

**ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN
STYROFOAM SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN
BATAKO**

SKRIPSI

OLEH :

**PERNANDO SIRAIT
178110080**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 24/1/24

Access From (repository.uma.ac.id)24/1/24

**ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN
STYROFOAM SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN
BATAKO**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**PERNANDO SIRAIT
178110080**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

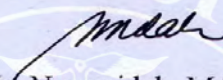
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

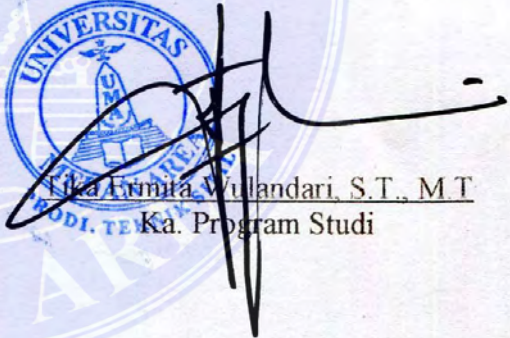
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Styrofoam
Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Batako
Nama : Pernando Sirait
NPM : 178110080
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Ir. Nurmaidah, M.T
Pembimbing


Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan


Nika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 11 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Agustus 2023



Pernando Sirait
178110080



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

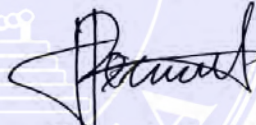
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pernando Sirait
NPM : 178110080
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Batako. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 11 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Pernando Sirait)

RIWAYAT HIDUP

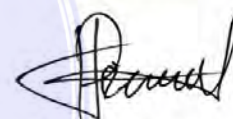
Penulis dilahirkan di Kandis Pada tanggal 18 - Oktober - 1999 dari Ayah Ramses Sirait dan Ibu Lilis Sitompul Penulis merupakan putra ke 1 dari 5 bersudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA NEGERI 1 SEI RAMPAH dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2020 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di proyek Pembangunan Hotel Reddorz Samosir.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah pembuatan batako dengan judul Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Batako. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Ir, Nurmaidah, M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Nayunda yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Pernando Sirait)

ABSTRAK

Di Indonesia, pertambahan penduduk semakin meningkat dari tahun ke tahun. Seiring meningkatnya pertambahan penduduk, maka kebutuhan akan pembangunan juga ikut meningkat. Dengan Semakin banyaknya pembangunan, maka kebutuhan bata sebagai penyusun dinding juga meningkat. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian kuat tekan. Metode penelitian kuat tekan merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu percobaan/pengujian untuk mendapatkan data atau hasil, guna meneliti, serta mempelajari dan menganalisis penelitian uji kuat tekan beton dilaboratorium. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan batako didapat nilai kuat tekan batako dengan penambahan styrofoam terjadi penurunan kuat tekan. Besarnya kekuatan pemadatan juga berpengaruh terhadap kuat tekan batako. Semakin rendah kekuatan pemadatannya maka kuat tekan batako semakin menurun, hal ini disebabkan karena rongga dalam batako yang kosong. Dengan pemadatan yang besar maka kuat tekan batako akan bertambah, karena rongga-rongga akan terisi. Dari hasil pengujian dimana kuat tekan yang dihasilkan dari batako tanpa campuran styrofoam adalah 143,82 Kg/cm², sedangkan hasil dari batako yang dicampur dengan styrofoam mengalami penurunan. Dari hasil pengujian kuat tekan batako dengan penambahan styrofoam yaitu 0% 100,27 KG/cm², 10% 27,07 Kg/cm² dan 30% 21,87 Kg/cm² batako dengan campuran styrofoam mengalami penurunan kuat tekan tetapi tetap termasuk mutu yang baik dan layak digunakan.

Kata Kunci: Styrofoam, Batako, Kuat Tekan Batako.

ABSTRACT

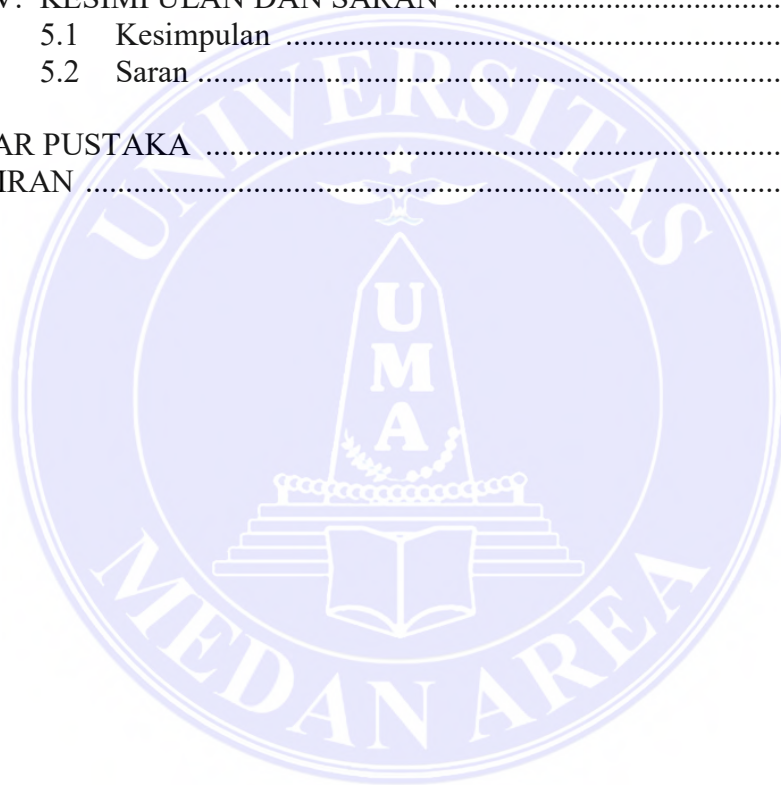
In Indonesia, population growth is increasing from year to year. As the population increases, the need for development also increases. With more and more development, the need for bricks as a constituent of walls also increases. Therefore, there is a need for a new method for development that is more adequate and more economical with maximum quality. In this study the method used was Compressive Strength research method. The Compressive Strength research method is research conducted by conducting an experiment/test to obtain data or results, in order to research, as well as study and analyze concrete compressive strength test research in laboratories. compressive strength occurs. The amount of compaction strength also affects the compressive strength of the bricks. The lower the compaction strength, the compressive strength of the bricks decreases, this is due to the voids in the bricks being empty. With a large compaction, the compressive strength of the brick will increase, because the cavities will be filled. From the test results where the compressive strength produced from bricks without a mixture of styrofoam was 143.83 Kg/cm², while the results of bricks mixed with styrofoam decreased. From the results of the compressive strength test of bricks with the addition of styrofoam, namely 0% 100,27 KG/cm², 10% 27,07 Kg/cm² and 30% 21,87 Kg/cm² bricks with a mixture of brick styrofoam experienced a decrease in compressive strength but remained including good quality and suitable for use

Keywords: *Styrofoam, Bricks, Compressive Strength of Bricks.*

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Lingkup Penelitian	3
1.4 Maksud Dan Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Dasar Teori Batako	7
2.2.1 Keuntungan Menggunakan Batako	14
2.2.2 Kerugian Menggunakan Batako	15
2.3 Limbah	16
2.3.1 Jenis Limbah Berdasarkan Wujudnya	17
2.3.2 Jenis Limbah Berdasarkan Senyawanya	18
2.3.3 Karakteristik Limbah	19
2.3.4 Styrofoam	19
2.4 Material Pembuatan Batako	21
2.4.1 Portland Cement (<i>PC</i>)	21
2.4.2 Pasir (<i>Agregat Halus</i>)	28
2.4.3 Air (<i>Water</i>)	33
2.5 Metode Pengujian Batako	35
2.5.1 Kuat Tekan Beton	37
2.5.2 Kuat Tekan Mutu Ringan	39
2.5.3 Kuat Tekan Mutu Tinggi	41
2.5.4 Kerangka Berpikir	45
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1 Lokasi Penelitian	47
3.2 Bahan Penelitian	47
3.3 Tahapan Penelitian	48

3.3.1 Pembuatan Dan Perawatan Batako	48
3.4 Bagan Alir Penelitian	51
BAB IV. HASIL DAN PENELITIAN	52
4.1 Hasil Penelitian	52
4.1.1 Agreggat Halus	52
4.1.2 Semen	57
4.1.3 Air	58
4.1.4 Styrofoam	58
4.2 Perencanaan Campuran Batako.....	59
4.3 Kuat Tekan Beton	61
4.4 Pembahasan	63
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	xv



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Syarat Fisis Batako.....	13
Tabel 2 Ukuran Dan Toleransi.....	14
Tabel 3 Pembagian Semen Menurut Pengerjaannya.....	23
Tabel 4 Komposisi Tipe Standar Semen Portland	23
Tabel 5 Susunan Unsur-Unsur Semen	26
Tabel 6 Gradasi Pasir	32
Tabel 7 Gradasi Agregat	54
Tabel 8 Hasil pemeriksaan Ayakan Agregat Halus	55
Tabel 9 Hasil Perhitungan Agregat	60
Tabel 10 Hasil Uji Kuat Tekan Batako 0%.....	62
Tabel 11 Hasil Uji Kuat Tekan Batako 10%.....	62
Tabel 12 Hasil Uji Kuat Tekan Batako 30%.....	62
Tabel 13 Penggolongan Mutu Batako Tiap Variasi	63



