako yang digunakan pada penelitian ini adalah 36 cm x 10 cm x 19 cm dan tiap variasi terdapat 13 buah sampel sehingga jumlah total sampel adalah 65 buah. Komposisi tersebut dapat dilihat seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Komposisi Sampel pada Campuran Batako

Kode Sampel	Styrofoam (%)	Semen	Pasir	Jumlah Sampel		
				Kuat Tekan	Penyerapan Air	Redaman Panas
Normal	0	1	7	5	5	3
I	10	1	6,3	5	5	3
II	15	1	5,95	5	5	3
III	20	1	5,6	5	5	3
IV	25	1	5,25	5	5	3
Jumlah				25	25	15
Total Sampel				65		

4.5 Pelaksanaan Penelitian

4.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan untuk menunjang pada proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

a. Timbangan

Fungsi dari timbangan pada penelitian ini adalah untuk menimbang tiap campuran yang digunakan agar sesuai dengan komposisi yang sudah ditetapkan.

b. Saringan Agregat

Saringan agregat berfungsi untuk menyaring agregat halus pada pembuatan batako agar sesuai dengan yang direncanakan dan terhindar dari bahan yang menggumpal.

c. Ember Material

Ember material digunakan untuk mengangkut material pada saat pembuatan benda uji.

d. Sekop

Sekop berfungsi untuk memindahkan bahan material batako.

e. Cetakan Batako

Berfungsi untuk membentuk batako agar sesuai dengan ukuran yang akan dibuat.

f. Alas Triplek atau Papan Kayu

Digunakan sebagai alas untuk menyimpan batako setelah dilakukan pembuatan.

g. *Mixed Machine*

Merupakan mesin yang digunakan untuk mengaduk semua bahan material batako agar campuran dapat tercampur dengan merata.

h. Mesin Press

Mesin ini diaplikasikan dengan sistem hidrolik dan dilengkapi dengan penggetar (*vibrator*). Berfungsi untuk membentuk batako yang ada pada cetakan.

i. Alat Tulis

Digunakan untuk menandai tiap sampel benda uji yang telah dibuat agar tidak tertukar.

2. Bahan Material

a. Semen Portland

Semen Portland berfungsi sebagai pengikat pada campuran batako, semen yang akan digunakan yaitu merk Semen Tiga Roda.

b. Agregat Halus

Merupakan material pasir yang lolos ayakan no.4 atau 4,75 mm.

c. Air

Air yang digunakan berasal dari lokasi penelitian yaitu di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.

d. *Styrofoam*

Styrofoam sebagai bahan pengganti sebagian pasir didapat dari wilayah Kabupaten Sleman dan ukuran butir *styrofoam* yang digunakan $< 0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$.

e. Oli

Digunakan pada cetakan batako agar batako tidak lengket pada saat dikeluarkan.

4.5.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pencampuran, dan tahap pencetakan.

1. Tahap Persiapan

a. Mengumpulkan bahan *styrofoam*.

b. Memotong dan mencacah *styrofoam* hingga berukuran $< 0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$.

Berikut merupakan gambar menyiapkan bahan *styrofoam* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Menyiapkan Bahan *Styrofoam*

- c. Mempersiapkan material lainnya seperti semen dan agregat halus.
 - d. Mengukur berat tiap material campuran dan disesuaikan dengan komposisi yang telah ditetapkan kemudian dikumpulkan pada wadah dengan sesuai takaran berat volumenya.
2. Tahap Pembuatan Benda Uji
- a. Membersihkan *mixed machine* terlebih dahulu dari sisa-sisa pencampuran pada sebelumnya.
 - b. Menyiram air pada setiap sisi mesin agar tidak terjadi resapan air yang dapat mempengaruhi komposisi campuran.
 - c. Merendam atau membasahi *styrofoam* terlebih dahulu agar *styrofoam* tidak terbang ketika proses *mixing*.
 - d. Memasukkan bahan material yang sudah ditimbang kedalam *mixed machine* dan dilanjutkan dengan proses pengadukan oleh mesin tersebut.
 - e. Proses memasukkan bahan material dilakukan secara berurutan. Bahan pertama yang dimasukkan adalah agregat halus dan *styrofoam* sesuai dengan komposisi variasi kemudian dilanjutkan dengan memasukkan semen hingga bahan menjadi tercampur rata. Air dituangkan paling terakhir secara perlahan hingga mendapat tekstur campuran yang tepat. Berikut merupakan gambar pencampuran bahan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pencampuran Bahan

- f. *Mixed machine* melakukan pengadukan terhadap bahan campuran tersebut
 - g. Adonan batako yang telah selesai diaduk dapat dikeluarkan melalui penutup lubang yang berada di bagian bawah mesin dan adonan siap untuk dicetak.
3. Tahap Pencetakan Batako
- a. Melumasi cetakan batako dengan menggunakan solar agar batako tidak lengket ketika akan dikeluarkan dari cetakan.
 - b. Cetakan batako diberikan alas triplek agar memudahkan ketika pemindahan hasil cetak batako.
 - c. Masukkan adonan batako kedalam cetakan,
 - d. Mesin press digetarkan secukupnya. Penggetaran tidak boleh dilakukan terlalu lama karena beresiko mengakibatkan pasta semen mengalir kebawah.
 - e. Kemudian dilakukan proses pengepresan dengan melepas tuas beban ke permukaan batako setelah itu mesin digetarkan. Berikut merupakan gambar proses pencetakan batako dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Pencetakan Batako

- f. Angkat tuas beban dan cetak batako.
- g. Pindahkan batako beserta kayu triplek dibawahnya ke tempat yang teduh dan aman hingga batako mencapai umur yang direncanakan. Berikut merupakan gambar batako segar dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Batako Segar

4.6 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

Seluruh pengujian pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Pengujian tersebut meliputi pengujian pada bahan penyusun dan pengujian pada sampel benda uji yang telah berumur 28 hari.

1. Pengujian pada Bahan Penyusun

Pengujian ini dilakukan terhadap agregat halus meliputi analisis saringan agregat halus, kandungan lumpur, dan berat volume dengan menggunakan pedoman mengikuti standar pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

2. Perawatan Benda Uji

Tujuan dilakukannya perawatan pada benda uji adalah untuk menjaga kelembaban batako dengan cara menyimpan batako di tempat yang teduh agar dapat menjamin proses hidrasi semen berlangsung sempurna dan melakukan penyiraman terhadap sampel batako secara berkala. Berikut merupakan gambar proses penyiraman batako dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Proses Penyiraman Batako

3. Pengujian Sampel Benda Uji

Sampel benda uji yang telah berumur 28 hari dilakukan beberapa pengujian antara lain kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas.

a. Menghitung berat volume batako

Setiap benda uji batako dilakukan pencatatan ukuran dan berat. Berikut adalah tahapan dari pengujian berat volume ini

- 1) Setiap benda uji diberikan tanda berupa kode sampel agar memudahkan identifikasi tiap variasinya.

- 2) Melakukan pengukuran dimensi sampel batako menggunakan penggaris.
- 3) Benda uji batako kemudian ditimbang menggunakan timbangan yang ada di laboratorium. Berikut merupakan gambar pengukuran dan penimbangan batako dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengukuran dan Penimbangan Batako

- 4) Mencatat dimensi dan berat batako tiap variasi yang telah didapat.
 - 5) Menghitung berat volume sampel batako dengan membagi berat sampel dengan volume sampel batako.
 - 6) Mencatat dan menghitung rata-rata hasil uji berat volume di tiap variasi.
- b. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batako dilakukan dengan menggunakan mesin uji desak yang dimiliki Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Benda uji batako yang diuji kuat tekannya berjumlah 7 buah untuk setiap variasi campuran. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari tiap campuran. Berikut adalah langkah-langkah pengujian ini.

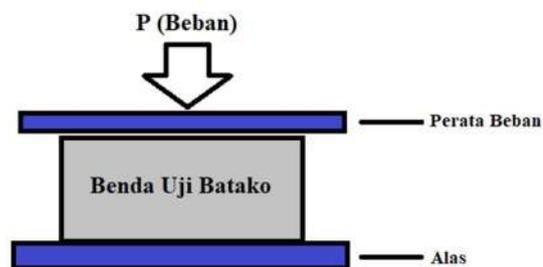
- 1) Setiap benda uji diberikan tanda berupa kode sampel agar memudahkan identifikasi tiap variasinya.

- 2) Memberikan besi perata beban pada sisi bidang tekan batako uji. Fungsi dari pemberian besi perata ini adalah agar distribusi beban menjadi merata ke seluruh bidang tekan batako.
- 3) Benda uji diletakkan pada alat uji kuat desak. Berikut merupakan gambar posisi benda uji batako saat uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Posisi Benda Uji Batako Saat Uji Kuat Tekan

- 4) Menyalakan alat sehingga pembebanan pada benda uji telah dimulai.
- 5) Pengujian dilakukan hingga benda uji mencapai kuat maksimumnya. Adapun gambar ilustrasi pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan

c. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* sebagai bahan pengganti sebagian volume pasir terhadap daya serap air yang dimiliki batako. Setiap variasi terdapat 6 sampel pengujian. Berikut adalah langkah – langkah pengujian penyerapan air batako.

- 1) Merendam benda uji selama 24 jam di dalam air. Setelah 24 jam benda uji diangkat lalu permukaannya diseka menggunakan kain yang lembab. Berikut merupakan gambar perendaman benda uji batako dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Perendaman Benda Uji Batako

- 2) Melakukan penimbangan terhadap benda uji tersebut.
- 3) Benda uji dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Berikut merupakan gambar benda uji batako di dalam oven dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Benda Uji Batako Di Dalam Oven

- 4) Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari oven dan benda uji kembali ditimbang. Adapun gambar ilustrasi pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Ilustrasi Pengujian Penyerapan Air

d. Pengujian Redaman Panas

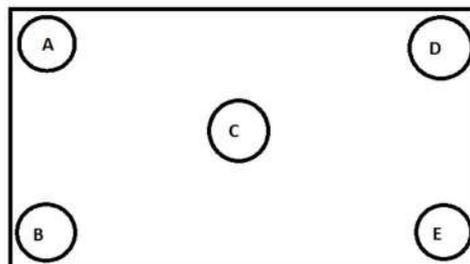
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* pada campuran batako terhadap ketahanan panas. Alat yang digunakan alat *thermocouple*. Setiap variasi terdapat 3 sampel pengujian. Berikut merupakan langkah-langkah dari pengujian tersebut.

- 1) Batako dijemur dengan salah satu sisinya terkena sinar matahari dan sisi yang lain tidak terkena sinar matahari. Berikut merupakan gambar penjemuran benda uji batako dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Penjemuran Benda Uji Batako

- 2) Menjemur batako pada siang hari dibawah sinar matahari selama 2 jam dimulai pada pukul 10.00 siang.
- 3) Kemudian dilakukan pembacaan suhu pada jam 12.00 dan 13.00.
- 4) Suhu atas (T1) dan suhu bawah (T2) batako kemudian diukur menggunakan *thermocouple* pada 5 titik seperti gambar di bawah ini. Berikut merupakan gambar titik pengukuran suhu batako dapat dilihat pada Gambar 4.13.

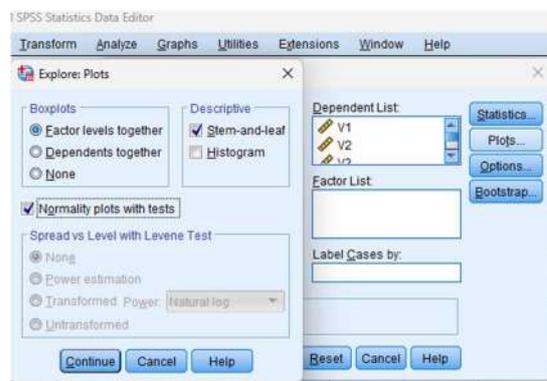


Gambar 4.13 Titik Pengukuran Suhu Batako

e. Uji Normalitas

Metode yang digunakan dalam uji normalitas adalah *Shapiro-Wilk*. Perhitungan uji Normalitas dengan *Shapiro-Wilk* dilakukan menggunakan bantuan *software* SPSS. Berikut merupakan langkah-langkahnya.

- 1) Memasukkan input 5 data tiap variasi kedalam *software* SPSS.
- 2) Menggunakan menu : *Analyze, Descriptive Statistics, Explore*.
- 3) Input variasi ke dalam kotak *Dependent List*.
- 4) Pilih *Normality Plots With Test* kemudian *Continue* dan *OK*.
- 5) Hasil yang didapat adalah nilai *Test of Normality*.
- 6) Apabila Nilai Sig. atau signifikansi atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka distribusi adalah tidak normal dan diperlukan mengganti data input hingga didapat Nilai Sig $> 0,05$. Berikut merupakan gambar uji normalitas dengan *software* SPSS dapat dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Uji Normalitas dengan *Software* SPSS

f. Uji Homogenitas

Metode yang digunakan dalam uji homogenitas adalah uji *Levene*. Perhitungan uji Homogenitas dengan uji *Levene* dilakukan menggunakan bantuan *software* SPSS. Berikut merupakan langkah-langkahnya.