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Bentuk Batako	9
Gambar 2 Batako Putih (<i>Trass</i>).....	10
Gambar 3 Batako Semen/Batako Press.....	11
Gambar 4 Batako Ringan	11
Gambar 5 Jenis Styrofoam	21
Gambar 6 Semen Portland	24
Gambar 7 Pasir	29
Gambar 8 Lokasi Penelitian	47
Gambar 9 Jenis Batako Semen.....	48
Gambar 10 Bagan Alir Penelitian	51
Gambar 11 Proses Pencucian Agregat Halus	52
Gambar 12 Proses Pengeringan Agregat Halus	53
Gambar 13 Saringan Agregat Halus	53
Gambar 14 Mesin Penyaring Agregat.....	56
Gambar 15 Grafik Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	57
Gambar 16 Semen.....	57
Gambar 17 Limbah Styrofoam.....	58
Gambar 18 Pengujian Kuat Tekan	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Limbah merupakan salah satu momok bagi kehidupan, dan salah satunya limbah yang tidak lagi mampu di olah pabrik adalah limbah styrofoam.. Hal ini akan diikuti dengan meningkatnya volume sampah organik dan an-organik seperti limbah styrofoam. Dari beberapa penelitian limbah styrofoam dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Pemanfaatan limbah styrofoam sebagai material bangunan dalam hal ini sebagai bahan pembuatan batako bertujuan untuk mengurangi penggunaan pasir (Ps), maka limbah styrofoam harus di hancurkan menjadi butiran limbah styrofoam yang dihasilkan maksimal berdiameter 4 mm. Permasalahan limbah styrofoam pada dasarnya sudah cukup lama mendapat perhatian dari para ahli, diantaranya pembuatan batako dari styrofoam dengan teknik yang sangat sederhana. Penggunaan bahan limbah seperti Styrofoam ini dapat kita tambahkan 20 – 25% dari total kebutuhan pasir yang digunakan membuat batu bata. Bahan baku styrofoam juga lebih unggul dibandingkan dengan semen karena dalam styrofoam terkandung banyak serat. Ini membuat fondasi bangunan yang menggunakan styrofoam lebih kuat.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Harganya yang relatif murah dan kemudahan dalam pelaksanaannya membuat beton semakin tak tergantikan dalam dunia konstruksi. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat tersebut menjadi suatu massa padat. Beton dihasilkan dari

sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Maka dari itu perlu dibicarakan fungsi dari masing-masing komponen tersebut sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Dengan cara demikian seorang perencana dan seorang ahli bahan dapat mengembangkan pemilihan material yang layak untuk digunakan dan menentukan komposisinya sehingga diperoleh beton yang sesuai dengan yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan service ability. Agar dapat merancang kekuatannya dengan baik, artinya dapat memenuhi kriteria aspek ekonomi (rendah dalam biaya) dan memenuhi aspek teknik (memenuhi kekuatan struktur), seorang perencana beton harus mampu merancang campuran beton yang memenuhi kriteria. Perancangan beton harus memenuhi kriteria perancangan standar yang berlaku. Peraturan dan tata cara perancangan tersebut antara lain adalah ASTM, ACI, JIS ataupun SNI. Selain hal tersebut, beton yang direncanakan harus memenuhi kriteria antara lain, tahan lama atau awet (durability), murah (aspecteconomic cost) dan tahan haus (SNI 2493:2011, 2011).

Komponen material dari beton yang sangat sering digunakan ialah pasir. Pasir adalah butiran-butiran mineral keras dan tajam berukuran 0,075 – 5 mm, jika terdapat butiran-butiran lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% berat. Namun kebutuhan akan pasir yang semakin banyak mengakibatkan harganya yang cukup mahal. Sehingga perlulah dilakukan penelitian agar mengganti styrofoam menjadi pasir.

Untuk itu peneliti memanfaatkan limbah styrofoam dapat menggantikan penggunaan pasir. Disamping harganya lebih murah, styrofoam juga tidak sulit untuk didapatkan. Peneliti menggunakan benda uji beton dan menggunakan benda

uji silinder dengan untuk mengetahui kuat tekan beton. Berdasarkan latar belakang diatas, umur pengujian yang digunakan adalah 14 hari.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah styrofoam sebagai bahan pengganti agregat halus dalam pembuatan batako terhadap kuat tekan batako?
2. Seberapa besar nilai kuat tekan batako terhadap bahan tambah styrofoam?

1.3. Lingkup Penelitian

Untuk menjaga agar pembahasan materi dalam tugas akhir ini lebih terarah penulis menetapkan ruang lingkup penulisan sebagai berikut:

1. Pengujian kuat tekan batako dilakukan dengan komposisi 0%, 10%, 30% saat umur rencana 14 hari.
2. Uji kuat tekan beton dilakukan setelah 14 hari sebanyak 15 benda.
3. Pembuatan batako dilakukan secara manual.
4. Pengujian kuat tekan batako dilakukan di laboratorium beton Universitas Katolik Santo Thomas Medan.

1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

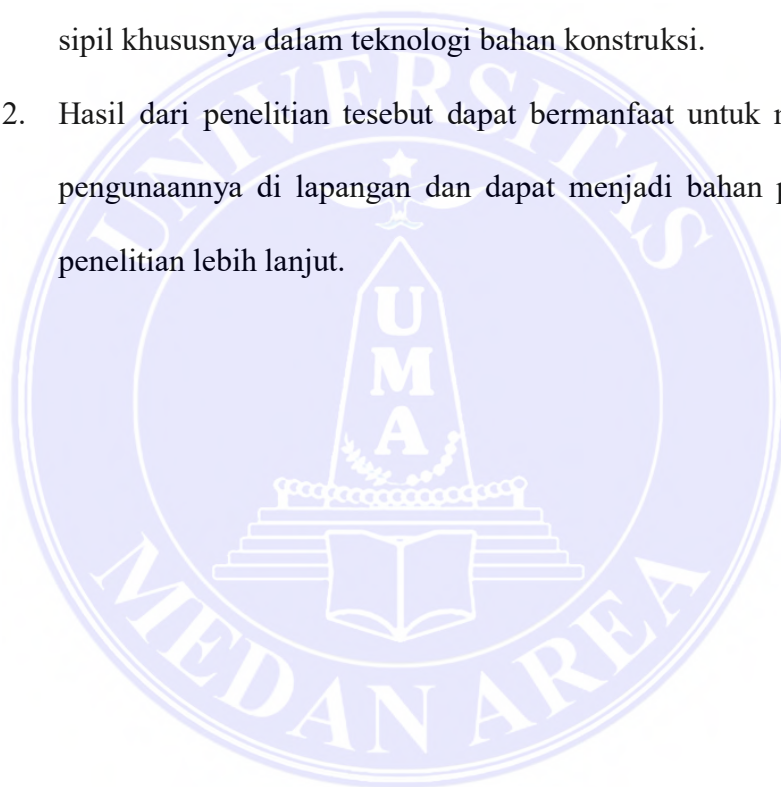
1. Maksud dari Penelitian ini adalah Mengetahui besarnya kuat tekan jika ditambahkan dengan campuran Styrofoam dengan persentase 0%,

10% dan 30%

2. Tujuan penelitian ini adalah Menguji penggunaan bahan tambah styrofoam terhadap pembuatan batako

1.5. Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan serta pengetahuan hasil dari bahan tambah styrofoam dalam pembuatan batako dalam pengembangan ilmu teknik sipil khususnya dalam teknologi bahan konstruksi.
2. Hasil dari penelitian tersebut dapat bermanfaat untuk menjadi acuan penggunaannya di lapangan dan dapat menjadi bahan perkembangan penelitian lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Maizuar dkk (2020) Dengan Judul Penelitian “Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Styrofoam Sebagai Tambahan Pada Campuran batako” dengan jurnal “TECHSI: Vol. 12, No. 3, Oktober 2020”. Link Dapat Ditemukan di [file:///C:/Users/User/Downloads/9187-23290-2-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/9187-23290-2-PB%20(1).pdf)

Pada tahap pelaksanaan, dilakukan pembentukan batako, perawatan batako (curing) dan pengujian batako. Pembuatan batako dilakukan dengan variasi 0% 10%, 30%, 50%, 70% dan 80% dicetak dalam cetakan. Kemudian setelah 24 jam dilakukan perendaman selama 28 hari yang dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan. Penambahan styrofoam terhadap campuran batako yang memiliki persentase campuran 0%, 10%, 30%, 50%, 70%, dan 80% pada cetakan I secara berturut mengalami penurunan pada setiap variasi yaitu 8,39 Mpa, 6,42 Mpa, 3,33 Mpa, 3,06 Mpa, 4,58 Mpa dan 3,06 Mpa. Pada cetakan II mengalami penambahan kekuatan pada setiap penambahan variasi secara berturut yaitu 5,2 Mpa, 5,6 Mpa, 9,73 Mpa, 9,73 Mpa dan 10,8 Mpa. Tapi pada variasi 80% hasil kuat tekan tidak dapat didefinisikan.

Heru Winarno (2015) Dengan Judul Penelitian “Pengaruh Komposisi Bahan Pengisi styrofoam Pada Pembuatan Batako Mortar Semen Ditinjau Dari Karakteristik Dan kuat Tekan. Dengan jurnal “Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Makassar”. Link dapat ditemukan di

<file:///C:/Users/User/Downloads/DOC-20230517-WA0003..pdf>.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium Uji Bahan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Rancangan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang merupakan metode penelitian untuk mencari pengaruh treatment (perlakuan) tertentu. Sebelum eksperimen terlebih dahulu dilakukan: penentuan bahan material (semen, pasir, styrofoam dan air), uji bahan material, mix desain, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian meliputi: densitas, serapan air dan kuat tekan. Kesimpulan nya adalah Dengan memanfaatkan limbah styrofoam untuk dijadikan sebagai alternatif salah satu bahan pengisi campuran pembuatan batako mortar semen, dapat menekan kerusakan lingkungan dimana limbah styrofoam merupakan salah satu bagian dari pencemaran lingkungan.

Abdul Halim (2013) Dengan Judul Penelitian “Pengaruh Pemakaian Limbah Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Batako”. Dengan jurnal “Widya Teknika Vol.21 No.1; Maret 2013”. Link dapat ditemukan <file:///C:/Users/User/Downloads/74-74-1-PB.pdf>.

Penelitian ini untuk mengetahui kemanfaatan limbah styrofoam sebagai bahan pengisi atau bahan tambahan dalam pembuatan batako.. Dengan pemakaian limbah styrofoam, apakah mempengaruhi kuat tekan dan berat batako yang dibuat. Bahan yang digunakan adalah Pasir onyx memenuhi persyaratan material yang merupakan limbah dari pembuatan kerajinan batu onyx, Semen Portland (PC type 1) produksi PT.SEMEN GRESIK Tbk yaitu semen abu-abu type 1 dengan letak pertimbangan dan letak kondisi bukan di daerah sulfat (daerah dekat

pantai), Air yang berasal dari PDAM Kotamadya Malang dan agregat limbah styrofoam dengan ukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$, $1 \times 0,5 \text{ cm}^2$, $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$ dan tidak beraturan. Komposisi benda uji (Batako) adalah 1 Semen PC : 2 Styrofoam dan 4 Pasir Onyx. Dibuat benda uji untuk masing-masing campuran terdiri dari 10 benda uji sehingga jumlah semua benda uji terdiri dari 40 buah.