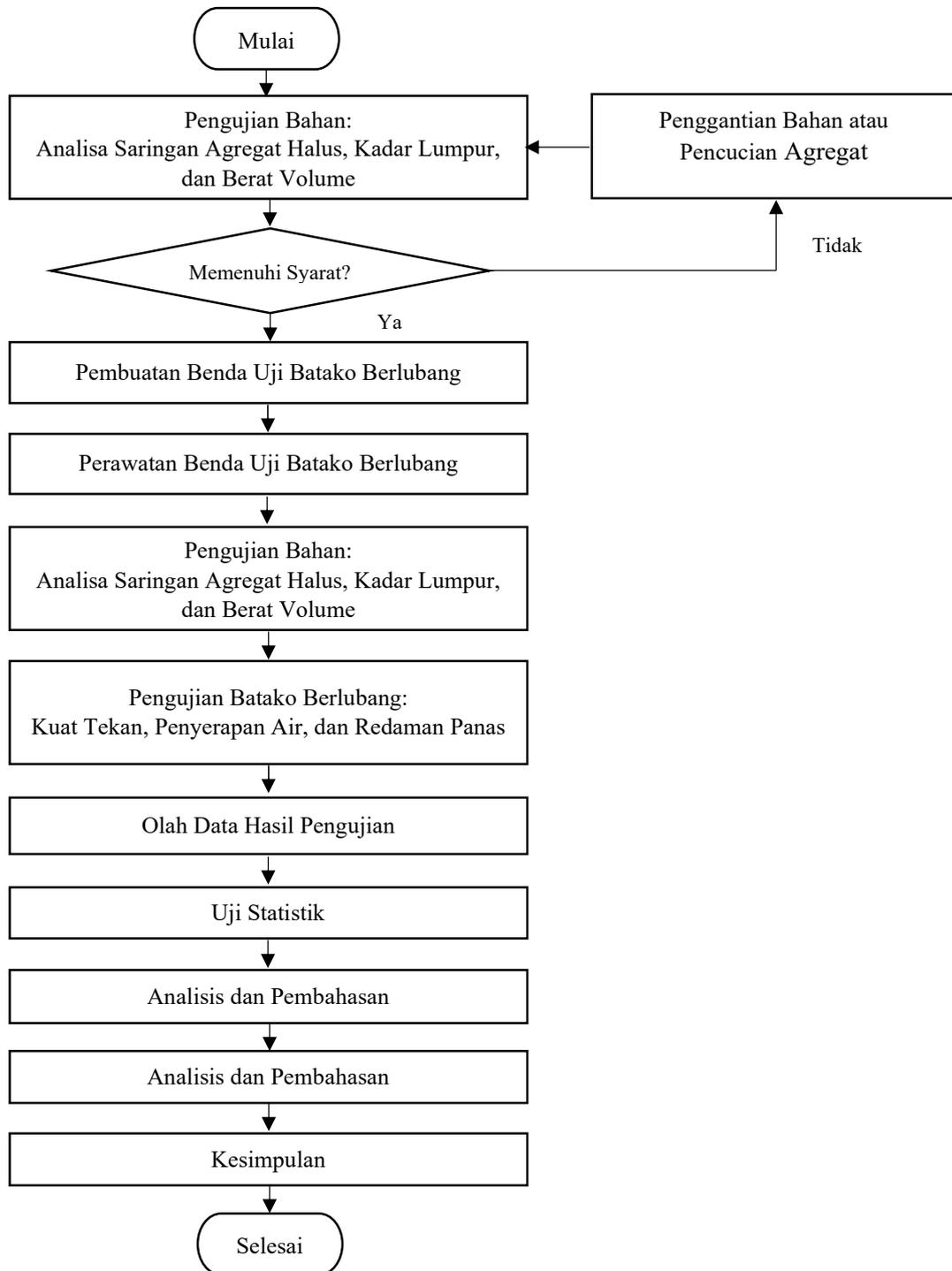
- 1) Memasukkan input 5 data tiap variasi kedalam *software* SPSS.
- 2) Menggunakan menu : *Analyze, Descriptive Statistics, Explore*.
- 3) Input variasi ke dalam kotak *Dependent List*.
- 4) Pilih *Power Estimation* kemudian *Continue* dan *OK*.

- 5) Hanya perlu keluaran *Homogeneity of Variance Test* saja, yaitu keluaran yang terdapat pada menu *Options*.
- 6) Apabila *Levene Statistic* $< 0,05$ maka dikatakan bahwa variasi tidak homogen sehingga diperlukan mengganti data input hingga didapat *Levene Statistic* $> 0,05$. Berikut merupakan gambar uji homogenitas dengan *software* SPSS dapat dilihat pada Gambar 4.15



Gambar 4.15 Uji Homogenitas dengan *Software* SPSS

4.7 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.16 Diagram Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Bab ini berisi mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Perolehan data dari hasil penelitian akan dianalisis sekaligus dilakukan pembahasan agar diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan dari dilakukannya penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Universitas Islam Indonesia dan dilanjutkan dengan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknis Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dimulai dari pengujian bahan susun batako, mengamati proses produksi batako, melakukan pengujian terhadap batako yang berupa uji kuat tekan, daya serap air, dan redaman panas kemudian dilakukan analisis data dengan perhitungan. Berikut merupakan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan.

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan

5.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan agregat halus atau modulus halus butir (MHB) merupakan suatu pengujian yang bertujuan untuk mengklasifikasikan suatu agregat halus berdasarkan besar butirannya. Saringan yang digunakan adalah saringan dengan ukuran 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Agregat yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang kemudian dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan hasil berupa berat tertinggal kumulatif dan persen lolos kumulatif. Dengan hasil tersebut dapat dilakukan klasifikasi agregat berdasarkan persen lolos kumulatif. Berikut merupakan hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif (%)		Persen Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Rata-rata
	1	2	1	2	1	2	1	2	
9,6	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
4,8	160	142	8,02	7,12	8,02	7,12	91,98	92,88	92,43
2,4	146	141	7,32	7,07	15,34	14,19	84,66	85,81	85,24
1,2	242	242	12,13	12,13	27,47	26,32	72,53	73,68	73,11
0,6	386	391	19,35	19,60	46,82	45,91	53,18	54,09	53,63
0,3	366	369	18,35	18,50	65,16	64,41	34,84	35,59	35,21
0,15	322	329	16,14	16,49	81,30	80,90	18,70	19,10	18,90
Sisa	373	381	18,70	19,10	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	1995	1995	100	100	244,11	238,85			

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat dilakukan perhitungan nilai modulus halus butir seperti berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{(\text{Berat Tertinggal Sampel 1} + \text{Berat Tertinggal Sampel 2})}{200} \\
 &= \frac{(244,11 + 238,85)}{200} \\
 &= 2,415
 \end{aligned}$$

Nilai modulus halus butir (MHB) yang didapat pada pengujian ini adalah sebesar 2,415. Nilai ini sesuai dengan syarat SNI 03-1968-1990 modulus halus butir yaitu 1,5 - 3,8. Oleh karena itu pasir yang digunakan cukup baik dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI.

Hasil pengujian berupa rata-rata persen lolos kumulatif digunakan untuk mencari daerah gradasi agregat. Gradasi agregat halus menunjukkan jenis klasifikasi agregat halus. Terdapat beberapa klasifikasi daerah agregat halus diantaranya pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus. Berikut merupakan Tabel 5.2 yang menunjukkan daerah gradasi agregat halus.

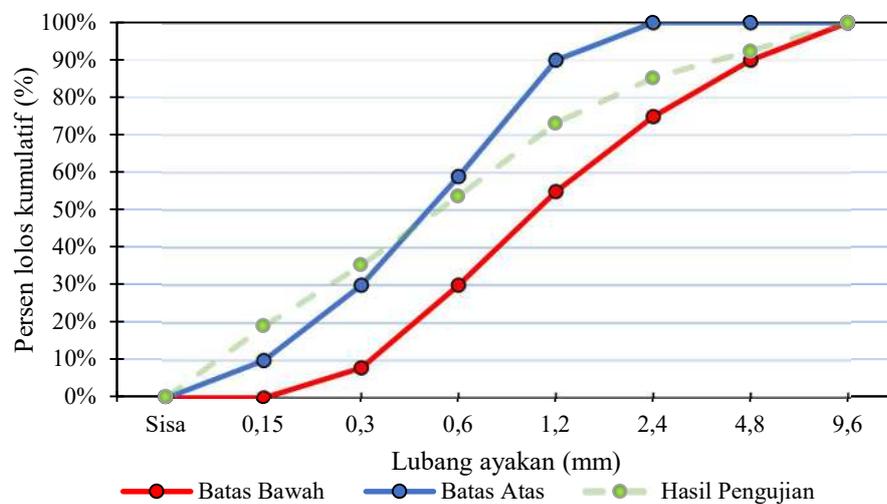
Tabel 5.2 Daerah Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif (%)				Hasil Pengujian (%)
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV	
9,6	100	100	100	100	100,00
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100	92,43
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100	85,24
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100	73,11
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100	53,63
0,3	5-20	20-30	12-40	15-50	35,21
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15	18,90

Keterangan :

- Daerah I = Pasir Kasar
 Daerah II = Pasir Agak Kasar
 Daerah III = Pasir Agak Halus
 Daerah IV = Pasir Halus

Dari tabel diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik untuk gradasi agregat halus. Berikut adalah Gambar 5.1 Gradasi Daerah II.

**Gambar 5.1 Daerah Gradasi II**

Pengujian analisa saringan agregat halus ini mendapatkan hasil yang berada dalam daerah gradasi II. Agregat halus yang masuk dalam kategori gradasi II yaitu agregat dengan jenis agak kasar.

5.2.2 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini dilakukan dengan mengikuti pedoman yang ada pada SNI 03-4142-1996. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai presentasi kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan no 200 dengan diameter 4,80 mm. Berikut merupakan tabel 5.3 hasil dari pengujian kandungan lumpur.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	berat pasir kering oven (gram)	500	500	500
2	Berat pasir kering oven setelah dicuci (gram)	478,3	479,2	479
3	Persentase lolos ayakan no.200 (%)	4,34	4,17	4,25

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan hasil pengujian kandungan lumpur pada agregat halus sebesar 4,25%, dengan nilai tersebut maka agregat halus dinyatakan lolos persyaratan kandungan lumpur pada agregat halus yaitu <5%.

5.2.3 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai dari berat volume semen, agregat halus, dan *styrofoam* dalam kondisi padat dan gembur. Berikut merupakan hasil dari pengujian berat volume dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Semen

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Tabung (gram)	9589	9589	9589
2	Berat Tabung + Semen (gram)	20300	20001	20151
3	Berat Agregat (gram)	10711	10412	10562
4	Volume Tabung (cm ³)	5456,654	5456,654	5457
5	Berat Volume Gembur (gram/cm ³)	1,963	1,908	1,936

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Semen

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Tabung (gram)	9589	9589	9589
2	Berat Tabung + Semen (gram)	21113	20797	20955
3	Berat Agregat (gram)	11524	11208	11366
4	Volume Tabung (cm ³)	5456,654	5456,654	5456,654
5	Berat Volume Padat (gram/cm ³)	2,112	2,054	2,083

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Tabung (gram)	9589	9589	9589
2	Berat Tabung + Agregat kering tungku (gram)	17731	17578	17655
3	Berat Agregat (gram)	8142	7989	8066
4	Volume Tabung (cm ³)	5456,65	5456,65	5456,65
5	Berat Volume Gembur (gram/cm ³)	1,492	1,464	1,478

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Tabung (gram)	9589	9589	9589
2	Berat Tabung + Agregat kering tungku (gram)	18374	18583	18479
3	Berat Agregat (gram)	8785	8994	8890
4	Volume Tabung (cm ³)	5456,654	5456,654	5456,654
5	Berat Volume Padat (gram/cm ³)	1,610	1,648	1,629

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Volume Styrofoam

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat Tabung (gram)	9582	9582	9582
2	Berat Tabung + <i>Styrofoam</i>	9624	9625	9625
3	Berat Agregat (gram)	42	43	43
4	Volume Tabung (cm ³)	5456,654	5456,654	5456,654
5	Berat Volume Gembur (gram/cm ³)	0,007697	0,007880	0,007789