2.2 Dasar Teori Batako

Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton adalah komponen bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, air, atau material tambahan lain, yang dicetak sesuai dengan syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi dinding. Bata beton untuk dinding atau batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab (Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, 1982 pasal 6).

Batako yang baik adalah yang mempunyai permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Agar didapat mutu batako yang berkualitas, banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi kualitas batako tergantung pada faktor air semen, umur batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, kekuatan agregat, dan lain-lain. Mutu batako akan bertambah tinggi seiring bertambahnya umur batako. Selain itu, kekuatan batako juga dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Dalam pembuatan batako diusahakan campuran dibuat sepadat mungkin. Hal ini memungkinkan untuk menjadikan bahan semakin mengikat, serta untuk membantu merekatnya bahan pembuat batako dengan semen yang dibantu oleh air (Armendariz, 2015).

Batako adalah tumpukan balok secara sistematis, berbentuk persegi

panjang, sebagian besar digunakan untuk membangun dinding yang kaku. Pada umumnya, jenis batako ini terbuat dari beton atau tanah liat matang. Mereka ideal untuk membangun pagar dan memberikan tampilan yang apik dan estetis. Sementara beberapa produsen menggunakan semen dan agregat untuk membuat balok-balok ini, yang lain menggunakan beton padat. Berdasarkan kebutuhan penggunaannya, kita dapat mencampur bahan lain ke dalam batako untuk menghasilkan batako dengan warna tertentu. Batako adalah bahan konstruksi berupa bata cetak yang terbuat dari bahan utama semen, air, dan pasir. Campuran ketiga bahan utama pembuatan batako tersebut biasa disebut dengan mortar. Perbandingan komposisi batako yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986 adalah 75% pasir, 20% semen, dan 5% air. Batako umumnya banyak digunakan di bidang konstruksi dalam pembangunan gedung, rumah, jalan, jembatan, dan lain-lain. Karakteristik batako yang umum ada di pasaran memiliki kuat tekan bervariasi dari 3-50 MPa. Batako difokuskan sebagai konstruksi-konstruksi dinding bangunan non struktural. Batako yang baik adalah yang mempunyai permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Agar didapat mutu batako yang berkualitas, banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi kualitas batako tergantung pada faktor air semen, umur batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, kekuatan agregat, dan lain-lain.

Oleh karena itu sebagai standar kekuatan batako dipakai kekuatan pada umur batako 28 hari. Selain itu, kekuatan batako juga dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Dalam pembuatan batako diusahakan campuran dibuat sepadat mungkin. Hal ini memungkinkan untuk menjadikan bahan semakin mengikat,

serta untuk membantu merekatnya bahan pembuat batako dengan semen yang dibantu oleh air.

Berdasarkan bentuknya, batako terbagi atas dua bagian, yaitu:

- a. Batako Padat
- b. Batako Berlubang



Gambar 1. Bentuk Batako (Firmansyah, 2017)

Batako berlubang memiliki sifat penghantar panas yang lebih baik dari batako padat dengan menggunakan bahan dan ketebalan yang sama. Batako berlubang memiliki beberapa keunggulan dari batu bata, beratnya hanya 1/3 dari batu bata dengan jumlah yang sama dan dapat disusun empat kali lebih cepat dan lebih kuat untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Di samping itu keunggulan lain batako berlubang adalah kedap panas dan suara.

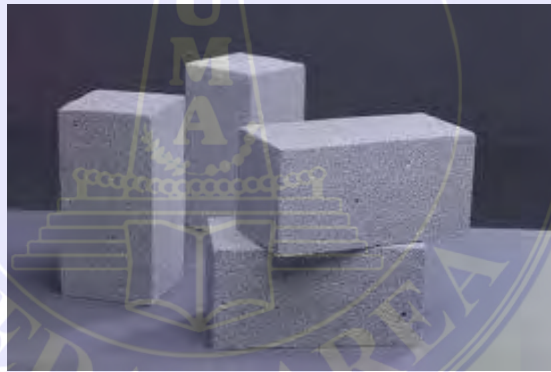
Batako atau Bata beton berlubang bahan penyusunnya sama dengan bata beton pejal yaitu terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis yang akan ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan penambah lainnya. Namun yang membedakan bata beton berlubang dengan bata beton pejal adalah luas penampangnya. Bata beton pejal memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata

seluruhnya. Bata ringan dibuat dari bahan batu pasir kurasa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Umumnya bata ringan memiliki berat jenis sebesar 1850 kg/m^3 dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan.

Berdasarkan bahan pembuatannya batako (Hendratmo:2010)

a. Batako Putih (Trass)

Batako putih dibuat dari campuran tras, batu kapur, dan air. Tras merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan batu batu dari gunung berapi. Batako jenis ini umumnya memiliki ukuran panjang 25-30 cm, tebal 10 cm, dan tinggi 14-18 cm.



Gambar 2. Batako Putih (Hendratmo, 2010)

b. Batako Semen/Batako Press

Batako semen/ batako press dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Batako jenis ini biasanya dibuat secara manual (menggunakan tangan) dan ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat dilihat pada kepadatan batako. Batako ini umumnya memiliki panjang 30- 40 cm dan tinggi 15-20 cm.



Gambar 3. Batako Semen (Hendratmo, 2010)

c. Batako Ringan

Bata ringan dibuat dari bahan batu pasir kurasa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Umumnya bata ringan memiliki berat jenis sebesar 1850 kg/m^3 dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan.

Batako atau Bata beton pejal adalah bata yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau semacamnya yang akan ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan penambah lainnya. Bata beton pejal memiliki penampang 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya.



Gambar 4. Batako Ringan (Hendratmo, 2010)

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, syarat mutu yang harus dipenuhi batako antara lain:

- a. Pelindung dan batas antara ruang bagian dalam dan luar bangunan.
- b. Menambah keindahan pada bangunan arsitektur.
- c. Pembentuk daerah fungsi dalam bangunan.
- d. Pada struktur bangunan tertentu berfungsi sebagai dinding pemikul beban.

Sebagai bahan penyusun dinding, batako memiliki fakta sebagai berikut:

1. Secara visual, batako memiliki ukuran yang jauh lebih besar dari bata merah. Meski demikian, batako justru memiliki bobot berat yang lebih ringan dengan berat hanya sepertiga dari berat pemakaian bata merah untuk luas yang sama.
2. Proses pengerjaan dinding batako 4 kali lebih cepat daripada bata merah sehingga dapat menghemat waktu dan biaya yang dikeluarkan alias ekonomis.
3. Memiliki fitur kedap suara atau kemampuan meredam suara yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan.
4. Meski dapat diaplikasikan dengan cepat, bukan berarti pengerjaan dinding batako dilakukan dengan asal-asalan. Pemasangan batako yang benar harus dibuat sesuai standar dan memenuhi persyaratan pembuatan beton agar hasilnya rapi dan kuat.
5. Memiliki kecenderungan mengantarkan panas pada ruangan, maka sebisa mungkin hindari pemasangan dinding batako pada rumah di daerah tropis karena batako memiliki kemampuan meredam panas yang rendah.
6. Permukaan batako yang rata memudahkan pengerjaan plester dan cat pada

dinding. Hindari penggunaan batako dengan cara diekspos.

7. Batako cenderung mudah rapuh dan retak. Banyak kasus dinding batako mengalami keretakan adalah karena pilihan jenis batako yang digunakan.

Meski tergolong cukup kuat, penggunaan batako umumnya hanya dipergunakan sebagai dinding non struktural yang tidak menanggung beban berat.

Menurut SNI-03-0349-1989, syarat mutu bata beton (batako) sebagai berikut:

- a. Pandangan Luar

Bidang permukaan tidak cacat, tidak retak, bentuk permukaan bervariasi, rusuk harus siku, sudut rusuk tidak mudah dirapikan dengan tangan.

- b. Syarat Fisis

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan dinding. syarat – syarat fisis harus sesuai dengan tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Syarat Fisis Batako (SNI-03-0349-1989)

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Batako Pejal				Tingkat Mutu Batako Berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata min.	Kg/m ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	Kg/m ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimal	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Dari SNI-03-0349-1989, batako (bata beton) dapat dibedakan berdasarkan tingkat mutunya, yaitu:

- 1). Tingkat mutu I, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap).
- 2). Tingkat mutu II, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (dibawah atap).
- 3). Tingkat mutu III, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yangselalu terlindung dari hujan dan terik matahari, teteapi permukaan dinding dari bata beton boleh tidak di plester (dibawah atap).
- 4). Tingkat mutu IV, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (harus diplester dan dibawah atap)

c. Ukuran dan Toleransi

Ukuran bata beton harus sesuai dengan Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Ukuran dan Toleransi (SNI-03-0349-1989)

Jenis Batako	Ukuran nominal ± toleransi (mm)		
	Panjang	Lebar	Tebal
Besar	400 ± 3	200 ± 3	100 ± 2
Sedang	300 ± 3	150 ± 3	100 ± 2
Kecil	200 ± 3	100 ± 3	80 ± 2

2.2.1 Keuntungan Menggunakan Batako

Adapun keuntungan dari penggunaan batako adalah sebagai berikut:

- a. Dalam pelaksanaan mudah, karena tidak perlu memerlukan keahlian khusus serta tidak perlu menggunakan alat berat dalam pemasangannya.
- b. Dapat diproduksi secara massal, untuk mendapat mutu yang tinggi dibutuhkan tekanan pada saat percetakan.
- c. Pemeliharaannya mudah dan murah, karena dapat dipasang kembali saat dibongkar jika terjadi kesalahan pada salah satu batako yang rusak.
- d. Tahan terhadap beban vertikal yang disebabkan oleh beban seperti struktur kuda-kuda atap.
- e. Pada saat mengerjakan tidak menimbulkan kebisingan dan gangguan debu.
- f. Mempunyai nilai estetika yang unik terutama jika didesain dengan bentuk dan warna yang indah.

2.2.2 Kerugian Menggunakan Batako

Kekurangan batako sebagai bahan penyusun dinding pada bangunan adalah sebagai berikut:

- a. Waktu membuat batako sebelum memakainya cukup lama karena proses pengerasannya membutuhkan waktu 3 minggu.
- b. Bila diinginkan lebih cepat mengeras perlu ditambah dengan semen, sehingga menambah biaya pembuatan.
- c. Pada pengangkutan resiko terjadinya batako pecah cukup besar, karena

proses pengerasannya cukup lama dan ukurannya cukup besar.