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Berdasarkan dari hasil pengujian dalam pemeriksaan bahan didapatkan hasil sebagai berikut :

Berat volume semen = 2,083 gram/cm³

Berat volume *styrofoam* = 0,007789 gram/cm³

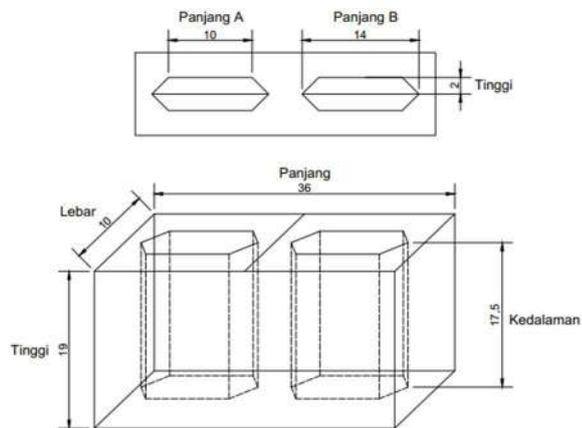
Berat volume pasir = 1,629 gram/cm³

Kadar lumpur pasir = 4%

MHB pasir = 2,415

Faktor pemadatan mesin hidrolis = 1,3

Benda uji yang dibuat berupa batako tipe berlubang sebanyak 16 benda uji pada tiap variasinya. Perbandingan semen pasir yang digunakan pada pembuatan benda uji ini adalah 1 : 7. Pada penelitian ini dilakukan substitusi sebagian volume pasir dengan *styrofoam*. Berikut merupakan gambar dan perhitungan untuk kebutuhan bahan pada proses pembuatan benda uji batako berlubang sebagai contoh digunakan perhitungan untuk variasi I (normal) dan variasi II:



Gambar 5.2 Sketsa Batako Berlubang

$$\begin{aligned}
 \text{Volume batako} &= P \times L \times T \\
 &= 36 \times 10 \times 19 \\
 &= 6840 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lubang batako} &= 4 \text{ prisma trapesium sama kaki} \\
 &= (\text{Luas alas} \times \text{kedalaman}) \times 4 \\
 &= \left(\left(\frac{10+14}{2} \times 2 \right) \times 17,5 \right) \times 4 \\
 &= 1680 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total 1 batako} &= \text{Volume batako} - \text{Volume lubang batako} \\
 &= 6840 - 1680 \\
 &= 5160 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Semen

$$\begin{aligned}
 - \text{ Volume Semen} &= \frac{1}{8} \times \text{volume batako} \\
 &= \frac{1}{8} \times 5160 \\
 &= 645 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat Semen} &= \text{volume semen} \times \text{berat vol semen} \times \text{faktor pemadatan} \\
 &= 645 \times 2,083 \times 1,3 \\
 &= 1746,563 \text{ gram} \\
 &= 1,747 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Pasir Normal

- Volume Pasir $= \frac{7}{8} \times \text{volume batako}$
 $= \frac{7}{8} \times 5160$
 $= 4515 \text{ cm}^3$
- Berat Pasir $= \text{volume pasir} \times \text{berat vol pasir} \times \text{faktor pemadatan}$
 $= 4515 \times 1,629 \times 1,3$
 $= 9562,072 \text{ gram}$
 $= 9,562 \text{ kg}$

Kebutuhan *Styrofoam* Variasi II (10%)

- Volume *Styrofoam* $= \text{volume pasir} \times 10\%$
 $= 4515 \times 10\%$
 $= 451,5 \text{ cm}^3$
- Berat *Styrofoam* $= \text{volume styrofoam} \times \text{berat volume styrofoam}$
 $= 451,5 \times 0,007789$
 $= 3,517 \text{ gram}$

Kebutuhan Pasir Variasi II

- Volume Pasir Pakai $= \text{Volume Pasir Normal} - 10\% \text{ Volume}$
 $= 4515 - 451,5$
 $= 4063,5 \text{ cm}^3$
- Berat Pasir Pakai $= \text{volume pasir} \times \text{berat vol pasir} \times \text{faktor pemadatan}$
 $= 4063,5 \times 1,629 \times 1,3$
 $= 8605,865 \text{ gram}$
 $= 8,606 \text{ kg}$

Berikut merupakan tabel dan gambar kebutuhan pada 1 sampel benda uji batako berlubang. Gambar 5.3 banyaknya *styrofoam* yang terkandung dalam 1 sampel tiap variasi ditunjukkan dengan bantuan wadah berupa botol dengan ukuran 1 liter. Tabel 5.9 rekapitulasi dari hasil perhitungan untuk kebutuhan pada 1 sampel benda uji batako berlubang.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan 1 Sampel Benda Uji

Variasi	<i>Styrofoam</i>	Semen (kg)	Pasir (kg)	<i>Styrofoam</i> (gram)
Normal	0%	1,747	9,562	0,000
I	10%	1,747	8,606	3,517
II	15%	1,747	8,128	5,275
III	20%	1,747	7,650	7,033
IV	25%	1,747	7,172	8,791



Gambar 5.3 *Styrofoam* dalam 1 Sampel Benda Uji

Pada penelitian ini untuk setiap variasi dilakukan pembuatan sampel benda uji batako berlubang sebanyak 16 sampel. Berikut merupakan Tabel 5.10 rekapitulasi untuk kebutuhan 16 sampel tiap variasi pada benda uji batako berlubang.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kebutuhan Campuran

Variasi	Jumlah Sampel	<i>Styrofoam</i>	Semen (kg)	Pasir (kg)	<i>Styrofoam</i> (gram)
Normal	16	0%	27,945	152,993	0,000
I	16	10%	27,945	137,694	56,265
II	16	15%	27,945	130,044	84,398
III	16	20%	27,945	122,395	112,530
IV	16	25%	27,945	114,745	140,663
Total	80		139,725	657,871	393,857

5.4 Hasil Pengujian Batako

5.4.1 Berat Volume Batako

Pada pengujian ini nilai berat volume batako berlubang didapat dari hasil pembagian berat kering batako (kg) dengan volume batako (m). Berikut merupakan contoh dari perhitungan berat volume batako.

$$\text{Berat Kering Batako} = 11,342 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 0,36 \times 0,1 \times 0,19 \\ &= 0,00684 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lubang batako} &= 4 \text{ prisma trapesium sama kaki} \\ &= (\text{Luas alas} \times \text{kedalaman}) \times 4 \\ &= \left(\left(\frac{0,10 + 0,14}{2} \times 0,02 \right) \times 0,175 \right) \times 4 \\ &= 0,00168 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume batako} &= \text{Volume} - \text{Volume lubang} \\ &= 0,00684 - 0,00168 \\ &= 0,00516 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Batako} &= \frac{\text{Berat Kering Batako}}{\text{Volume Batako}} \\ &= \frac{11,34}{0,00516} \\ &= 2198,062 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian berat volume batako berlubang pada tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan 5.12 berikut ini.

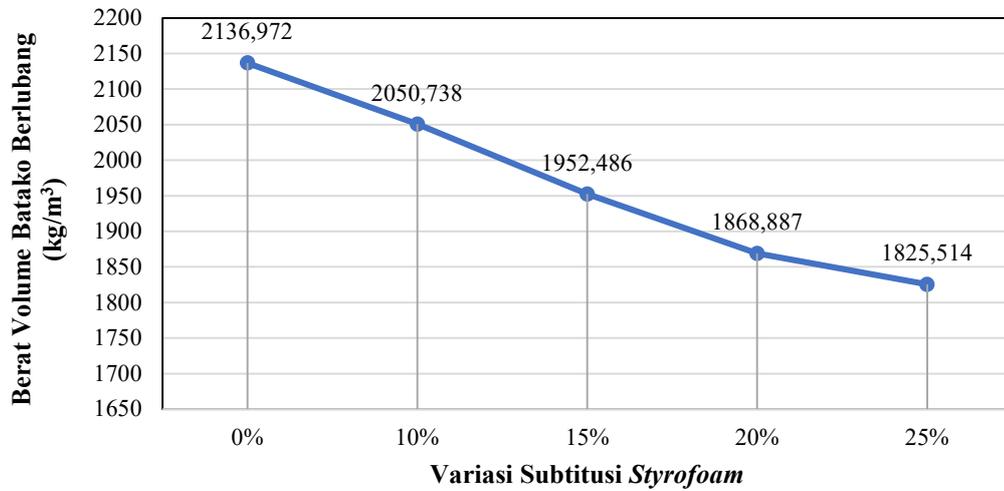
Tabel 5.11 Perhitungan Berat Volume Batako Berlubang

Kode Sampel	Berat (kg)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m³)	Volume Lubang (m³)	Volume Batako (m³)
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	11,34	0,36	0,1	0,19	0,00684	0,00168	0,00516
	11,26	0,359	0,1	0,195	0,00700	0,00168	0,00532
	11,56	0,357	0,103	0,19	0,00699	0,00168	0,00531
	11,37	0,356	0,102	0,193	0,00701	0,00168	0,00533
	11,13	0,36	0,102	0,193	0,00709	0,00168	0,00541
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	10,90	0,36	0,102	0,19	0,00698	0,00168	0,00530
	11,01	0,36	0,102	0,195	0,00716	0,00168	0,00548
	10,91	0,36	0,104	0,19	0,00711	0,00168	0,00543
	10,88	0,357	0,101	0,193	0,00696	0,00168	0,00528
	11,13	0,36	0,102	0,189	0,00694	0,00168	0,00526
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	10,63	0,362	0,103	0,19	0,00708	0,00168	0,00540
	10,41	0,362	0,103	0,193	0,00720	0,00168	0,00552
	10,40	0,36	0,104	0,192	0,00719	0,00168	0,00551
	10,66	0,359	0,1	0,192	0,00689	0,00168	0,00521
	10,47	0,36	0,102	0,19	0,00698	0,00168	0,00530
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	10,11	0,363	0,104	0,19	0,00717	0,00168	0,00549
	9,64	0,36	0,103	0,192	0,00712	0,00168	0,00544
	10,31	0,36	0,101	0,19	0,00691	0,00168	0,00523
	10,39	0,359	0,104	0,193	0,00721	0,00168	0,00553
	10,24	0,362	0,102	0,193	0,00713	0,00168	0,00545
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	9,78	0,362	0,104	0,19	0,00715	0,00168	0,00547
	10,09	0,362	0,103	0,195	0,00727	0,00168	0,00559
	9,989	0,362	0,104	0,19	0,00715	0,00168	0,00547
	10,19	0,36	0,102	0,192	0,00705	0,00168	0,00537
	10,12	0,36	0,106	0,19	0,00725	0,00168	0,00557

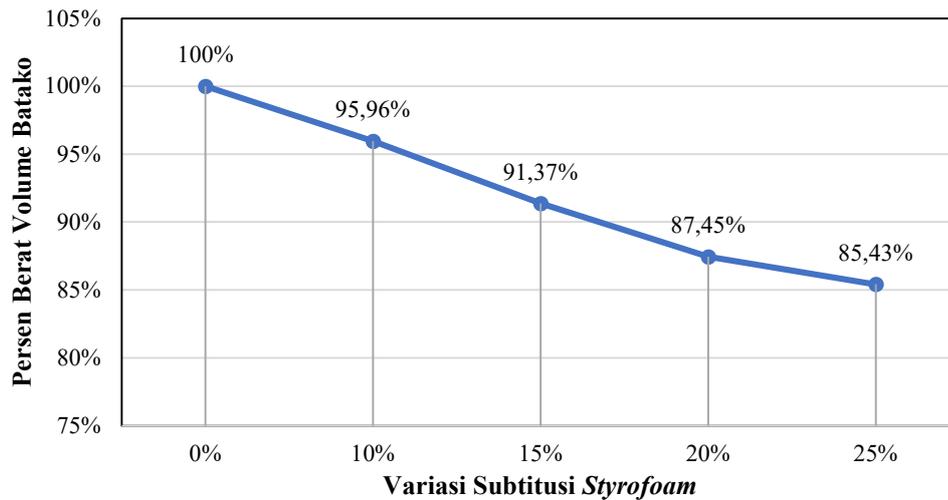
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Batako

Kode Sampel	Berat (kg)	Volume Batako (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	11,342	0,00516	2198,062	2136,972
	11,255	0,00532	2115,403	
	11,558	0,00531	2178,088	
	11,371	0,00533	2134,110	
	11,134	0,00541	2059,198	
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	10,902	0,00530	2058,224	2050,738
	11,016	0,00548	2010,072	
	10,907	0,00543	2007,325	
	10,884	0,00528	2061,754	
	11,132	0,00526	2116,318	
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	10,627	0,00540	1966,383	1952,486
	10,407	0,00552	1886,626	
	10,401	0,00551	1888,180	
	10,657	0,00521	2044,391	
	10,471	0,00530	1976,854	
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	10,107	0,00549	1840,018	1868,887
	9,641	0,00544	1772,451	
	10,309	0,00523	1971,731	
	10,39	0,00553	1880,254	
	10,239	0,00545	1879,981	
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	9,775	0,00547	1786,001	1825,514
	10,085	0,00559	1803,866	
	9,988	0,00547	1824,919	
	10,187	0,00537	1896,936	
	10,115	0,00557	1815,848	

Berdasarkan analisis perhitungan dan Tabel 5.12 Hasil Pengujian berat volume batako berlubang maka dapat dibuat grafik berat volume batako berlubang serta grafik persen penurunan berat volume batako sebagai berikut.



Gambar 5.4 Grafik Berat Volume Batako Berlubang



Gambar 5.5 Grafik Persen Penurunan Berat Volume Batako Berlubang

Pada Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa grafik tersebut menunjukkan berat volume batako berlubang dengan nilai rata-rata tertinggi adalah pada batako normal (0% *styrofoam*) yaitu sebesar 2136,972 kg/m³ dan nilai rata-rata berat volume batako berlubang terendah ada pada variasi IV (25% *styrofoam*) yaitu sebesar 1825,514 kg/m³. Berdasarkan hasil tersebut semakin banyak kadar *styrofoam* yang ada pada campuran batako akan membuat berat volume batako berlubang menjadi semakin ringan. Hal ini terjadi akibat pengaruh adanya penambahan *styrofoam*,

dimana *styrofoam* dalam batako dianggap sebagai rongga udara. Oleh karena itu semakin banyak presentase substitusi *styrofoam* terhadap volume pasir maka akan semakin ringan juga berat volume yang dihasilkan.

Hasil yang sama juga didapat oleh Saputro (2017) pada penelitiannya yang menggunakan benda uji bentuk silinder untuk pengujian berat volume. Pada pengujian tersebut Saputro (2017) menyebutkan bahwa penurunan berat volume terjadi seiring dengan bertambahnya jumlah persentase *styrofoam* dalam pencampuran.

5.4.2 Kuat Tekan Batako

Pengujian ini dilakukan setelah batako mencapai umur 28 hari. Sampel batako yang telah dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII dibawa ke Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII untuk dilakukan beberapa pengujian salah satunya uji kuat tekan. Pengujian ini dilakukan dengan mesin tekan/desak yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Benda uji batako berlubang yang digunakan berdimensi 360 mm × 190 mm × 100 mm. Ukuran tersebut sedikit berbeda dengan yang ada pada ketentuan SNI-03-0349-1989 untuk batako berlubang jenis kecil. Pada ketentuan tersebut disebutkan ukuran untuk batako berlubang jenis kecil yaitu 390 390 (+3, -5) mm × 190 (+3, -5) mm × 100 (±2) mm. Hal ini terjadi karena keterbatasan cetakan batako berlubang yang tersedia di lokasi produksi. Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII hanya memiliki ukuran 360 mm × 190 mm × 100 mm untuk cetakan batako berlubang.

Pengujian ini menggunakan 7 sampel untuk tiap variasinya. Total sampel batako berlubang yang diuji kuat tekannya adalah 35 sampel. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan/desak maksimum yang diberikan oleh alat uji tekan. Pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan yang ada dalam SNI-03-0349-1989. Pada gambar berikut ini dapat dilihat kondisi sampel uji batako sebelum dan sesudah dilakukannya pengujian kuat tekan.

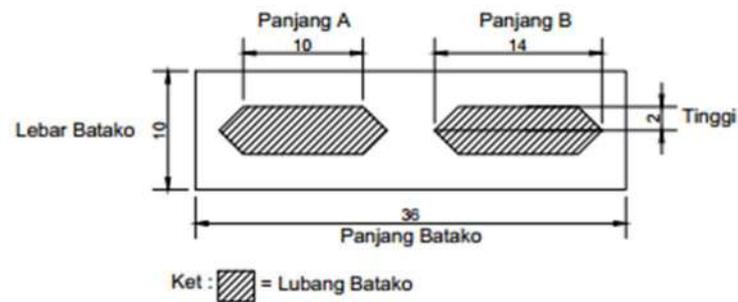


Gambar 5.6 Sampel Batako Variasi II Sebelum Uji Kuat Tekan



Gambar 5.7 Sampel Batako Variasi II Sesudah Uji Kuat Tekan

Gambar 5.5 menunjukkan kondisi sampel variasi II (15% *styrofoam*) sebelum dilakukannya uji kuat tekan. Sedangkan Gambar 5.6 menunjukkan kondisi sampel variasi II (15% *styrofoam*) setelah dilakukannya uji kuat tekan. Sampel yang telah diuji kuat tekannya mengalami kerusakan dari segi fisik terlihat adanya retakan namun sampel batako tidak sampai hancur. Berdasarkan pengujian kuat tekan yang telah dilakukan maka dapat dilakukan analisis dan perhitungan. Berikut merupakan gambar dan contoh dari perhitungan kuat tekan pada batako berlubang.



Gambar 5.8 Luas Penampang Batako Berlubang

Contoh analisis perhitungan kuat tekan batako berlubang sampel variasi I (10% *styrofoam*) kode sampel A1 sebagai berikut.

Panjang	= 36 cm
Lebar	= 10,2 cm
Luas Batako	= $P \times L$
	= $36 \times 10,2$
	= $367,2 \text{ cm}^2$
Panjang A	= 10 cm
Panjang B	= 14 cm
Tinggi	= 2 cm
Luas Lubang	= 4 trapesium
	= $(\frac{A+B}{2} \times t) \times 4$
	= $(\frac{10+14}{2} \times 2) \times 4$
	= 96 cm^2
Luas Penampang	= Luas Batako – Luas Lubang
	= $367,2 - 96$
	= $271,2 \text{ cm}^2$
Beban Maks	= 259,93 kN
	= $259,93 \times 101,97$
	= $26505,48 \text{ kgf}$
Kuat Tekan	= $\frac{P \text{ (Beban Maks)}}{A \text{ (Luas Penampang)}}$

$$= \frac{26505,48}{271,2}$$

$$= 97,73 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan tersebut juga dilakukan kepada seluruh sampel uji kuat tekan batako berlubang. Setelah mendapatkan seluruh hasil pengujian kuat tekan maka dilakukan perhitungan kuat tekan rata-rata untuk tiap variasi batako berlubang. Nilai rata-rata tersebut didapat dari hasil penjumlahan seluruh nilai kuat tekan pada suatu variasi kemudian dibagi dengan jumlah sampel tersebut. Berikut contoh perhitungan nilai rata-rata kuat tekan batako berlubang pada variasi I (10% *styrofoam*).

$$\text{Nilai rata-rata kuat tekan} = \frac{97,73 + 89,12 + 95,48 + 105,89 + 80,30}{5}$$

$$= 93,71 \text{ kg/cm}^2$$

Hasil perhitungan analisis kuat tekan batako berlubang untuk seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

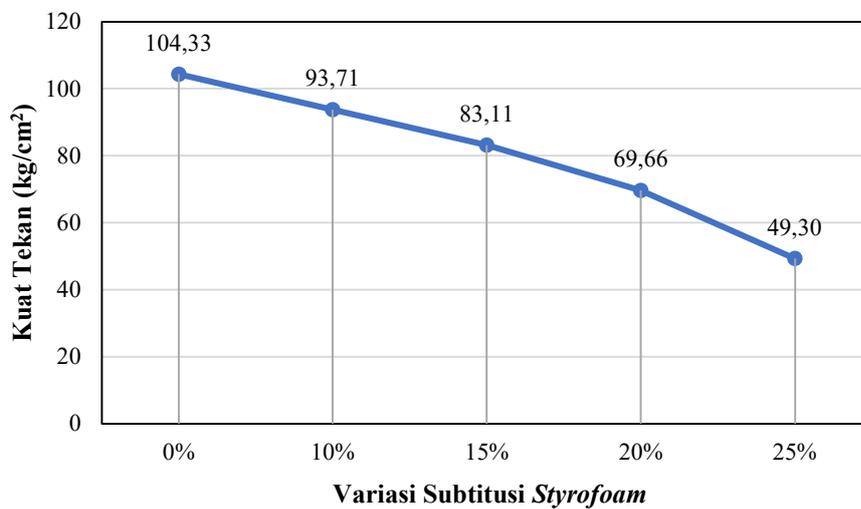
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata (kg/cm ²)
Normal	N1	264,00	274,16	27956,54	105,90	104,33
	N2	263,00	255,31	26034,37	98,99	
	N3	271,71	280,27	28579,59	105,18	
	N4	276,30	291,15	29689,04	107,45	
	N5	271,20	277,00	28246,14	104,15	
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	A1	271,20	259,93	26505,48	97,73	93,71
	A2	271,20	237,03	24170,33	89,12	
	A3	264,57	247,73	25261,43	95,48	
	A4	271,20	281,63	28718,27	105,89	
	A5	271,20	213,57	21778,08	80,30	
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	B1	271,20	226,58	23104,73	85,19	83,11
	B2	274,80	197,99	20189,36	73,47	
	B3	276,86	222,71	22710,10	82,03	
	B4	276,86	243,33	24812,75	89,62	
	B5	271,20	226,73	23120,03	85,25	

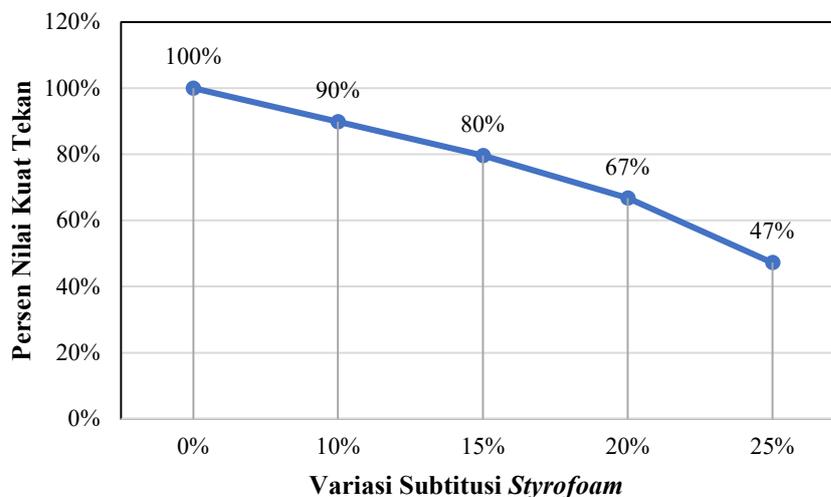
Lanjutan Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang

Variasi	Kode Sampel	Luas Penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Beban Maks (Kgf)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata (kg/cm ²)
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	C1	267,60	182,11	18570,05	69,39	69,66
	C2	277,36	191,67	19544,90	70,47	
	C3	273,24	182,65	18625,12	68,16	
	C4	276,86	213,44	21764,82	78,61	
	C5	280,48	169,56	17290,31	61,65	
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	D1	280,48	114,82	11708,38	41,74	49,30
	D2	276,86	133,48	13611,17	49,16	
	D3	280,48	148,45	15137,69	53,97	
	D4	271,20	145,18	14804,24	54,59	
	D5	264,00	121,77	12417,08	47,03	

Berdasarkan perhitungan dan tabel di atas kemudian dapat dibuat grafik kuat tekan dan grafik persen penurunan kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan 5.10 berikut.



Gambar 5.9 Grafik Kuat Tekan



Gambar 5.10 Grafik Persen Penurunan Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 5.9 di atas, dapat diketahui untuk nilai rata-rata kuat tekan batako tertinggi diperoleh oleh variasi batako normal (0% *styrofoam*) sebesar 104,33 kg/cm² dan nilai rata-rata kuat tekan batako terendah diperoleh oleh variasi IV (25% *styrofoam*). Pada pengujian kuat tekan batako berlubang ini seluruh sampel variasi sudah memenuhi SNI 03-0349-1989 untuk bata pasangan dinding. Menurut SNI 03-0349-1989, nilai kuat tekan pada pengujian ini yang termasuk mutu I batako berlubang adalah batako normal (0% *styrofoam*), variasi I (10% *styrofoam*), dan variasi II (15% *styrofoam*). Nilai kuat tekan pada pengujian ini yang termasuk mutu II batako berlubang adalah variasi III (20% *styrofoam*). Nilai kuat tekan pada pengujian ini yang termasuk mutu III batako berlubang adalah variasi IV (25% *styrofoam*).