2.3 Limbah

Secara umum, pengertian limbah adalah buangan atau material sisa yang dianggap tidak memiliki nilai yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga). Ada juga yang mengatakan limbah adalah semua material sisa atau buangan yang berasal dari proses teknologi maupun dari proses alam dimana kehadirannya tidak bermanfaat bagi lingkungan dan tidak memiliki nilai ekonomis. Pada dasarnya berbagai jenis limbah dihasilkan oleh kegiatan manusia, baik itu kegiatan industri maupun domestik (rumah tangga) dan berdampak buruk terhadap lingkungan dan juga bagi kesehatan manusia.

Agar lebih memahami apa definisi limbah, maka kita bisa merujuk kepada pendapat beberapa berikut ini:

- a. Limbah adalah sisa atau hasil sampingan dari kegiatan manusia dalam upaya memenuhi kebutuhan. Susilowarno, (2007).
- b. Limbah adalah bahan yang dibuang/terbuang dari hasil aktivitas manusia atau berbagai proses alam, dan tidak memiliki nilai ekonomi, bahkan dapat merugikan manusia. Hieronymus Budi Santoso, (2010).
- c. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga), dimana kehadirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan. Deden Abdurahman, (2008).
- d. Limbah adalah sisa atau sampah dari suatu proses kegiatan manusia yang dapat menjadi bahan polutan di suatu lingkungan (2007).
- e. Limbah adalah semua limbah cair rumah tangga, termasuk air kotor dan

semua limbah industri yang dibuang ke sistem saluran limbah cair, kecuali air hujan atau drainase permukaan (1875).

2.3.1 Jenis Limbah Berdasarkan Wujudnya

a. Limbah Padat

Limbah padat adalah limbah yang bentuknya padat dan berasal dari sisa hasil kegiatan domestik atau aktivitas industri. Contoh-contoh limbah padat, seperti kertas, serbuk besi, kain, plastik, kayu-kayuan, dan serbuk besi. Limbah padat dapat diklasifikasikan menjadi enam bagian, yaitu sampah organik mudah busuk (*garbage*), sampah anorganik dan organik tidak membusuk (*rubbish*), sampah abu (*ashes*), sampah bangkai binatang (*dead animal*), sampah sapuan (*street sweeping*), dan sampah industri (*industrial waste*).

b. Limbah Cair

Limbah cair adalah limbah yang bentuknya cair dan berasal dari sisa-sisa hasil buangan kegiatan domestik atau proses produksi. Limbah cair itu sendiri berupa air yang sudah tercampur atau tersuspensi dengan bahan-bahan buangan hasil dari sisa-sisa produksi. Limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu limbah cair domestik (*domestic wastewater*), limbah cair industri (*industrial wastewater*), rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), dan air hujan (*storm water*).

c. Limbah Gas

Limbah gas adalah limbah yang dimana udara sebagai medianya.. Semakin banyak limbah gas yang naik ke udara, maka kualitas udara semakin menurun. Bahkan, limbah gas yang dibiarkan di udara bisa membuat kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya terganggu. Limbah gas itu

sendiri bisa berasal dari asap kendaraan bermotor, asap kebakaran hutan, asap pabrik, dan lain lain.

2.3.2 Jenis Limbah Berdasarkan Senyawanya

a. Limbah Organik

Limbah organik adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup yang mudah diuraikan secara alami dan mudah membusuk. Contoh-contoh dari limbah organik, seperti dedaunan yang jatuh ke tanah, rumput, sisa-sisa makanan, kulit sayur-sayuran dan buah-buahan, kotoran manusia dan kotoran hewan, dan tulang-tulang hewan.

b. Limbah Anorganik

Limbah anorganik adalah limbah yang berasal dari sisa-sisa aktivitas manusia dan limbah ini sangat susah terurai secara alami dan pembusukan secara alami. Maka dari itu, limbah jenis ini sangat berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Contoh-contoh dari limbah anorganik, seperti sisa sabun cuci baju atau piring, botol minuman bekas, kantong plastik, kaleng-kalengan, kertas, kain, kertas, dan masih banyak lagi.

c. Limbah B3

Jenis limbah berdasarkan senyawanya yang terakhir adalah limbah B3. Istilah “B3” merupakan kepanjangan dari Bahan Berbahaya dan Beracun. Dari namanya saja, limbah ini sudah bisa mengancam dan membahayakan lingkungan hidup. Bahkan, kesehatan manusia juga sangat terancam dengan adanya limbah B3. Limbah B3 menjadi berbahaya karena di dalam limbahnya terdapat senyawa-senyawa yang sulit untuk diurai dan beracun. Senyawa-senyawa itu berupa logam berat, seperti Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan

Zn. Selain itu, senyawa-senyawa berbahaya ini juga dapat ditemukan pada zat kimia, seperti sianida, fenol, pestisida, sulfida, dan lain-lain.

2.3.3 Karakteristik Limbah

Limbah memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan dengan benda lainnya. Adapun beberapa karakteristik limbah adalah sebagai berikut:

- a. Berukuran mikro, limbah ini memiliki ukuran kecil atau partikel-partikel kecil yang masih dapat dilihat oleh mata manusia.
- b. Bersifat dinamis, limbah ini selalu bergerak sesuai dengan lingkungan sekitarnya. Misalnya, ketika limbah masuk ke sungai maka limbah tersebut akan mengikuti arah aliran sungai tersebut.
- c. Penyebabnya berdampak luas, dampak yang ditimbulkan limbah pada lingkungan dan manusia efeknya beragam. Ketika kontaminasi limbah sudah berat akan menyebabkan kerusakan bagi lingkungan dan manusia.
- d. Berdampak jangka panjang, limbah dapat menimbulkan dampak yang cukup lama di wilayah yang terkontaminasi. Sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengembalikan kondisi wilayah tersebut.

2.3.4 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 et al., 2020). 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).

Jenis-jenis styrofoam atau gabus yang tersedia :

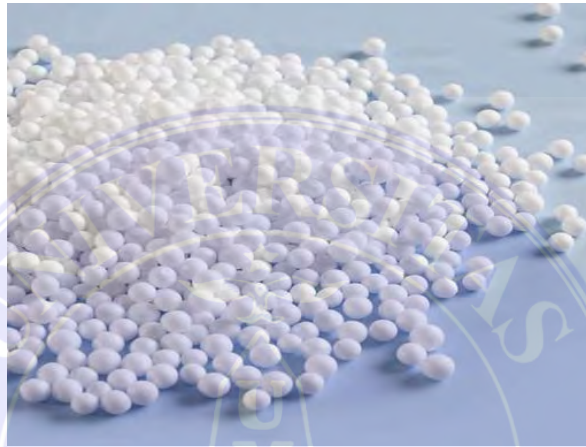
- Styrofoam Pipa.
- Styrofoam Board.
- Styrofoam Box.
- Styrofoam Butiran.

Styrofoam di Indonesia populer digunakan sebagai wadah pembungkus makanan. Hal ini disebabkan karena bahannya yang praktis dan cukup kuat. Selain itu, terdapat karakteristik lain yang menjadikannya sebagai salah satu pilihan utama dalam pembungkus makanan, yaitu (Sumarni et al., 2013 & Abdulhalim et al., 2015):

- a. fleksibel,
- b. dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain,
- c. mempunyai berat jenis yang relatif ringan,
- d. tahan terhadap asam basa dan zat korosif lainnya,
- e. mampu menahan panas hingga titik leleh 1020-1060 C

Styrofoam adalah jenis sampah yang tak mudah terurai di tanah. Meski menjadi musuh bagi lingkungan, styrofoam tidak bisa lepas dari kehidupan manusia. Sampah styrofoam ini masih bisa dipakai sebagai bahan baku batako yang sudah pasti ramah lingkungan. Batako styrofoam memiliki ciri fisik hampir sama dengan ukuran bata merah. Namun, batako dari hasil limbah styrofoam ini memiliki keunggulan dibanding dengan bata merah. Selain lebih mudah dalam pemasangan, menurut Marzuki, batako styrofoam mampu meredam suara

sehingga sangat cocok digunakan pada bangunan untuk studio band. "Ini karena kandungan serat pada styrofoam sebagai bahan baku batako cukup tinggi," kata Marzuki. Sifat styrofoam yang mengikat akan membuat batako kuat. "Cocok untuk daerah rawan gempa dan bangunan yang tinggi," papar Marzuki. Bobotnya yang ringan menjadikan pemasangan batako ini juga lebih cepat.



Gambar 5. Jenis Styrofoam Yang Diuji (Marzuki, 2016)

2.4 Material Pembuatan Batako

Kualitas dan mutu batako ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan batako yang berkualitas pula. Material yang akan digunakan dalam pembuatan batako pada penelitian ini semen, pasir, dan bahan tambahan limbah styrofoam.

2.4.1 Portland Cement

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan sifat kohesif yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material) yang dipakai bersama dengan batu kerikil, pasir dan air. Portland semen merupakan bahan utama atau komponen beton terpenting yang berfungsi sebagai bahan pengikat anorganik

dengan bantuan air dan mengeras secara hidrolis. Sifat kimia yang perlu mendapat perhatian adalah kesegaran semen itu sendiri. Semakin sedikit kehilangan berat berarti semakin baik kesegaran semen. Dalam keadaan normal kehilangan berat sekitar 2% dan maksimum kehilangan yang diijinkan 3%. Kehilangan berat terjadi karena adanya kelembaban dan karbondioksida dalam bentuk kapur bebas atau magnesium yang menguap. Semen yang digunakan yaitu portland cement salah satu bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Pentingnya penggunaan semen dalam kemudahan pengerjaan (kuat tekan) karena material semen dalam beton sangat penting dikarenakan semen sebagai bahan pengikat dalam pembuatan beton. Semen merupakan abu halus seperti tepung yang dapat mengeras jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika juka dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan membentuk adukan yang disebut mortal, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan membentuk adukan yang biasa disebut beton semen dan air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif berfungsi sebagai pengisi (Wahyudi & Bambang Edison, S.Pd, MT dan Anton Ariyanto, 2003). Perubahan bentuk benda cair menjadi benda padat terjadi akibat proses hidrasi yang terjadi pada semen. Reaksi hidraulis semen adalah cepat pada awalnya, kemudian semakin lambat. Semen bila dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang plastis dan lecah (*workable*). Semen hidraulis ini tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras atau membentuk benda padat. Karena beton terbuat dari agregat yang diikat bersama oleh pasta semen yang mengeras maka kualitas semen sangat mempengaruhi kualitas beton. Pasta semen halnya seperti lem, jika lem semakin

tebal, maka tentu semakin kuat. Namun jika terlalu tebal juga tidak menjamin perekatan yang baik.