Grafik rata-rata nilai kuat tekan tiap variasi sampel menunjukkan penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya kadar *styrofoam* pada campuran batako. Hal ini terjadi karena *styrofoam* yang ada pada sampel batako berperan menjadi rongga udara. Adanya rongga udara ini kemudian mempengaruhi nilai kuat tekan pada sampel batako berlubang. Semakin banyak *styrofoam* yang terkandung dalam batako maka kuat tekan batako akan semakin menurun. Hasil tersebut juga dialami oleh Saputro (2017) pada penelitiannya. Saputro (2017) menyimpulkan bahwa

seiring dengan bertambahnya presentase *styrofoam* ke dalam campuran akan menurunkan kuat tekan dan kuat lentur dari sampel.

5.4.3 Daya Serap Air

Pengujian penyerapan air batako ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh substitusi volume pasir dengan *styrofoam* terhadap daya serap air yang dimiliki oleh sampel uji batako pada setiap variasinya. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan tata cara yang ada pada SNI 03-0349-1989 dan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Berikut merupakan contoh analisis perhitungan penyerapan air batako menggunakan rumus (3.3). Nilai daya serap pada sampel A1 di atas didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air A1} &= \frac{A (\text{Berat Basah}) - B (\text{Berat Kering Oven})}{B (\text{Berat Kering Oven})} \times 100\% \\ &= \frac{12,486 - 11,241}{11,241} \times 100\% \\ &= 11,076\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada sampel lainnya dilakukan hal yang sama seperti perhitungan di atas. Nilai penyerapan air rata-rata diperoleh dari penjumlahan seluruh nilai hasil perhitungan penyerapan air batako pada tiap variasi kemudian dibagi dengan jumlah sampel pada tiap variasi tersebut. Berikut merupakan contoh perhitungan penyerapan air rata-rata pada sampel batako Variasi I (10% *Styrofoam*).

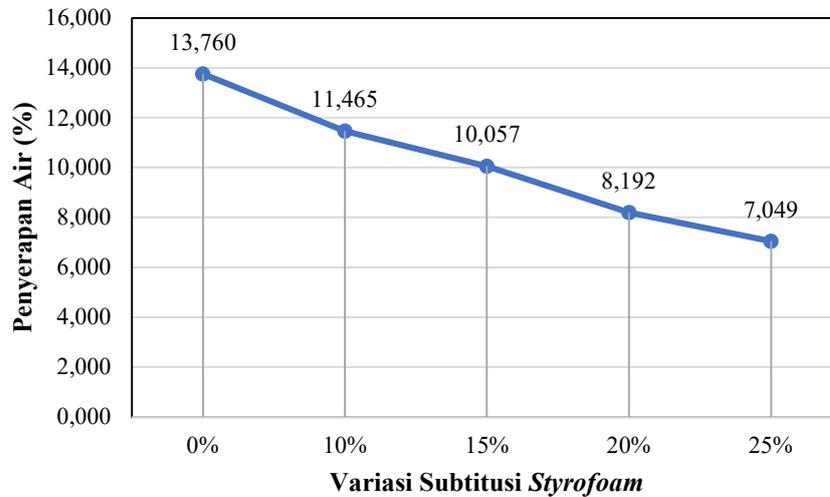
$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air rata-rata} &= \frac{11,076+12,246+12,431+9,906+11,665}{5} \\ &= 11,465\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil yang diperoleh dari pengujian penyerapan air batako dan dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini

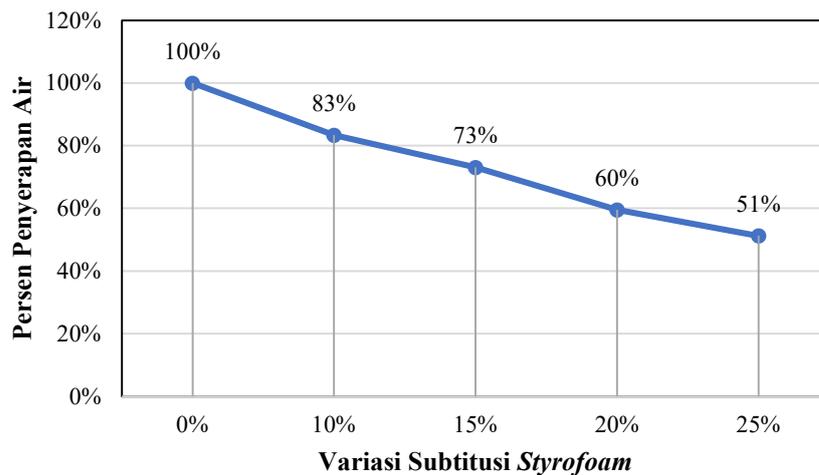
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	No, Sampel	Berat basah (kg)	Berat Kering oven (kg)	Penyerapan air (%)	Rata-rata (%)
Normal	N1	12,898	11,277	14,374	13,760
	N2	13,340	11,661	14,398	
	N3	12,959	11,448	13,199	
	N4	13,351	11,772	13,413	
	N5	13,020	11,480	13,415	
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	A1	12,486	11,241	11,076	11,465
	A2	12,273	10,934	12,246	
	A3	12,508	11,125	12,431	
	A4	11,971	10,892	9,906	
	A5	12,176	10,904	11,665	
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	B1	11,515	10,537	9,282	10,057
	B2	11,651	10,678	9,112	
	B3	11,605	10,492	10,608	
	B4	11,756	10,726	9,603	
	B5	11,875	10,633	11,681	
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	C1	10,870	9,988	8,831	8,192
	C2	11,123	10,341	7,562	
	C3	10,889	10,220	6,546	
	C4	11,166	10,323	8,166	
	C5	11,091	10,096	9,855	
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	D1	10,620	9,985	6,360	7,049
	D2	10,475	9,880	6,022	
	D3	10,482	9,678	8,308	
	D4	10,984	10,234	7,329	
	D5	10,772	10,046	7,227	

Hasil analisis perhitungan dan Tabel 5.14 kemudian dapat dibuat sebuah grafik daya serap air yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan grafik penurunan penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.11 Grafik Daya Serap Air



Gambar 5.12 Grafik Persen Penurunan Daya Serap Air

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air batako diatas, dapat dilihat bahwa semakin banyak *styrofoam* pada campuran makan daya serap air juga semakin menurun. Nilai penyerapan air terendah didapat oleh batako variasi IV (25% *styrofoam*) dengan nilai penyerapan air sebesar 7,049%. Nilai penyerapan air tertinggi didapat oleh batako normal (0% *styrofoam*) dengan nilai penyerapan air sebesar 13,559%. Meskipun *styrofoam* pada batako berperan menjadi rongga udara namun *styrofoam* memiliki sifat tidak menyerap air. Sehingga semakin banyak

styrofoam yang terkandung dalam batako justru akan semakin menurunkan persen penyerapan airnya.

Menurut SNI 03-0349-1989 seluruh sampel batako pada pengujian daya serap air dapat dikategorikan masuk ke dalam mutu I batako berlubang karena pada SNI 03-0349-1989 disebutkan bahwa penyerapan air rata-rata maksimum adalah 25% untuk mutu I batako berlubang. Mutu I batako adalah batako yang dapat digunakan pada konstruksi yang memikul beban yang tidak terlindung (di luar atap).

Hasil ini juga selaras pada penelitian yang dilakukan oleh Herol dkk (2022).

Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa pengujian penyerapan air pada batako dengan penambahan *styrofoam* mengakibatkan penyerapan air pada batako akan semakin kecil seiring semakin banyak penambahan kadar *styrofoam*, itu dikarenakan sifat *styrofoam* yang kedap air.

5.4.4 Uji Statistik

Hasil dari pengujian kemudian dilakukan uji statistik agar mendapatkan hasil yang akurat dan seragam pada tiap variasinya. Pengujian statistik tersebut meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Perhitungan dan analisis pada pengujian ini dilakukan dengan bantuan *software* SPSS. Berikut merupakan hasil dari pengujian statistik yang telah dilakukan.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah prosedur statistik yang digunakan untuk menentukan apakah suatu set data atau sampel data berasal dari distribusi normal atau tidak. Tujuan dilakukannya uji normalitas adalah untuk memverifikasi apakah asumsi dasar distribusi normal terpenuhi dalam data yang diamati. Berikut merupakan Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 yang berisi hasil dari pengujian normalitas pada hasil uji kuat tekan dan penyerapan air pada setiap variasi batako berlubang dengan substitusi sebagian volume pasir dengan *styrofoam*.

Tabel 5.15 Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
0% <i>Styrofoam</i>	0,277	5	.200*	0,881	5	0,314
10% <i>Styrofoam</i>	0,277	5	.200*	0,881	5	0,314
15% <i>Styrofoam</i>	0,235	5	.200*	0,911	5	0,476
20% <i>Styrofoam</i>	0,235	5	.200*	0,911	5	0,476
25% <i>Styrofoam</i>	0,235	5	.200*	0,911	5	0,476

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tabel 5.16 Hasil Uji Normalitas Penyerapan Air

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
0% <i>Styrofoam</i>	0,324	5	0,092	0,791	5	0,068
10% <i>Styrofoam</i>	0,178	5	.200*	0,923	5	0,549
15% <i>Styrofoam</i>	0,263	5	.200*	0,886	5	0,336
20% <i>Styrofoam</i>	0,108	5	.200*	1,000	5	1,000
25% <i>Styrofoam</i>	0,179	5	.200*	0,953	5	0,760

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Uji normalitas dilakukan menggunakan bantuan *software* SPSS. Metode yang digunakan adalah *shapiro-wilk* karena memiliki jumlah sampel yang tidak terlalu banyak. Sampel yang digunakan pada tiap variasi batako adalah 5 sampel. Hasil pada uji normalitas diatas pada kuat tekan maupun penyerapan air menunjukkan nilai Sig yang didapat $> 0,05$, maka berdasarkan hasil tersebut dapat dinyatakan data hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air berdistribusi normal. Apabila nilai Sig $< 0,05$, maka dapat dilakukan penggantian data menggunakan sampel lain atau mengulangi pengujian kuat tekan dan penyerapan air.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah suatu prosedur statistik yang digunakan untuk menunjukkan apakah dua atau lebih kelompok data berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama. Tujuan dari uji homogenitas adalah untuk memeriksa apakah ada perbedaan yang signifikan dalam variansi antar kelompok. Berikut merupakan Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 hasil dari uji homogenitas pada kuat tekan dan penyerapan air batako.

Tabel 5.17 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kuat Tekan	Based on Mean	0,668	4	20	0,622
	Based on Median	0,311	4	20	0,867
	Based on Median and with adjusted df	0,311	4	15,850	0,867
	Based on trimmed mean	0,641	4	20	0,640

Tabel 5.18 Hasil Uji Homogenitas Penyerapan Air

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Penyerapan Air	Based on Mean	0,554	4	20	0,698
	Based on Median	0,372	4	20	0,826
	Based on Median and with adjusted df	0,372	4	17,933	0,825
	Based on trimmed mean	0,531	4	20	0,714

Uji homogenitas dilakukan menggunakan dengan bantuan *software* SPSS. Pada penelitian ini uji homogenitas akan menggunakan metode uji *Levene*. Cara menafsirkan uji *Levene* ini adalah, jika nilai *Levene Statistic* $> 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa variasi data adalah homogen. Hasil yang didapat pada uji *Levene* pada kuat tekan dan penyerapan air menunjukkan nilai *Leven Statistic* $> 0,05$, maka

kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama. Populasi yang dimaksud pada penjelasan tersebut adalah batako berlubang. Apabila nilai *Leven Statistic* $< 0,05$, maka dapat dilakukan penggantian data menggunakan sampel lain atau mengulangi pengujian kuat tekan dan penyerapan air.

5.4.5 Redaman Panas

Pengujian redaman panas ini menggunakan 3 sampel batako berlubang untuk setiap variasinya. Pengujian ini dilakukan di tempat terbuka dan terpapar panas matahari langsung. Umur benda uji yang digunakan adalah 28 hari. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah alat *thermocouple*. Pengujian dilakukan dengan menjemur batako selama 2 jam dimulai pada jam 10.00 siang. Kemudian dilakukan pembacaan pada jam 12.00 dan 13.00. Pembacaan suhu dilakukan pada 10 titik pada sampel batako meliputi 5 titik T1 (permukaan atas yang terpapar sinar matahari langsung) dan 5 titik T2 (permukaan yang tidak terpapar sinar matahari). Pembacaan suhu dilakukan secara bersamaan untuk T1 dan T2 pada titik yang sama. Kemudian dilakukan perhitungan analisis dengan mencari selisih suhu dari T1 dan T2. Berikut merupakan contoh perhitungan analisis pada sampel 1 batako normal pada pengujian redaman panas pukul 12.00 adalah sebagai berikut.

$$\text{Rata-rata suhu T1} = 52,34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rata-rata suhu T2} = 26,84 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= T1 - T2 \\ &= 52,34 - 26,84 \\ &= 25,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



Gambar 5.13 Pengukuran Suhu Benda Uji

Perhitungan yang sama seperti diatas dilakukan pada tiap sampel. Setelah mendapatkan nilai ΔT pada tiap sampel kemudian dilakukan perhitungan rata-rata ΔT pada tiap variasi batako. Berikut merupakan contoh perhitungan rata-rata ΔT pada sampel batako normal pengujian 1 redaman suhu adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata } \Delta T \text{ Pengujian 1} &= \frac{\Delta T \text{ Sampel 1} + \Delta T \text{ Sampel 2} + \Delta T \text{ Sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{25,5 + 25,02 + 25,28}{3} \\
 &= 25,27 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Adapun hasil dari analisis perhitungan pengujian redaman panas ini dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 dibawah ini.

Tabel 5.19 Pengujian 1 Redaman Panas Jam ke-1

Pengujian 1 Pukul 12.00															
Variasi	No Sampel	T1 (°C)					T2 (°C)					Rata-rata	Rata-rata	ΔT	Rata-Rata
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	T1 (°C)	T2 (°C)	(°C)	ΔT (°C)
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	1	51,6	52,1	53	52,4	52,6	27,2	27	27,3	26,8	25,9	52,34	26,84	25,5	25,27
	2	51	52,8	52,4	52,2	51,9	26,6	25,9	27,1	28	27,6	52,06	27,04	25,02	
	3	49,8	53,3	52,4	51,5	52	26,4	25,8	25,9	27,5	27	51,8	26,52	25,28	
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	1	52,5	52,3	51	53,6	51,8	27,7	25,5	27,8	26,6	24,4	52,24	26,4	25,84	25,76
	2	50,8	53	50,3	53,2	53,2	25,8	28	26	25,5	26,2	52,1	26,3	25,8	
	3	52	52,2	51,7	52	54,4	27,1	25,5	28	27,6	25,9	52,46	26,82	25,64	
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	1	53,7	51,4	53,4	50,8	53,5	24,5	29,4	25,4	23,2	26,7	52,56	25,84	26,72	26,73
	2	53,8	53,6	52,1	52,1	52,7	25,6	27,5	26,8	27,5	25,6	52,86	26,6	26,26	
	3	54,4	52,2	53,6	54,3	48,9	25,9	25,5	22,3	26,6	27	52,68	25,46	27,22	
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	1	51	51,9	54	53,1	51,7	24,8	23,5	25,7	22,9	23,6	52,34	24,1	28,24	27,58
	2	54	52,4	53	52,6	52,5	22,9	24,8	26	27,6	25,4	52,9	25,34	27,56	
	3	50,2	52	51,5	54,7	52,2	25,6	25	23,8	26,4	25,1	52,12	25,18	26,94	
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	1	48,1	52,2	54,4	53,9	54,3	23,2	26,6	23	25,3	21,5	52,58	23,92	28,66	28,88
	2	49	50	49,6	49,2	47,7	20	20,3	20,1	21,2	20,6	49,1	20,44	28,66	
	3	51,2	52,2	51,2	50,1	49,4	21,3	22,7	20,9	21,5	21,1	50,82	21,5	29,32	

Tabel 5.20 Pengujian Redaman Panas Jam ke-2

Pengujian 2 Pukul 13.00															
Variasi	No Sampel	T1 (°C)					T2 (°C)					Rata-rata	Rata-rata	ΔT	Rata-Rata
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	T1 (°C)	T2 (°C)	(°C)	ΔT (°C)
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	1	45,1	44,4	46,2	46	47,2	22	22,5	24	23,8	24	45,78	23,26	22,52	22,95
	2	45,6	45,9	46,1	45,2	46,4	23,5	22,9	23	22,3	23,8	45,84	23,1	22,74	
	3	45	45,5	48	45,8	46	21	22,6	22,8	23,6	22,4	46,06	22,48	23,58	
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	1	44,1	44,9	46,2	43,4	43,8	20,3	22,1	21,9	20,4	20,4	44,48	21,02	23,46	23,79
	2	47,3	46,3	45,9	46,3	48,1	21,9	22,4	22,1	23,1	23	46,78	22,5	24,28	
	3	45,1	44,5	46,3	44,6	47,2	22	21,3	21,7	22,4	22,2	45,54	21,92	23,62	
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	1	48	46,8	45,7	47,5	46,1	21,5	21,6	22,4	22,4	23,3	46,82	22,24	24,58	24,47
	2	48,2	46,6	46,7	47,3	45,9	22,2	21,7	21,1	22,2	21,8	46,94	21,8	25,14	
	3	47,4	44,4	46,8	47,7	47,6	22,1	23,1	21,4	23,9	24,9	46,78	23,08	23,7	
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	1	45,5	46,8	47	48	46,6	20	22,6	21,1	22,1	21	46,78	21,36	25,42	25,85
	2	47,5	47,5	47,5	45,6	44,9	20	21,5	21,6	21	19,6	46,6	20,74	25,86	
	3	43,1	46,7	48,1	49,2	48,6	19,9	21	22,2	20	21,2	47,14	20,86	26,28	
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	1	48	46,8	48,2	50	46,4	21,2	21,2	21,4	20,6	20,2	47,88	20,92	26,96	26,69
	2	45,7	46,6	49	48,3	49	21,6	20,4	20,4	21,4	21,2	47,72	21	26,72	
	3	46,7	44,6	48,5	46,6	47,5	21	20,5	19,6	20,5	20,4	46,78	20,4	26,38	

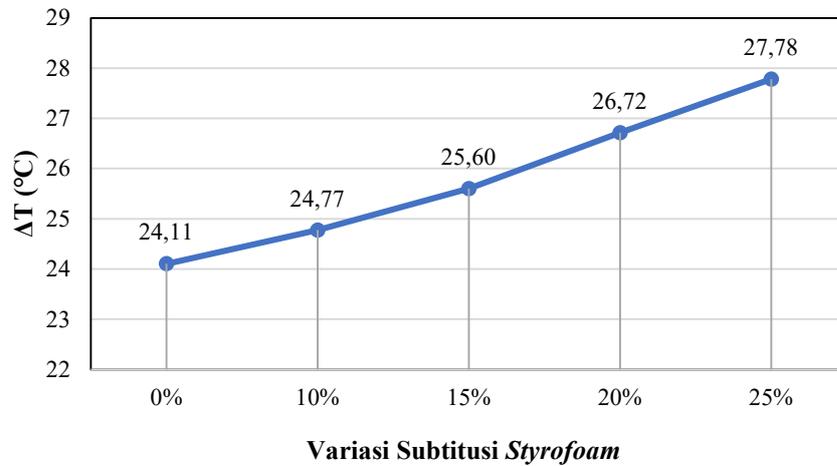
Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat dihitung hasil rata-rata redaman suhu untuk pengujian 1 dan pengujian 2. Berikut adalah contoh perhitungannya pada batako normal (0% *styrofoam*).

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } \Delta T \text{ Batako Normal} &= \frac{\text{Rata-rata } \Delta T \text{ Pengujian 1} + \text{Rata-rata } \Delta T \text{ Pengujian 2}}{2} \\ &= \frac{25,27 + 22,95}{2} \\ &= 24,11 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

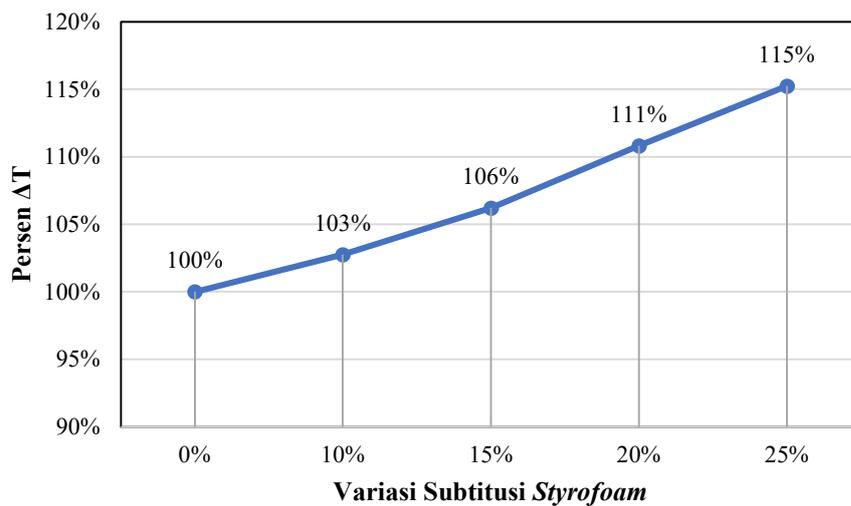
Perhitungan diatas juga dilakukan untuk hasil pengujian redaman panas pada variasi lainnya. Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat rekapitulasi Tabel 5.21, Gambar 5.14 grafik redaman panas dan Gambar 5.15 grafik persen redaman panas sebagai berikut.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian Redaman Panas

Variasi	ΔT Pengujian 1 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT Pengujian 2 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT Rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	25,27	22,95	24,11
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	25,76	23,79	24,77
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	26,73	24,47	25,60
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	27,58	25,85	26,72
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	28,88	26,69	27,78



Gambar 5.14 Grafik Redaman Panas



Gambar 5.15 Grafik Persen Redaman Panas

Berdasarkan tabel dan gambar diatas dapat dilihat bahwa redaman panas tertinggi dimiliki oleh batako variasi IV (25% *styrofoam*) sebesar 27,78 °C sedangkan redaman panas terendah dimiliki oleh batako normal (0% *styrofoam*) dengan nilai sebesar 24,11 °C . Hasil ini membuktikan bahwa batako yang mengandung *styrofoam* lebih baik dalam meredam panas dibanding dengan batako normal atau tanpa mengandung *styrofoam*. Hal ini disebabkan oleh sifat insulator

panas yang dimiliki *styrofoam* yaitu tidak menghantarkan panas. *Styrofoam* yang terkandung dalam batako membantu membatasi perpindahan panas sehingga semakin banyak *styrofoam* yang terkandung dalam campuran batako maka semakin meningkat pula tingkat redaman panas yang dimiliki batako tersebut.

5.5 Presentase Substitusi Optimum *Styrofoam*

Pada penelitian ini akan ditentukan presentase substitusi optimum *styrofoam* dalam campuran batako berdasarkan berat volume batako, mutu kuat tekan, mutu penyerapan air menurut SNI 03-0349-1989 serta nilai redaman panasnya. Terdapat beberapa aspek dalam penentuan presentase substitusi optimum *styrofoam* pada penelitian ini diantaranya adalah berikut ini.

1. Batako berlubang yang memiliki berat volume teringan
2. Batako berlubang yang memiliki mutu kuat tekan tertinggi
3. Batako berlubang yang memiliki persen penyerapan air terendah
4. Batako berlubang yang memiliki nilai redaman panas tertinggi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada batako dengan perbandingan volume campuran 1 Pc (semen) : 7 Ps (pasir) substitusi sebagian volume pasir dengan *styrofoam* dapat dibuat rekapitulasi hasil untuk pengujian berat volume batako, kuat tekan, dan penyerapan air sekaligus mengklasifikasikan mutu yang di dapat untuk setiap variasi sampel batako berlubang. Berikut merupakan Tabel 5.22 rekapitulasi pada hasil pengujian berat volume, mutu kuat tekan, dan mutu penyerapan air batako. Mutu yang dimaksud dalam Tabel 5.22 ini adalah mutu berdasarkan SNI 03-0349-1989

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Variasi	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata Kuat Tekan (kg/cm ²)	Mutu	Penyerapan Air (%)	Rata-Rata (%)	Mutu	Redaman Panas ΔT Rata-rata (°C)
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	2198,06	2136,97	105,90	104,33	I	14,37	13,76	I	24,11
	2115,40		98,99			14,40			
	2178,09		105,18			13,20			
	2134,11		107,45			13,41			
	2059,20		104,15			13,41			
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	2058,22	2050,74	97,73	93,71	I	11,08	11,46	I	24,77
	2010,07		89,12			12,25			
	2007,32		95,48			12,43			
	2061,75		105,89			9,91			
	2116,32		80,30			11,67			
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	1966,38	1952,49	85,19	83,11	I	9,28	10,06	I	25,60
	1886,63		73,47			9,11			
	1888,18		82,03			10,61			
	2044,39		89,62			9,60			
	1976,85		85,25			11,68			

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Variasi	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-Rata (kg/m ³)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata Kuat Tekan (kg/cm ²)	Mutu	Penyerapan Air (%)	Rata-Rata (%)	Mutu	Redaman Panas ΔT Rata-rata (°C)
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	1840,02	1868,89	69,39	69,66	II	8,83	8,19	I	26,72
	1772,45		70,47			7,56			
	1971,73		68,16			6,55			
	1880,25		78,61			8,17			
	1879,98		61,65			9,86			
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	1786,00	1825,51	41,74	49,30	III	6,36	7,05	I	27,78
	1803,87		49,16			6,02			
	1824,92		53,97			8,31			
	1896,94		54,59			7,33			
	1815,85		47,03			7,23			

Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil pengujian diatas terdapat perbedaan hasil mutu antara mutu kuat tekan dan mutu penyerapan air pada batako variasi III (20% *styrofoam*). Hasil mutu kuat tekan yang didapat pada variasi tersebut adalah kategori mutu II, sedangkan pada penyerapan airnya termasuk ke dalam kategori mutu I. Batako variasi III (20% *styrofoam*) tidak dapat masuk ke dalam kategori I dikarenakan mutu kuat tekan yang didapat tidak memenuhi mutu kuat tekan I dan hanya memenuhi untuk mutu kuat tekan II. Oleh karena itu, walaupun mutu penyerapan air yang didapat adalah mutu I tetapi batako variasi III (20% *styrofoam*) tetap dikategorikan masuk ke dalam mutu II batako berlubang. Pada variasi IV (25% *styrofoam*) juga mengalami hal yang serupa. Hasil akhir mutu batako berlubang dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut ini.