Semen di bagi menjadi lima bagian menurut jenis pengerjaannya, diantaranya yaitu:

Tabel 3. Pembagian semen menurut pengerjaannya (PT. Wijaya Karya, 2005)

Type PC	Syarat Penggunaan	Pemakaian
I	Kondisi biasa, tidak memerlukan persyaratan khusus.	Perkerasan jalan, gedung, jembatan biasa dan konstruksi tanpa serangan sulfat.
II	Serangan sulfat konsentrasi sedang.	Bangunan tepi laut, dam, bendungan, irigasi dan beton massa.
III	Kekuatan awal tinggi.	Jembatan dan pondasi dengan beban berat.
IV	Panas hidrasi rendah.	Pengecoran yang menuntut panas hidrasi rendah dan diperlukan setting time yang lama.
V	Ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.	Bangunan dalam lingkungan asam, tangki bahan kimia dan pipa bawah tanah.

Sumber : Alprida Ginting 2019

Ada empat senyawa kimia yang utama dari semen Portland antara lain Trikalsium Silikat (C3S), Dikalsium Silikat (C2S), Trikalsium Aluminat (C3A), Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF). Berikut perkiraan komposisi berbagai tipe standar semen Portland.

Tabel 4. Komposisi tipe standar semen portland (PT. Wijaya Karya, 2005)

Type	Tricalcium Silicate (C3S) %	Dicalcium Silicate (C2S) %	Tricalcium Aluminate (C3A) %	Tetracalcium Aluminoferrite (C4AF) %	Air Permeability Specific surface

					m ² /kg
I	42-65	10-30	0-17	6-18	300-400
II	35-60	15-35	0-8	6-18	280-380
III	45-70	10-30	0-15	6-18	450-600
IV	20-30	50-55	3-6	8-15	280-320
V	40-60	15-40	0-5	10-18	290-350

Sumber : Alprida 2019

C3S (alite) dan C2S (balite) adalah senyawa yang memiliki sifat perekat. C3A adalah senyawa yang paling reaktif. C4AF dan lainnya (dari oksida alumina dan besi) berfungsi sebagai katalisator (*fluxing agents*) yang menurunkan temperatur pembakaran dalam kiln untuk pembentukan kalsium silikat. Proses pembakaran di dalam kiln disebut klinkering. Kiln berbentuk silinder baja dilapisi bata tahan api (*refractory brick*) yang sedikit dimiringkan, diputar pada 60-200 putaran perjam. Semen disimpan harus ditempat yang benar-benar kering. Udara yang lembab dapat juga menyebabkan semen menjadi kaku seperti halnya semen yang bercampur dengan air. Jika semen di simpan di tempat yang benar-benar kedap udara atau terhindar dari udara yang lembab maka semen dapat bertahan untuk waktu yang lama.



Gambar 6. Semen Portland (Penelitian,2023)

Berikut merupakan jenis-jenis semen portland sesuai dengan kegunaannya (Lamudi):

a. Semen Portland Tipe I

Jenis semen portland tipe I ini merupakan jenis semen yang paling banyak digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Karakteristik semen portland tipe I ini cocok digunakan dilokasi pembangunan dikawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah. Kegunaan semen portland tipe I diantaranya; konstruksi bangunan untuk rumah pemukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya.

b. Semen Portland Tipe II

Jenis semen portland tipe II ini dapat ditemukan ditempat yang kondisi letak geografisnya memiliki perbedaan kadar asam sulfat dalam air, tanah, dan juga tingkat hidrasinya. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Karakteristik semen portland tipe II yaitu, tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang. Kegunaan Semen Portland 22 Tipe II; pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi dan bendungan.

c. Semen Portland Tipe III

Jenis semen portland tipe III ini harus memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik semen portland type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Syarat ketahanannya harus menyamai kekuatan beton umur 28 hari seperti beton yang menggunakan Semen Portland Tipe I. Kegunaan semen portland tipe III; digunakan untuk pembuatan bangunan

tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat.

d. Semen Portland Tipe IV

Jenis semen portland tipe IV ini, fase pengerasannya harus diminimalkan agar tidak terjadi keretakan. Karakteristik semen portland tipe IV ini, adalah salah satu jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Kegunaan semen portland tipe IV; biasanya digunakan untuk lapangan udara.

e. Semen Portland Tipe V

Jenis semen portland tipe V ini, dirancang untuk memenuhi kebutuhan diwilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Karakteristik semen portland tipe V, yaitu harus membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam. Kegunaan semen portland tipe V; yaitu hanya berlaku pada jenis bangunan diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butirbutir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak atau padat dan untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Tabel 5. Tabel Susunan Unsur-Unsur Semen (Rulli Ranastra Irawan, 2013)

Oksida	Semen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO ₂	17 -25
Alumina, Al ₂ O ₃	3.0 - 8.0
Besi, Fe ₂ O ₃	0.5 – 6

Magnesia, MgO	0.5 – 4
Sulfur, SO ₃	1.0 - 2.0
Soda / Potash Na ₂ O + K ₂	0.5 – 6

Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yaitu ikatan dan sifat pengerasan semen adalah (Astanto, 2001):

1. Berukuran Trikalsium silikat (C 3 S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
2. Dikalsium silikat (C 2 S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
3. Trikalsium aluminat (C 3 A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah (Tjokrodimulyo, 1992):

- a. Kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan makin cepat waktu pengikatannya.
- b. Jumlah air, pengikatan semen akan makin cepat bila jumlah air berkurang.
- c. Temperatur, waktu pengikatan akan makin cepat bila suhu udara di sekelilingnya semakin kecil.
- d. Penambahan zat kimia tertentu.

Agar semen tetap memenuhi syarat meskipun disimpan dalam waktu lama, cara penyimpanan semen perlu diperhatikan. Berikut ini beberapa cara

penyimpanan semen yang benar menurut Mulyono (2005):

- a. Semen harus terbebas dari bahan kotoran dari luar.
- b. Semen dalam kantong harus disimpan dalam gudang tertutup.
- c. Semen harus terhindar dari basah dan lembab. Tidak tercampur bahan lain.
- d. Urutan penyimpanan harus diatur sehingga semen yang lebih dahulu masuk gudang terpakai lebih dahulu.
- e. Semen curah harus disimpan di dalam silo yang terbuat dari baja atau beton.
- f. Semen yang disimpan terlalu lama, perlu dibuktikan dahulu bahwa semen tersebut memenuhi syarat sebelum di pakai.
- g. Tinggi maksimum penimbunan zak semen adalah 2 m atau sekitar 10 zak.
- h. Jarak antara bidang dinding dan semen sekitar 50 cm, sedangkan jarak antara lantai dan semen sekitar 30 cm.

2.4.2 Pasir (Agregat Halus)

Pasir atau agregat halus adalah agregat langsung dari alam yang berupa butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar 0,07-5 mm. Pasir merupakan hasil penghancuran oleh alam dari batuan induknya, dan terdapat dekat atau sering kali jauh dari asalnya karena terbawa oleh arus air atau angin, dan mengendap di suatu tempat. Pasir yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari sungai atau dari galian tambang (*quarry*). Agregat yang berasal dari tanah galian, yaitu tanah dibuka lapisan penutupnya (*pre-striping*), biasanya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada khusus tertentu,

agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pasir adalah bahan butiran batuan halus yang berukuran 0,14 – 5 mm, didapat dari hasil desintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau dengan memecah (*artificial sand*). Pasir biasanya diperoleh dari penggalian didasar sungai, pasir sangat cocok digunakan untuk pembuatan bata konstruksi. Pasir terbentuk ketika batu-batu dibawa arus sungai dari sumber air sampai ke muara sungai. Pasir dan kerikil dapat juga digali dari laut asalkan proses pengotoran serta garam-garamnya (*khlorida*) dibersihkan dan kulit kerang disisihkan. Sebagai bahan adukan, baik untuk spesi maupun beton, maka agregat halus harus diperiksa dilapangan.



Gambar 7. Pasir (Mulyono, 2005)

Adapun beberapa jenis pasir berdasarkan asal dan sifatnya:

a. Pasir Gunung

Pasir gunung biasa ditemukan di daerah-daerah yang terletak agak tinggi.

b. Pasir Sungai

Pasir jenis ini mempunyai butiran yang tidak merata. Pasir ini sangat baik untuk bahan utama pembuatan mortar (adukan) karena unsur-unsur

pengikatnya dapat mencekal dengan baik pada permukaan kasar butiran tersebut.

c. Pasir Laut

Pasir jenis ini banyak mengandung kapur karena sebagian besar masih tersisa kulit kerang. Pasir Gunungan Tepi Pantai Pasir ini sama dengan pasir laut karena banyak mengandung kapur. Pasir gunungan tepi pantai adalah pasir yang terbawa angin.

d. Pasir Perak

Pasir ini biasa disebut dengan pasir kilapan. Pasir kilapan ini banyak digunakan sebagai penghias pada dinding dan langit-langit.

e. Pasir Lembek

Pasir lembek merupakan pasir halus dengan butiran bulat, sedikit mengandung tanah liat, dan banyak mengandung lumpur serta mengandung air.

f. Pasir Timah

Pasir jenis ini merupakan pasir yang dihanyutkan oleh air hujan dan biasanya berwarna abu-abu timah.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SK SNI – S – 04 –1989 –F ; 28), ada beberapa persyaratan penting untuk pasir yang digunakan pada bahan bangunan yaitu:

a. Pasir halus sebaiknya terdiri dari butiran dengan tekstur tajam dan keras.