Tabel 5.23 Hasil Mutu Batako Berlubang

Variasi	Mutu
Normal 0% <i>Styrofoam</i>	I
Variasi I 10% <i>Styrofoam</i>	I
Variasi II 15% <i>Styrofoam</i>	I
Variasi III 20% <i>Styrofoam</i>	II
Variasi IV 25% <i>Styrofoam</i>	III

Berdasarkan tabel diatas untuk berat volume teringan diperoleh oleh batako variasi IV (25% *styrofoam*) sedangkan batako terberat diperoleh oleh batako variasi normal (0% *styrofoam*). Mutu kuat tekan batako terbaik diperoleh oleh variasi batako normal (0% *styrofoam*), variasi I (10% *styrofoam*), dan variasi II (15% *styrofoam*) dengan kategori mutu I dilanjutkan dengan variasi III (20% *styrofoam*) dengan kategori mutu II dan variasi IV (25% *styrofoam*) termasuk dalam kategori mutu III batako berlubang berdasarkan SNI 03-0349-1989. Persen penyerapan air terendah diperoleh oleh batako variasi IV (25% *styrofoam*) dan penyerapan air tertinggi diperoleh oleh batako normal (0% *styrofoam*). Nilai redaman panas tertinggi diperoleh oleh batako variasi IV (25% *styrofoam*) dan nilai redaman panas terendah diperoleh oleh batako normal (0% *styrofoam*).

Pemilihan substitusi optimum dinilai dari 4 aspek yaitu berat volume batako teringan, mutu kuat tekan batako tertinggi, persen penyerapan air terendah, dan nilai

redaman panas tertinggi. Berdasarkan penilaian aspek tersebut dapat dipilih substitusi optimum *styrofoam* terhadap volume pasir terdapat pada batako berlubang variasi II (15% *styrofoam*). Alasan dari pemilihan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Terdapat 3 variasi batako berlubang yang termasuk kategori mutu I kuat tekan batako berlubang yaitu batako normal (0% *styrofoam*), variasi I (10% *styrofoam*), dan variasi II (15% *styrofoam*) akan tetapi batako variasi II (15% *styrofoam*) memiliki berat volume paling ringan diantara ketiga variasi tersebut.
2. Selain itu batako variasi II (15% *styrofoam*) juga memiliki persen penyerapan air terendah dibandingkan dengan 2 variasi batako lainnya yang termasuk dalam mutu I kuat tekan batako berlubang.
3. Batako variasi II (15% *styrofoam*) memiliki nilai redaman panas tertinggi dibanding dengan 2 variasi batako lainnya yang termasuk dalam mutu I kuat tekan batako berlubang.

Berikut merupakan gambar batako variasi II (15% Styrofoam) dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.16 Batako Variasi II 15% *Styrofoam*

Batako variasi II (15% *styrofoam*) memiliki nilai rata-rata berat volume batako berlubang sebesar 1952,49 kg/m³. Nilai rata-rata kuat tekan yang dimiliki oleh variasi ini adalah sebesar 83,11 kg/cm² yang termasuk dalam kategori mutu I batako berlubang menurut SNI 03-0349-1989. Persen penyerapan air rata – rata yang dimiliki variasi ini adalah 10,06% yang juga termasuk dalam mutu I batako berlubang menurut SNI 03-0349-1989. Nilai redaman panas yang dimiliki oleh variasi ini adalah 25,60°C.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis serta pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berat volume batako berlubang dengan substitusi *styrofoam* terhadap volume pasir dengan presentase 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% mendapatkan hasil berturut turut yaitu 2136,97 kg/m³, 2050,74 kg/m³, 1952,49 kg/m³, 1868,89 kg/m³, dan 1825,51 kg/m³. Seiring bertambahnya presentase *styrofoam* yang ada dalam campuran batako membuat berat volume batako berlubang akan semakin ringan. Hal ini terjadi akibat pengaruh adanya penambahan *styrofoam*, dimana *styrofoam* dalam batako dianggap sebagai rongga udara sehingga membuat berat volume batako menjadi semakin ringan.
2. Pengaruh *styrofoam* sebagai substitusi sebagian pasir terhadap nilai kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas yang dimiliki oleh batako adalah sebagai berikut:
 - a. Hasil pengujian kuat tekan batako berlubang dengan substitusi *styrofoam* 0%, 10%, dan 15% berdasarkan SNI 03-0349-1989 mendapatkan hasil mutu I yaitu 104,33 kg/cm², 93,71 kg/cm², dan 83,11 kg/cm². Batako berlubang dengan substitusi *styrofoam* 20% termasuk mutu II dengan nilai kuat tekan 69,66 kg/cm². Batako berlubang dengan substitusi *styrofoam* 25% termasuk mutu III dengan nilai kuat tekan sebesar 49,30 kg/cm². Adanya *styrofoam* yang dianggap rongga udara ini kemudian mempengaruhi nilai kuat tekan pada sampel batako berlubang. Kuat tekan batako akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya presentase *styrofoam* dalam campuran batako.

- b. Daya serap air pada seluruh variasi batako termasuk dalam mutu I menurut SNI 03-0349-1989 yaitu $< 25\%$. Penyerapan air pada batako berlubang dengan substitusi *styrofoam* terhadap volume pasir dengan presentase 0%, 10%, 15%, 20%, 25% mendapatkan hasil berturut turut yaitu 13,76%, 11,46%, 10,06%, 8,19%, dan 7,05%. Semakin banyak *styrofoam* yang terkandung, maka daya serap batako akan semakin kecil karena sifat *styrofoam* yang tidak menyerap air.
 - c. Batako yang mengandung *styrofoam* lebih baik dalam meredam panas dibanding dengan batako normal atau tanpa mengandung *styrofoam*. *Styrofoam* yang terkandung dalam batako membantu membatasi perpindahan panas karena sifat *styrofoam* yang tidak menghantarkan panas. Redaman panas tertinggi dimiliki oleh batako variasi IV (25% *styrofoam*) sebesar 27,78 °C sedangkan redaman panas terendah dimiliki oleh batako normal (0% *styrofoam*) dengan nilai sebesar 24,11 °C.
3. Batako variasi II dengan perbandingan campuran 1 Pc : 7 Ps substitusi 15% volume pasir dengan *styrofoam* merupakan variasi substitusi optimum *styrofoam* yang didapat pada penelitian ini. Berat volume batako yang didapat adalah sebesar 1952,49 kg/m³. Nilai kuat tekan yang dimiliki termasuk mutu I batako berlubang dengan nilai 83,11 kg/cm². Daya serap air yang dimiliki oleh variasi ini sebesar 10,06% yang juga termasuk dalam mutu I batako berlubang. Nilai redaman panas yang dimiliki oleh variasi ini adalah 25,60°C.

6.2 Saran

Adapun saran-saran untuk pedoman dan acuan bagi penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut.

1. Pada saat proses pencampuran bahan untuk *styrofoam* sebaiknya dibasahi terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam mesin *mixer* agar *styrofoam* tersebut tidak terbang saat proses pencampuran.
2. Perlu ditambahkan bahan yang dapat mengatasi terjadinya penurunan mutu pada benda uji batako seiring dengan bertambahnya kadar *styrofoam* dalam batako.

3. Dapat ditambahkan semacam uji bakar mengingat *styrofoam* merupakan bahan yang mudah terbakar.
4. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan atau pengaruh *styrofoam* terhadap semen dalam campuran batako.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiatma, D., Sari, P.A., Maharani, E.S. 2019. *Analisis Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Styrofoam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batako*. Unjani Expo (UNEX). Cimahi.
- Armendariz, G. 2015. *Analisa Kuat Tekan Batako dengan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Tambah*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto.
- Budirahardjo, S., Kristiawan, A., dan Wardani, A. 2014. *Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako*. Prosiding SNST Ke-5. Semarang.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *SK SNI S-04-1989-F Jenis Semen Sesuai Tujuan Pemakaiannya*. Bandung.
- Fitidarini, N.L. dan Damanhuri, E. 2011. *Timbulan Sampah Styrofoam Di Kota Bandung*. Jurnal Teknik Lingkungan Vol.17 No.2. Bandung
- Hariyadi, Purwiyatno. 2016. *Kontroversi Styrofoam: Perlunya Pendekatan Appropriate Packaging*. Foodreview Indonesia. Vol.11 No.11.
- Hendriyani, I., Rahmat., dan Devi, S.M. 2017. *Kajian Pembuatan Batako Dengan Penambahan Limbah Kertas HVS*. Jurnal Poltekba. Balikpapan
- Herol., Larasati, D.F., Putri, I.M.M., Nastasya, A., 2022. *Sifat Fisik Batako dengan Penambahan Limbah Styrofoam*. SAINTEK Jurnal Pelita Bangsa. Vol.1 No.1 . Universitas Pelita Bangsa.
- Maizuar, M., Jalil, A., Putri, 2020. *Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Styrofoam Sebagai Tambahan Pada Campuran Batako*. TECHSI-Jurnal Informatika. Aceh.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Mulyati, Asrillina, R. 2018. *Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Pasir Dan Zat Additive Sikament Terhadap Kuat Tekan Bata Beton Ringan*. Jurnal Momentum. Vol. 20 No.2.
- Neville, A.M. dan Brooks, J.J. 1987. *Concrete Technology First Edition*. Longman Scientific & Technical. England.
- Nuryadi. dkk. 2017. *Dasar-Dasar Statistik Penelitian*. Sibuku Media. Yogyakarta
- Saputro, I.T. 2017. *Formulasi Proporsi Styrofoam Terhadap Pasir Merapi dan Pengaruhnya Pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Batako Ringan*. Jurnal Rancang Bangun. Vol. 3 No.1.

- Sayfullah, M., Musrifin., Risnawati., dan Padang, I. 2021. Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapan terhadap Nilai Kuat Tekan Batako. *Shell Civil Engineering Journal*. Buton
- Setiawan, A.A., Busyairi, M., dan Wijayanti, D.W. 2017. *Pemanfaatan Fly Ash PLTU Sebagai Agregat Dalam Pembuatan Batako*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV. Samarinda
- Standar Nasional Indonesia. 1989. SNI 03-0349-1989 *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. SNI 03-2847-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Gedung*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. SNI 03-6820-2002 *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-2049-2004 *Semen Portland*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Sunarno. dan Abadan, N,F. *Pemanfaatan Pasir Telaga Sari dan Styrofoam untuk Pembuatan Batako Ringan*. *Jurnal Teknologi Terpadu* No.1 Vol. 1. Balikpapan
- Syarifudin, A. 2023. *Per, Hari Volume Sampah di Sleman Capai 738 Ton*. *Tribun Jogja*. 21 Februari:1. Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Utami, L.S., Zulkarnain, Z., Anwar, K., Darmayanti, N.W.S., Isnaini., dan Fadli, M.N. 2021. *Pemanfaatan sampah styrofoam menjadi batako ringan tahan gempa*. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan fisika*. Vol 7 No 1. Mataram
- Wicaksono, A.D., Suwandi., dan Ajiwiguna, T.A. 2017. *Pengaruh Bahan Insulasi Terhadap Perpindahan Kalor Pada Tangki Penyimpanan Air Untuk Sistem Pemanas Air Berbasis Surya*. *e-Proceeding of Engineering*. Vol.4 No.3: 3845-3852. Universitas Telkom.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium



FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 105/Sek. Prodi PSTS/20/TA/V/2023
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium

Kepada Yth:
KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : AZHAR GALIH NUGRAHA
NIM : 19511057
PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH LIMBAH STYROFOAM SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA
PRODUKSI BATAKO
DOSEN PEMBIMBING : JAFAR, S.T., MURP., M.T

Sehubungan dengan penelitian yang kami lakukan untuk proses pendukung penyelesaian penyusunan Proposal Tugas Akhir, melalui surat ini kami mengajukan permohonan izin peminjaman peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

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

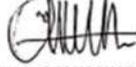
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Program Sarjana Teknik Sipil,
DINA ANGGRAHENI, M. ENG

Yogyakarta, 15 Juni 2023

Pemohon


AZHAR GALIH NUGRAHA
NIM. 19511057

Lampiran 2 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu - Jalan Kaliurang Km. 14,4 telp: (0274) 898471, 898472 Yogyakarta

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 303/ Ka.Lab/60/LBKT/IX/2023

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Malik Mushthofa, S.T., M.Eng
NIK : 185111302
Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : AZHAR GALIH NUGRAHA
N I M : 19511057
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Jafar, S. T., MURP, M.T.
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "PENGARUH LIMBAH STYROFORM SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA PRODUKSI BATAKO" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya¹⁾.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 September 2023

Administrasi Laboratorium

Kepala Laboratorium BKT,

Daru Salam, AMd



¹⁾ Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 3 Hasil Pengujian Berat Volume Batako



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kaliburang Km. 14,4 Telp. (0274) 89471 eks.3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian Berat Volume Batako Berlubang

Nama : Azhar Galih Nugraha
 NIM : 19511057
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

Kode Sampel	Berat (kg)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Volume Lubang (m ³)	Volume Batako	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-rata
Normal	11,342	0,36	0,1	0,19	0,00684	0,00168	0,00516	2198,062	2136,972
	11,255	0,359	0,1	0,195	0,00700	0,00168	0,00532	2115,403	
	11,558	0,357	0,103	0,19	0,00699	0,00168	0,00531	2178,088	
	11,371	0,356	0,102	0,193	0,00701	0,00168	0,00533	2134,110	
	11,134	0,36	0,102	0,193	0,00709	0,00168	0,00541	2059,198	
Variasi I 10% Sty	10,902	0,36	0,102	0,19	0,00698	0,00168	0,00530	2058,224	2050,738
	11,016	0,36	0,102	0,195	0,00716	0,00168	0,00548	2010,072	
	10,907	0,36	0,104	0,19	0,00711	0,00168	0,00543	2007,325	
	10,884	0,357	0,101	0,193	0,00696	0,00168	0,00528	2061,754	
	11,132	0,36	0,102	0,189	0,00694	0,00168	0,00526	2116,318	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kalurang Km. 14,4 Telp. (0274) 894711 eks.3250 Yogyakarta

Kode Sampel	Berat (kg)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Volume Lubang (m ³)	Volume Batako	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-rata
Variasi II 15% Sty	10,627	0,362	0,103	0,19	0,00708	0,00168	0,00540	1966,383	1952,486
	10,407	0,362	0,103	0,193	0,00720	0,00168	0,00552	1886,626	
	10,401	0,36	0,104	0,192	0,00719	0,00168	0,00551	1888,180	
	10,657	0,359	0,1	0,192	0,00689	0,00168	0,00521	2044,391	
	10,471	0,36	0,102	0,19	0,00698	0,00168	0,00530	1976,854	
Variasi III 20% Sty	10,107	0,363	0,104	0,19	0,00717	0,00168	0,00549	1840,018	1868,887
	9,641	0,36	0,103	0,192	0,00712	0,00168	0,00544	1772,451	
	10,309	0,36	0,101	0,19	0,00691	0,00168	0,00523	1971,731	
	10,39	0,359	0,104	0,193	0,00721	0,00168	0,00553	1880,254	
	10,239	0,362	0,102	0,193	0,00713	0,00168	0,00545	1879,981	
Variasi IV 25% Sty	9,775	0,362	0,104	0,19	0,00715	0,00168	0,00547	1786,001	1825,514
	10,085	0,362	0,103	0,195	0,00727	0,00168	0,00559	1803,866	
	9,988	0,362	0,104	0,19	0,00715	0,00168	0,00547	1824,919	
	10,187	0,36	0,102	0,192	0,00705	0,00168	0,00537	1896,936	
	10,115	0,36	0,106	0,19	0,00725	0,00168	0,00557	1815,848	

Lampiran 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kalurang Km. 14,4 Telp. (0274) 890471 eks.3250 Yogyakarta

Lampiran Hasil Pengujian Batako Berlubang

Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang (SNI 03-0349-1989)

Nama : Azhar Galih Nugraha
 NIM : 19511057
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

1. Batako Berlubang Variasi Normal (0% Styrofoam)

Kode Sampel	Dimensi Batako			Dimensi Lubang (Trapeسيوم)			Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimal		Kuat Tekan (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang a (cm)	Panjang b (cm)	Tinggi (cm)		KN	Kgf	
N1	36	10	19	10	14	2	264	274,16	27956,5	105,896
N2	35,9	10	19,5	10	14	2	263	255,31	26034,4	98,9906
N3	35,7	10,3	19	10	14	2	271,71	280,27	28579,6	105,1846
N4	35,6	10,2	19,3	10	14	2	267,12	373,38	38074,2	142,535
N5	36,5	10,2	19,3	10	14	2	276,3	291,15	29689	107,452
N6	36	10,2	19,3	10	14	2	271,2	277	28246,1	104,152
N7	36,2	10,3	19,2	10	14	2	276,86	381,29	38880,8	140,435
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)										114,949



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kalurahan Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

2. Batako Berlubang Variasi I (10% Styrofoam)

Kode Sampel	Dimensi Batako			Dimensi Lubang (Trapeسيوم)			Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimal		Kuat Tekan (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang a (cm)	Panjang b (cm)	Tinggi (cm)		KN	Kgf	
A1	36	10,2	19	10	14	2	271,2	259,93	26505,48	97,734
A2	36	10,2	19,5	10	14	2	271,2	237,03	24170,33	89,124
A3	36	10,4	19	10	14	2	278,4	199,02	20294,39	72,897
A4	35,7	10,1	19,3	10	14	2	264,57	247,73	25261,43	95,481
A5	36	10,2	18,9	10	14	2	271,2	281,63	28718,27	105,893
A6	36	10,2	19,6	10	14	2	271,2	213,57	21778,08	80,303
A7	36	10,3	19,6	10	14	2	274,8	344,94	35174,09	127,999
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)										95,633



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kalirejo Km. 14,4 Telp. (0274) 896471 eks.3250 Yogyakarta

3. Batako Berlubang Variasi II (15% Styrofoam)

Kode Sampel	Dimensi Batako			Dimensi Lubang (Trapesium)			Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimal		Kuat Tekan (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang a (cm)	Panjang b (cm)	Tinggi (cm)		KN	Kgf	
B1	36	10,2	18,6	10	14	2	271,2	226,58	23104,73	85,194
B2	36	10,3	18,9	10	14	2	274,8	197,99	20189,36	73,469
B3	36,2	10,3	19	10	14	2	276,86	222,71	22710,1	82,027
B4	36,2	10,3	19,3	10	14	2	276,86	243,33	24812,75	89,622
B5	36	10,4	19,2	10	14	2	278,4	158,6	16172,7	58,092
B6	35,9	10	19,2	10	14	2	263	340,38	34709,1	131,974
B7	36	10,2	19	10	14	2	271,2	226,73	23120,03	85,251
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)										86,518



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tepi. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

4. Batako Berlubang Variasi III (20% Styrofoam)

Kode Sampel	Dimensi Batako			Dimensi Lubang (Trapezium)			Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimal		Kuat Tekan (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang a (cm)	Panjang b (cm)	Tinggi (cm)		KN	Kgf	
C1	36,3	10,4	19	10	14	2	281,52	151,85	15484,39	55,003
C2	36	10,3	19,2	10	14	2	274,8	83,56	8520,749	31,007
C3	36	10,1	19	10	14	2	267,6	182,11	18570,05	69,395
C4	35,9	10,4	19,3	10	14	2	277,36	191,67	19544,9	70,468
C5	36,2	10,2	19,3	10	14	2	273,24	182,65	18625,12	68,164
C6	36,2	10,3	19	10	14	2	276,86	213,44	21764,82	78,613
C7	36,2	10,4	19	10	14	2	280,48	169,56	17290,31	61,645
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)										62,042



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kalirejo Km. 14,4 Telp. (0274) 896471 eks.3250 Yogyakarta

5. Batako Berlubang Variasi IV (25% Styrofoam)

Kode Sampel	Dimensi Batako			Dimensi Lubang (Trapeسيوم)			Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimal		Kuat Tekan (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang a (cm)	Panjang b (cm)	Tinggi (cm)		KN	Kgf	
D1	36,2	10,4	19	10	14	2	280,48	114,82	11708,38	41,744
D2	36,2	10,3	19,5	10	14	2	276,86	133,48	13611,17	49,163
D3	36,2	10,4	19	10	14	2	280,48	148,45	15137,69	53,971
D4	36	10,2	19,2	10	14	2	271,2	145,18	14804,24	54,588
D5	36	10,6	19	10	14	2	285,6	109,99	11215,86	39,271
D6	36	10	19,3	10	14	2	264	121,77	12417,08	47,034
D7	36,2	10,3	19	10	14	2	276,86	168,25	17156,73	61,969
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)										49,677

Diperiksa Oleh,

Darusalam, A.Md.

Yogyakarta, 2023
 Kepala Laboratorium BKT,



Mishthofa, S.T., M.Eng

Lampiran 5 Hasil Pengujian Penyerapan Air Batako



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kulwarung Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks 2030 Yogyakarta

Hasil Pengujian Penyerapan Air Batako Berlubang (SNI 03-0349-1989)

Nama : Azhar Galih Nugraha
NIM : 19511057
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir

1. Batako Berlubang Variasi Normal (0% Styrofoam)

Kode Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
N1	12,898	11,277	14,374
N2	13,340	11,661	14,398
N3	12,959	11,448	13,199
N4	13,351	11,772	13,413
N5	12,892	11,703	10,160
N6	13,020	11,480	13,415
Nilai Rata-Rata			13,160

2. Batako Berlubang Variasi I (10% Styrofoam)

Kode Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
A1	12,486	11,241	11,076
A2	12,273	10,934	12,246
A3	12,508	11,125	12,431
A4	11,971	10,892	9,906
A5	12,729	11,030	15,403
A6	12,176	10,904	11,665
Nilai Rata-Rata			12,121



3. Batako Berlubang Variasi II (15% Styrofoam)

Kode Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
B1	11,515	10,537	9,282
B2	11,651	10,678	9,112
B3	11,605	10,492	10,608
B4	11,756	10,726	9,603
B5	11,383	10,613	7,255
B6	11,875	10,633	11,681
Nilai Rata-Rata			9,590

4. Batako Berlubang Variasi III (20% Styrofoam)

Kode Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
C1	10,895	9,839	10,733
C2	10,870	9,988	8,831
C3	11,123	10,341	7,562
C4	10,889	10,220	6,546
C5	11,166	10,323	8,166
C6	11,091	10,096	9,855
Nilai Rata-Rata			8,616



5. Batako Berlubang Variasi IV (25% *Styrofoam*)

Kode Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
D1	10,535	9,697	8,642
D2	10,620	9,985	6,360
D3	10,475	9,880	6,022
D4	10,482	9,678	8,308
D5	10,984	10,234	7,329
D6	10,772	10,046	7,227
Nilai Rata-Rata			7,314

Lampiran 6 Dokumentasi Pembuatan Benda Uji Batako



Gambar L-6.1 Proses Pencampuran Bahan



Gambar L-6.2 Proses Pencetakan Batako



Gambar L-6.3 Benda Uji Setelah Pencetakan



Gambar L-6.4 Penyimpanan Benda Uji

Lampiran 7 Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-7.1 Batako Sebelum Uji Kuat Tekan



Gambar L-7.2 Batako Saat Uji Kuat Tekan



Gambar L-7.3 Batako Setelah Uji Kuat Tekan

Lampiran 8 Dokumentasi Pengujian Penyerapan Air



Gambar L-8.1 Proses Perendaman Batako



Gambar L-8.1 Batako Kondisi Basah Ditimbang



Gambar L-8.1 Batako Kondisi Basah Dalam Oven



Gambar L-8.1 Batako Kondisi Kering Oven Ditimbang

Lampiran 9 Dokumentasi Pengujian Redaman Panas



Gambar L-9.1 Batako Dijemur



Gambar L-9.2 Pengukuran Suhu Pada Batako