Agregat Indeks kekerasan untuk jenis pasir ini adalah $<2,27$

b. Bila pasir digunakan dengan Natrium Sulfat maka bagian yang hancur

- maksimal 12 persen.
- c. Bila pasir digunakan dengan Magnesium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal 10 persen.
 - d. Standar pasir tidak boleh memiliki kandungan lumpur lebih dari 5 persen, maka harus dicuci terlebih dulu.
 - e. Tidak boleh terdapat terlalu banyak kandungan bahan organis didalam Pasir,Sebelumnya pasir harus melalui percobaan warna Abrans-Harder menggunakan larutan jenuh NaOH 3 %.
 - f. Untuk susunan jenis pasir butir besar harus memiliki kehalusan modulus 1,5 hingga 3,8. Pasir juga terdiri dari butir-butir yang berbeda.
 - g. Pasir harus memiliki reaksi alkali negatif untuk membuat beton dengan keawetan tingkat tinggi.
 - h. Pasir dari laut tidak diperbolehkan untuk agregat pasir halus untuk betol bermutu. Kecuali terdapat petunjuk khusus dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang sudah diakui.
 - i. Pasir agregat halus yang akan digunakan untuk spesi terapan serta plasteran harus memenuhi persyaratan dari pasangan terlebih dahulu. Seperti yang diungkap dalam penjelasan diatas.

Hal-hal yang dapat dilakukan dalam pemeriksaan agregat halus dilapangan adalah:

- a). Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca.

- b). Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- c). Agregat yang berasal dari laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua adukan spesi dan beton. Adapun distribusi butiran agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, seperti terlihat pada tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Gradasi Pasir (Tjokrodinuljo,2012)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	85 – 100	85 - 100	95 – 100
1.2	30 – 70	75 – 100	75 - 100	90 – 100
0.6	15 – 34	60 – 79	60 – 79	80 – 100
0.3	5.0 – 20	12 – 40	12 - 40	15 – 50
1.1	5 0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Keterangan :

1. Daerah I : Pasir kasar
2. Daerah II : Pasir agak kasar
3. Daerah III : Pasir agak halus
4. Daerah IV : Pasir halus

Sebagai bahan adukan, agregat halus harus memenuhi persyaratan umum, sebagai campuran beton. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras. Butiran agregat halus bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Bentuk tajam dibutuhkan agar agregat saling mengunci dengan baik dalam adukan beton. Namun bentuk tajam dari agregat dapat menimbulkan gesekan yang besar yang akan mengurangi mobilitas atau sifat mudah gerak dari adukan beton.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian-bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci terlebih dahulu.
- d. Agregat halus tidak mengandung bahan organik terlalu banyak.
- e. Terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan melewati saringan 4,75 mm dan tertahan pada saringan no. 200 (0,075 mm).

2.4.3 Air (*Water*)

Dalam pembuatan beton, air memiliki peran yang sangat penting. Air digunakan untuk bereaksi secara kimiawi dengan semen. Air dipergunakan pada pembuatan batako agar terjadi proses kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dimaksud adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas batako. Persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan

adalah air untuk pembuatan dan perawatan batako tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat menyebabkan penurunan kualitas batako yang dihasilkan dan juga akan mengubah sifat-sifat batako yang dibuat.

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang mengandung senyawa berbahaya yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya. Apabila air yang mengandung senyawa berbahaya dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan.

Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang ditinjau, tetapi hanya perbandingan antara air dengan semen saja atau biasa disebut faktor air semen (water cement ratio). Pujianto (2010) menyatakan, pada beton mutu tinggi, pengertian faktor air semen bisa diartikan sebagai water to cementitious ratio, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif cementitious, yang umumnya ditambahkan pada campuran batako mutu tinggi. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang sedikit akan menyebabkan proses hidrasi seluruhnya tidak akan tercapai. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan (workability) campuran batako sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipakai. Untuk suatu perbandingan campuran batako tertentu diperlukan jumlah air yang tertentu pula. Jumlah air yang berlebihan akan mengakibatkan kekuatan batako berkurang. Disini tidak dipakai patokan angka karena nilai faktor air semen sangat

tergantung dengan campuran penyusunnya. Nilai faktor air semen diasumsikan berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah dikerjakan.

Air yang umumnya dapat digunakan untuk beton adalah air yang dapat diminum (Tri Mulyono, 2003). Tetapi tidak semua air dapat memenuhi syarat tersebut karena 20 mengandung berbagai macam unsur yang dapat merugikan. SK SNI S-04-1989-F mensyaratkan air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak paving blok (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan bata beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan bata beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas tidak boleh mengandung klorida lebih dari 500 ppm.

2.5 Metode Pengujian Batako

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tekan (Compression Test). Pengujian tekan adalah salah satu pengujian mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap daya tekan. Pengujian tekan tergolong pada jenis pengujian yang merusak dimana gaya luar yang diberikan atau penekanan segaris dengan sumbu spesimen. Pengujian tekan ini bertujuan untuk mencari sifat mekanik dan beban tekan maksimum yang dapat di terima.

Kuat tekan beton adalah perbandingan tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan mesin tekan. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh peraturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, serta berbagai jenis campuran beton

Pada umumnya uji tekan ini digunakan pada spesimen/benda yang bersifat getas, karena alat uji tekan ini memiliki titik hancur yang terlihat jelas disaat melakukan pengujian. Keragaman fungsi dan dimensional uji tekan ini menjadikan beragam-ragam syarat mekanis yang perlu dipenuhi, karena akan beragam pula gaya dan arah gaya yang akan diuji kekuatan benda tersebut. Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(KT) = \frac{P}{A} \quad 2.1$$

Keterangan :

- P : Beban tekan,
 A : Luas bidang tekan,
 KT : Kuat tekan

Kuat tekan rata-rata dari contoh bata beton dapat dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji. Uji tekan ini memiliki alat yang canggih, berat dan tenaga yang kuat serta kualitas dan kinerja yang menjanjikan untuk para pengguna alat uji tekan tersebut. Sebesar apapun benda yang akan diuji kekuatannya dengan alat uji tekan ini kita bisa mengetahui kekuatan benda tersebut.

Uji tekan akan memberikan hasil pengukuran kekuatan benda tersebut mengenai besar pengukuran yang diuji terhadap bahan yang akan diuji sehingga standarisasi yang diinginkan akan tercapai sempurna. Sebesar apa benda yang akan diuji maka akan distabilkan juga dengan alat uji tekan sehingga memberikan hasil dan kinerja yang baik dan hasilnya lebih akurat.

Beberapa sifat pengerjaan ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan ataupun kesulitan adukan untuk diaduk, diangkat, dituang dan dipecahkan, adalah sebagai berikut:

1. Atur jumlah air pencampur.

Semakin banyak air yang akan digunakan dalam pencampuran maka semakin mudah bahan-bahannya tercampur. (namun jumlahnya harus tetap diperhatikan agar tidak terjadi segregasi).

2. Jumlah kandungan semen.

Dalam penambahan semen ke dalam campuran harus diperhatikan agar memudahkan adukannya tercampur. Sebab penambahannya akan diikuti dengan penambahan air guna untuk mencapai nilai f.a.s (faktor air semen).

3. Gradasi campuran pasir dan material tambahan lainnya

Bila campuran pasir serta agregat lainnya mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukannyapun akan mudah. Gradasi itu sendiri adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil persentase berat yang lolos pada saringan.

2.5.1 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990 pengertian kuat tekan beton artinya besarnya beban per satuan luas, yang mengakibatkan benda uji beton hancur Bila dibebani menggunakan gaya tekan tertentu (eksklusif), yg dihasilkan oleh mesin tekan. Jadi dalam proses pengujiannya, benda yg berasal dari beton akan ditekan memakai mesin tekan untuk melihat seberapa jauh kekuatan tekanannya. Ada 3 faktor yg mempengaruhi kuat Tekan Beton dalam proses kekuatan beton yaitu:

1. Sifat dan Proporsi Campuran Beton

Sifat dan proporsi campuran beton menjadi tindakan awal dalam proses pembuatan beton untuk mencapai mutu yang diinginkan. Setiap komponen yang ada dalam campuran beton memiliki peranan penting. Namun ada beberapa sifat dan proporsi yang memiliki pengaruh dominan yaitu rasio air/semen, tipe semen, air campuran, agregat dan bahan tambahan.

2. Kondisi Pemeliharaan

Faktor yang kedua adalah kondisi pemeliharaan yang dilakukan

setelah beton selesai dibuat. Meski menjadi salah satu material terkokoh namun bukan berarti beton tidak membutuhkan pemeliharaan. Faktanya, pemeliharaan secara berkala tetap perlu dilakukan agar beton berada di kondisi yang prima.

3. Faktor Pengujian

Setiap beton akan melalui proses pengujian, Pengujian ini biasa disebut dengan uji kuat tekan beton dan selalu dilakukan agar kita bisa tahu apakah kekuatan beton sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan yang direncanakan. Pengujian ini sendiri biasanya dilakukan pada material beton segar yang berbentuk kubus atau silinder, di mana material beton ini sudah mewakili campuran beton. Waktu ideal untuk melakukan uji kuat tekan beton adalah saat beton berusia 3 hari, 7 hari dan 28 hari dengan minimal pengujian pada 2 beton setiap kali pengujian dilakukan.

2.5.2 Kuat Tekan Mutu Ringan

Pengertian Mutu Ringan Mutu Beton ringan (Lightweight Concrete) adalah beton yang mengandung agregat ringan yang mempunyai berat isi tidak lebih dari 1900 kg/m³ (Mulyono,T., 2003). Beton ringan dibuat dengan menggunakan agregat ringan (keadaan kering dan gembur mempunyai berat 1100 kg/m³ atau kurang) atau dikombinasikan dengan agregat normal sedemikian rupa sehingga dihasilkan beton dengan berat isi yang lebih kecil/lebih ringan dari pada beton normal. Beton ringan digunakan terutama untuk mengurangi berat struktur itu sendiri dan mengurangi sifat penghantaran panasnya Tjokrodinuljo,K (2007),

Beton ringan mempunyai berat jenis kurang dari 1800 kg/m³ sedangkan beton normal mempunyai berat jenis 2400 kg/m³. Beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara kedalam campuran betonnya. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen, dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batu apung.
3. Dengan demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan dari beton normal.
4. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus.

Dengan demikian beton ini dinamakan “beton non pasir” dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butiran agregat kasar sebesar 20-10 mm), mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (semula terisi oleh butir agregat halus). Berdasarkan (ACI 213 R-79 dalam Yanuar, Y., 1997) definisi beton agregat ringan struktural (*Struktural Lightweight Agregat Concrete*) adalah beton dengan kuat tekan minimal pada sampel silinder umur 28 hari sebesar psi (17,24 MPa) dan berat satuan kering udaranya tidak lebih dari 115 pcf (1850 kg/m³).

Menurut Neville (1975), beton ringan dilihat dari berat jenisnya dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

1. Beton ringan dengan berat jenis antara 300-800 kg/m³ yang biasanya dipakai sebagai bahan isolasi.
2. Beton ringan dengan berat jenis antara 800-1400 kg/m³ yang dipakai

untuk struktur ringan.

3. Beton ringan dengan berat jenis antara 1400-2000 kg/m³ yang dapat dipakai untuk struktur sedang. Pemakaian beton ringan menurut Gambhir (1986) dalam bangunan diantaranya untuk:
 - a). Dinding tembok struktural, yaitu dinding tembok yang menahan beban.
 - b). Beton ringan yang dipakai untuk ini tentu saja beton ringan yang mempunyai kuat tekan cukup tinggi.
 - c). Tembok penyekat antar ruang dalam suatu gedung, biasanya berupa panel- panel beton bertulang.
 - d). Dapat dipakai sebagai beton tuang ditempat pada struktur komposit antara plat lantai/atap beton ringan dan balok beton bertulang biasa.
 - e). Sebagai dinding isolasi pada gedung-gedung, terutama pada bangunan perindustrian.

Menurut Murdock,L.J & Brook,K.M (alih bahasa: Stepanus Hendarko, 1999) beton ringan mempunyai berat jenis 1850 kg/m³ , dan penggunaan agregat ringan dapat menghasilkan kekuatan beton lebih besar dari 30 MPa. Pembentukan beton ringan dapat dilakukan dengan membuat rongga udara dalam beton dengan menghilangkan agregat halus, atau pembentukan udara dalam pasta semen dengan menambahkan beberapa bahan yang menyebabkan busa atau kedua cara tersebut dapat dikombinasikan. Beton ringan bukan saja diperhitungkan karena beratnya yang ringan, tetapi juga karena isolasi suhu yang tinggi dibandingkan dengan beton biasa. Umumnya pengurangan kepadatan diikuti dengan kenaikan isolasi

suhu, meskipun terdapat penurunan kekuatan

2.5.3 Kuat Tekan Mutu Tinggi

Pengertian Beton Mutu Tinggi mutu tinggi (High strength concrete) merupakan sebuah tipe beton performa tinggi yang secara umum memiliki kuat tekan 6000 psi (40 MPa) atau lebih. Ukuran kuat tekannya diperoleh dari silinder beton 150–300 mm atau silinder 100-200 mm pada umur 56 atau pun 90 hari, atau pun umur yang telah ditentukan tergantung pada aplikasi yang diinginkan. Produksi *high strength concrete* membutuhkan penelitian dan perhatian yang lebih jauh terhadap kontrol kualitasnya dari pada beton konvensional (Andi Aprizon dan Pramudiyanto, 2008).

Menurut L.J. Parrot (1988) definisi beton mutu tinggi adalah beton yang workable dan memiliki kuat tekan lebih besar dari 70 MPa yang dibuat dengan metode seperti pada beton normal namun menggunakan unsur-unsur terpilih, menurut Edward G. Nawy (1996) adalah beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari 6000 psi atau 42 MPa pada umur 28 hari. Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang memiliki satu atau lebih karakteristik seperti: susut yang kecil, permeabilitas yang rendah, modulus elastisitas yang tinggi atau kuat tekan yang tinggi pada umur 28 hari mencapai $>400 \text{ kg/cm}^2$ ($f'c > 40 \text{ MPa}$) dan disyaratkan kontrol terhadap pemilihan dan design dari material penyusun beton dengan penambahan bahan tambah yang tepat.

Menurut P.Kumar Mehta Paulo & J.M. Monteiro (2006) beton mempunyai kekuatan rendah jika kuat tekannya kurang dari 20 MPa, berkekuatan sedang jika antara 20-40 MPa dan beton berkekuatan tinggi jika mempunyai kuat tekan lebih besar dari 40 MPa. Menurut Tjokrodimuljo, K (2007) jika beton

mempunyai kuat tekan tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik.

Berdasarkan kuat tekannya, beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya beton sederhana mempunyai kuat tekan sampai 10 MPa, beton normal mempunyai kuat tekan antara 15-30 MPa, beton prategang mempunyai kuat tekan 30-40 MPa, beton kuat tekan tinggi mempunyai kuat tekan antara 40-80 MPa dan beton kuat tekan sangat tinggi mempunyai kuat tekan diatas 80 MPa. Kita membutuhkan beton mutu tinggi untuk beberapa alasan yang dapat diberikan di sini, antara lain:

- a. Menghasilkan beton dengan kuat tekan awal yang tinggi dan mempercepat pelaksanaan konstruksi.
- b. Meningkatkan nilai modulus elastisitas dan mengurangi efek rangkak (*creep*).
- c. Secara ekonomi dapat meningkatkan penggunaan *box girder* dan *solid girder bridge* dengan design yang lebih simpel. Menurut L.J. Parrot (1988), kelemahan penggunaan beton mutu tinggi, diantaranya:
 - a). Meningkatkan biaya beton per unit volume.
 - b). Memerlukan kontrol kualitas terhadap beton dan kebutuhan produksi.
 - c). Workability yang kurang baik dan sering kali menurun dengan cepat setelah waktu pencampuran.
 - d). Waktu untuk perkerasan beton sangat cepat

Sifat Beton mutu tinggi (High strength concrete) diantaranya:

1. Kadar Semen Tinggi

Dalam rancangan campuran beton mutu tinggi, umumnya digunakan semen *Potland* tipe I (normal) dan tipe III (kekuatan awal tinggi). Pemakaian jumlah semen yang banyak dapat mencapai kuat tekan yang tinggi, namun dapat memberikan pengaruh pada semakin tingginya susut atau rangkak, sehingga banyaknya semen dibatasi sampai 550 kg/m^3 . Sayangnya hal ini menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya. Umumnya nilai *fas* minimum untuk beton normal sekitar 0,40 dan nilai maksimumnya 0,65. Tujuan pengurangan *fas* ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi.

2. Kualitas agregat halus (pasir).

Tekstur permukaan agregat halus yang bertekstur halus akan lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat permukaan kasar, sehingga dengan semakin sedikitnya air yang dibutuhkan kemungkinan menghasilkan beton yang bermutu tinggi lebih besar jika menggunakan agregat kasar.

3. Kualitas agregat kasar.

Dalam pemilihan agregat kasar, porositas yang rendah merupakan faktor yang sangat menentukan untuk menghasilkan suatu adukan beton yang seragam (mempunyai keteraturan dan keseragaman yang baik pada mutu maupun parameter lain yang dibutuhkan). Akan sangat baik jika akan digunakan untuk beton mutu tinggi, daya serap air tidak lebih dari satu persen.

4. Bahan tambah

Pengurangan kadar air dalam pembuatan beton mutu tinggi menjadi

perhatian penting. Dengan bahan tambah yang dapat mengurangi air sangat tinggi seperti superplasticizer diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan (workability) juga lebih tinggi.

5. Kontrol kualitas.

Kontrol terhadap proses produksi beton pada saat pengambilan sampel, pengujian maupun proses penakaran sampai perawatan. Pengawasan dan pengendalian yang tepat dari keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal akan lebih meningkatkan kualitas mutu beton yang dihasilkan.

Hasil penelitian Larrard (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15 mm. agregat sampai dengan 25 mm masih memungkinkan diperolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya. Menurut Andi Aprizon dan Pramudiyanto untuk menghasilkan beton mutu (high strength concrete) tinggi, isi total dari bahan-bahan perekat umumnya sekitar 700 lb/yd³ (415 kg/m³) lebih dari 1100 lb/yd³ (650 kg/m³) dan pemakaian air akan menurunkan potensial kekuatan secara besar, dan menurut Aitcin mengatakan semakin tinggi kekuatan yang ingin dicapai, maka semakin kecil dan seragam ukuran agregat kasarnya.

2.5.4 Kerangka Berpikir

Batako styrofoam adalah batako yang dibuat dengan menggunakan campuran semen, pasir dan Styrofoam dengan perbandingan tertentu sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dinding panel dan termasuk beton ringan non struktur.

Pembuatan batako styrofoam adalah untuk untuk memanfaatkan kembali limbah styrofoam yang banyak terdapat di lapangan yang selama ini tidak bisa dimusnahkan ataupun didaur ulang. Pemanfaatan ini dimaksudkan agar tidak mengotori lingkungan dan bahkan bisa bernilai komersial. Selain itu pemakaian Styrofoam dapat menjadi alternative untuk mengurangi penggunaan pasir dalam pembuatan batako.

Pada pengujian beton ringan dengan menggunakan 40% pasir silica dan 60% semen dan kadar Styrofoam 3%, 3,5% dan 4% dari berat pasir silica dan semen dihasilkan berat volume masing-masing campuran 819 kg/m³, 746 kg/m³, 707kg/m³ dan kuat tekan masing-masing 1,982 MPa, 1,367 MPa dan 1,218 MPa (Rahman, 2009).

Selanjutnya pada pengujian beton ringan tanpa perendaman dengan menggunakan kadar Styrofoam 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dihasilkan berat volume untuk masing-masing campuran 1951 kg/m³, 1726kg/m³, 1450kg/m³, 1150 kg/m³, 750 kg/m³, 330kg/m³ dan kuat tekan masing-masing 6 MPa, 5 MPa, 4,1 MPa, 2,52 MPa, 0,9 Mpa dan 0,25 MPa (Wijaya, 2005).

Pada pengujian batako styrofoam komposit mortar semen tidak memakai kawat dengan ketebalan mortar semen 0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm dihasilkan berat volume 667,5 kg/m³, 950 kg/m³, 1132,5 kg/m³, 1278,75 kg/m³ dan kuat tekan masing-masing 0,69 MPa, 2,52 MPa, 5,44 MPa dan 7,49 MPa (Wancik, 2008).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan tersebut, perlu dilakukan perubahan pada metode pembuatan benda uji. Perubahan tersebut adalah dengan mengkompositkan campuran Styrofoam yang dicetak dalam bentuk

tabung dan dilapisi mortar semen sehingga membentuk suatu batako kubus. Tujuannya adalah untuk mendapatkan lapisan mortar semen yang lebih tebal dan kuat tekan yang lebih besar.

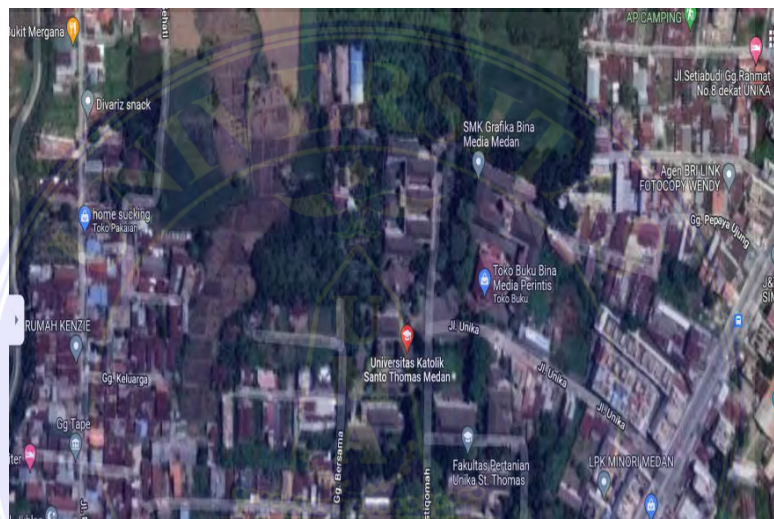


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan, yang beralamat di Jalan Setia Budi, Kampung Tengah, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan.



Gambar 8. Lokasi Penelitian Lokasi Penelitian (Google earth, 2023)

3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan yaitu:

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen Portland merek Semen Andalas

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus diambil dari Panglong Jaya Makmur, Jalan Setia Budi No.8. Tanjung Sari, Kec. Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara

3. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar diambil dari Panglong Jaya Makmur, Jalan Setia Budi

No.8. Tanjung Sari, Kec. Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara

4. Air

Air yang digunakan dari Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan

5. Oli bekas

6. Styrofoam

Jenis batako yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batako semen (*batako press*). Seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 9. Jenis Batako Semen (Penelitian, 2023)

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Pembuatan dan Perawatan Batako

Pada tahap ini dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji di tempat pembuatan batako. Bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan batako ditakar sesuai rencana campuran batako. Semen, pasir, dan styrofoam yang akan digunakan ditakar tersebut dimasukkan dalam molen dan diaduk. Setelah adukan merata, dimasukkan air sedikit demi sedikit. Selanjutnya adukan batako dicetak

menggunakan cetakan dengan ukuran 30x15x10 dan kemudian dipadatkan menggunakan alat penumbuk besi. Batako yang telah dicetak disusun, dikeringkan secara alami. Pelaksanaan Penelitian Batako yang akan dirancang dengan komposisi material tertentu apabila pelaksanaannya tidak dilakukan dengan baik maka kekuatan rencana batako sulit untuk dicapai. Oleh karena itu perlu diperhatikan prosedur pelaksanaan perancangan batako seperti yang diuraikan berikut:

a. Tahap I (Persiapan)

Sebelum penelitian mulai dilakukan, maka bahan dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu.

b. Tahap 2 (Perencanaan Campuran)

Perencanaan campuran (mix design) dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran batako, mulai dari semen, agregat halus dan air. Hasil dari mix design ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun batako yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

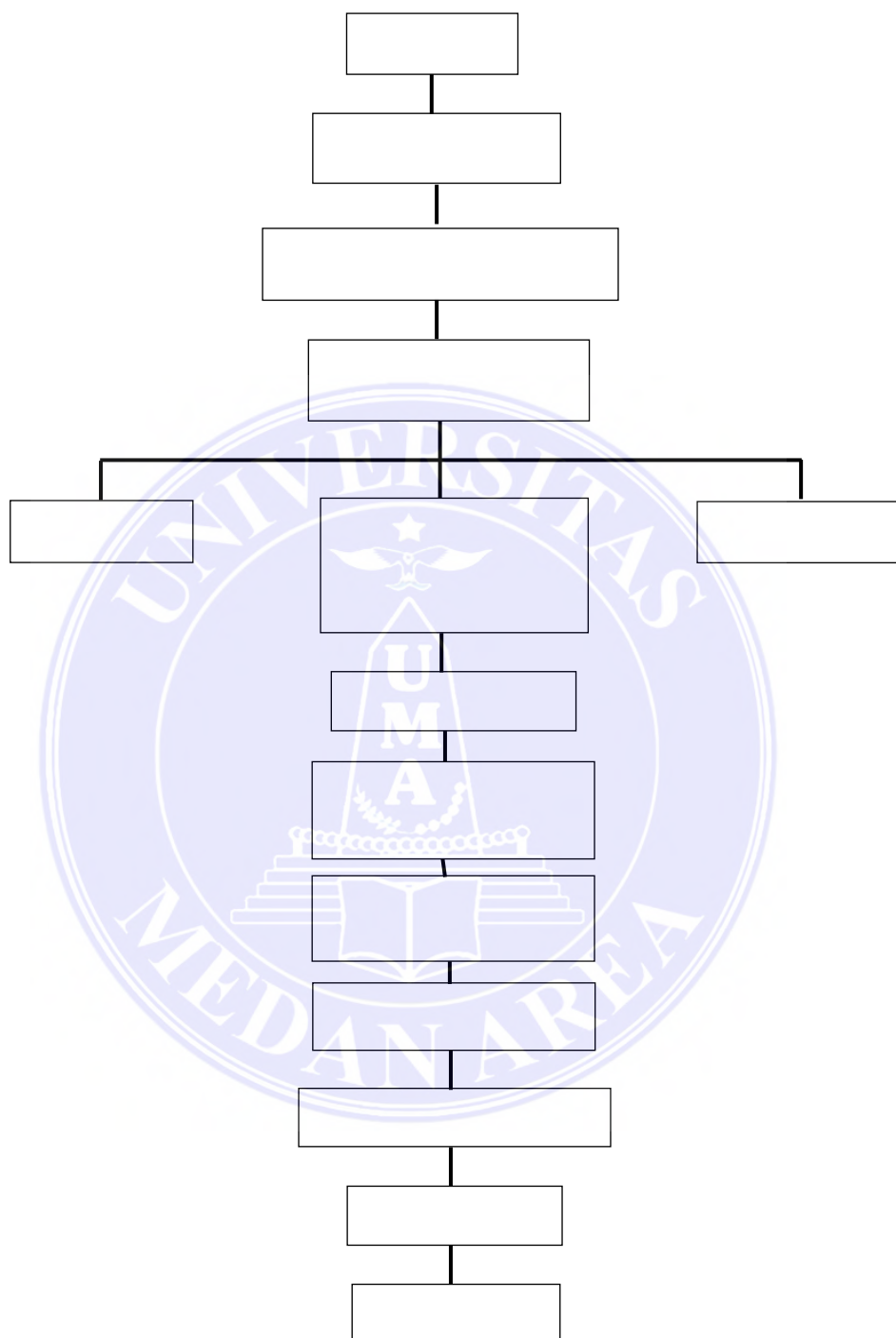
c. Tahap 3 (Pembuatan dan Perawatan Benda Uji)

Pada pembuatan benda uji kali ini menggunakan batako dengan ukuran 30cm x 15cm x 10cm. Jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 15 (lima belas) buah.

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1). Mempersiapkan bahan dan alat – alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji
 - 2). Bahan-bahan yang diperlukan dimasukkan ke dalam wadah adukan
 - 3). Kemudian dilakukan pengadukan bahan-bahan tersebut sampai tercampur rata
 - 4). Setelah tercampur rata diberi air sesuai dengan jumlah yang direncanakan, Penambahan air dilakukan bertahap sedikit demi sedikit,
 - 5). Kemudian adukan batako dimasukkan kedalam cetakan yang sudah diolesi dengan oli agar sampel mudah dilepaskan dari cetakan dan dipadatkan menggunakan penumbuk besi
 - 6). Setelah dipadatkan batako dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan selama 14 hari
- d. Tahap 4 (Uji Kuat Tekan Batako)
- Pada pelaksanaan pengujian ini harus diperhatikan kesiapan dari alat-alat yang akan digunakan dan juga kesiapan dari operator yang akan mengoperasikan alat-alat tersebut agar pelaksanaan pengujian dapat berjalan sesuai dengan rencana. Tahapan ini adalah tahapan terakhir dari penelitian. Dalam tahap ini semua hasil dari analisa dibuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 10. Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis data dan pengujian Pemanfaatan limbah styrofoam sebagai campuran pembuatan batako dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian dimana kuat tekan yang dihasilkan dari batako tanpa campuran limbah styrofoam adalah $100,27 \text{ Kg/cm}^2$, sedangkan hasil dari batako yang dicampur dengan limbah styrofoam mengalami penurunan.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan batako dengan penambahan limbah styrofoam yaitu $10\% = 27,07 \text{ Kg/cm}^2$, $30\% = 21,87 \text{ Kg/cm}^2$ Batako dengan campuran limbah styrofoam mengalami penurunan kuat tekan tetapi masih termasuk mutu yang baik dan layak digunakan.
3. Penggunaan limbah styrofoam sebagai bahan pengganti semen terbilang efektif walaupun bukan tergolong dalam mutu tinggi

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini pemadatan dilakukan secara manual, untuk pemadatan benda uji selanjutnya disarankan dengan menggunakan mesin press agar batako yang menjadi lebih padat.
2. Pada saat pembuatan benda uji agar dibuat sesimetris mungkin agar didapat data pengujian yang valid.
3. Pada penelitian selanjutnya agar menambah durasi pengeringan batako untuk mengetahui apakah kekuatan batako akan bertambah apabila durasi pengeringannya semakin lama

4. Pada penelitian selanjutnya diusulkan menggunakan persen limbah sedikit saja



DAFTAR PUSTAKA

- Standart Nasional Indonesia, 1990, SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.
- Standart Nasional Indonesia, 2000, SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- TI Putra, N Setyowati, E Aprianto. 2019. Identifikasi dan Pengelolaan Limbah.
- Tjokrodinuljo, K., 1992, Bahan Bangunan Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004, SNI 15-7064-2004. Semen Portland Komposit.
- Standart Nasioal Indonesia, 1989, SNI 03-034-1989 : Bata Beton Untuk Pasangan Dinding.
- Standart Nasioal Indonesia, 2002, SNI 03-6861.1-2002 : Bahan Bangunan Bukan Logam.
- Standart Nasional Indonesia, 2002, SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton.
- Direktorat Pendayagunaan dan Pengamanan Sumber Daya Air. 1998. Pedoman Pengalokasian Air. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung
- Lea., Peter C Hewlett (ed), *Chemistry of Cement and Concrete, four edition*, London: *Butterworth-Heinemann*, 2001

LAMPIRAN











