

**PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BATA MERAH
SEBAGAI BAHAN CAMPURAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK BATAKO**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Strata 1 (S1) Pada
Program Studi Rekayasa Sipil Fakultas Teknik



Oleh :

DEDI IRAWAN
41511A0065

**PROGRAM STUDI REKAYASA SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

2020

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

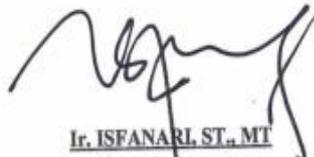
**PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI
BAHAN CAMPURAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BATAKO**

NAMA : DEDI IRAWAN

NIM : 41511A0065

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing :

1. Pembimbing Utama,



Ir. ISFANARL ST., MT
NIDN. 0830086701

2. Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. HARIYADI ST., M.Sc (Eng)
NIDN. 0027107301

Mengetahui,

DEKAN FAKULTAS TEKNIK



Ir. ISFANARL ST., MT
NIDN. 0830086701

KETUA PRODI REKAYASA SIPIL



TITIK WAHYUNINGSIH ST., MT
NIDN. 0819097401

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

2020

SKRIPSI
PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI BAHAN
CAMPURAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BATAKO

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

DEDI IRAWAN
NIM.41511A0065

Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada tanggal : 03 Februari 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

1. Penguji 1 Nama : Ir. Isfanari, ST.,MT.

2. Penguji 2 Nama : Dr. Eng. Hariyadi, ST.,M.Sc (Eng) (.....)

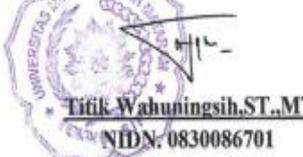
3. Penguji 3 Nama : Agustini Ernawati, ST.,M.Tech (.....)

Mengetahui

Dekan
Fakultas Teknik


Ir. Isfanari, ST., MT
NIDN: 0819097401

Ketua Program studi
Rekayasa Sipil


Titik Wahuningsih, ST., MT
NIDN: 0830086701

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK
2020

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya mahasiswa Program Studi Bahasa dan Sastra Indonesia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram menyatakan bahwa:

Nama : Dedi Irawan
NIM : 41511A0065
Alamat : Pegasangan Indah

Memang benar skripsi yang berjudul Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Bahan Campuran Terhadap Sifat Mekanik Batako adalah asli karya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik di tempat manapun.

Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian sendiri tanpa bantuan pihak lain. Kecuali arahan bimbingan, jika terdapat karya atau pendapat orang lain yang telah dipublikasikan, memang diacu sebagai sumber dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Jika kemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar saya siap mempertanggungjawabkan termasuk bersedia meninggalkan keserjanaan yang diperoleh.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan tampak tekanan dari pihak manapun.

Mataram, Pebruari 2020

Yang Membuat Pernyataan



Dedi Irawan
NIM 41511A0065

MOTTO

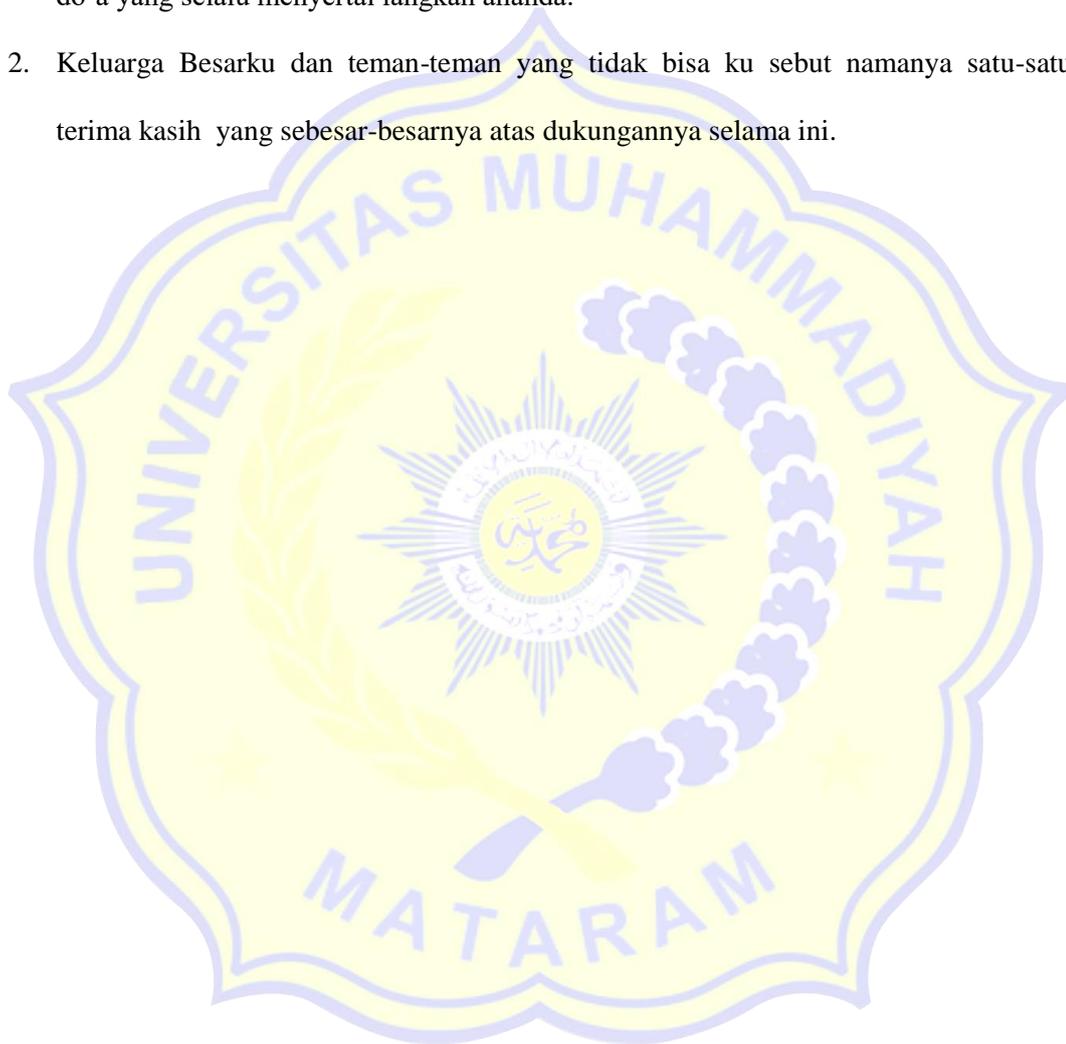
Janganlah kamu tinggalkan generasi yang lemah di belakang kamu, karena kemiskinan (generasi lemah) lebih dekat dengan kekufuran.



PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk :

1. Ibunda dan ayahanda tercinta, yang telah mengorbankan moril dan material, demi membiayai sekolah ananda. Terima kasih yang tiada terhingga atas kasih sayang dan do'a yang selalu menyertai langkah ananda.
2. Keluarga Besarku dan teman-teman yang tidak bisa ku sebut namanya satu-satu terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungannya selama ini.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis hantarkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan taufik serta hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul **“Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Bahan Campuran Terhadap Sifat Mekanik Batako”** ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Rekayasa Sipil Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. H. Arsad Gani, M.Pd., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram
2. Bapak Ir. Isfanari, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram dan selaku dosen pembimbing pertama.
3. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
4. Bapak Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)., selaku dosen pembimbing kedua
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah membekali ilmu pengetahuan selama kuliah
6. Kedua orang tua saya yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan agar segera menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Dan semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang turut berpartisipasi dalam proses penyusunan skripsi ini.

Dengan segala bantuannya semoga Allah SWT membalas semua kebaikannya, akhirnya kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan masyarakat khususnya mahasiswa.

Mataram,

2020

Penulis

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI BAHAN CAMPURAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BATAKO

ABSTRAK

Penggunaan material penyusun utama Batako seperti pada umumnya menggunakan semen dan pasir, namun masih relatif mahal. Untuk itu, peneliti mencoba menggunakan bahan limbah Bata Merah sebagai agregat tambahan penyusun bata beton (batako). Limbah bata merah yang akan digunakan adalah limbah bata yang berasal dari reruntuhan bangunan pasca gempa bumi yang terjadi di NTB tahun 2018 lalu. Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana sifat mekanis dari batako dengan adanya bahan tambahan campuran limbah bata merah, dilihat dari nilai kuat tekan, kuat tarik belah, daya serap terhadap air, dan densitas atau kerapatan semu.

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Mataram yang kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah di Laboratorium Struktur dan Bahan. Universitas Muhammadiyah Mataram. Metode pengujian benda uji, meliputi pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah, uji daya serap air, dan uji densitas.

Dari hasil penelitian yang telah saya lakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: Pengujian terhadap kuat tekan batako untuk variasi penambahan limbah bata merah 30% mempunyai nilai kuat tekan $81,2 \text{ kg/cm}^2$ lebih besar dari pada kuat tekan untuk variasi bahan tambah penambahan limbah bata merah 0%; 15%, 45%, dan 60%. Pengujian terhadap kuat tarik belah batako untuk variasi penambahan limbah bata merah 30% mempunyai nilai kuat tekan $2,72 \text{ kg/cm}^2$ lebih besar dari pada kuat tarik belah untuk variasi bahan tambah penambahan limbah bata merah 0%; 15%, 45%, dan 60%. Semakin besar penambahan limbah bata merah, maka daya serap air semakin tinggi tetapi untuk variasi 0%, 15, dan 30% telah memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002. Semakin besar penambahan limbah bata merah, maka densitas semakin menurun tetapi untuk semua variasi campuran 0-60% telah memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002.

Kata kunci: *Batako, Limbah Bata Merah, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Daya Serap Air, dan Densitas.*

THE EFFECT OF UTILIZATION OF RED BRICK WASTE AS MIXED MATERIAL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE BRICK

ABSTRACT

The main building blocks of brick material generally use cement and sand, although the price of these materials is still relatively expensive. For this reason, the researchers tried to use the red brick waste material as an additional aggregate for the construction of concrete bricks. Red brick waste that will be used is brick waste originating from the ruins of buildings after the earthquake that occurred in NTB in 2018 ago. Based on the above background, the formulation of the problem in this study is how the mechanical properties of the brick with the addition of a mixture of red brick waste, seen from the compressive strength, split tensile strength, water absorption, and apparent density or density.

This research was conducted at the Muhammadiyah University, which was then tested for compressive strength and tensile strength in the Structure and Materials Laboratory. Test specimens, including compressive strength testing, split tensile strength testing, water absorption test, and density test.

From the results of the research that has been done by the researcher, some conclusions can be drawn as follows: The testing on the compressive strength of the brick for variations in the addition of red brick waste 30% has a compressive strength value of 81.2 kg / cm² greater than the compressive strength for variations in the added ingredients of red brick waste 0%; 15%, 45% and 60%. The testing on the tensile strength of the brick block for variations in the addition of red brick waste 30% has a compressive strength value of 2.72 kg / cm² greater than the tensile strength for the variation of added ingredients adding red brick waste 0%; 15%, 45% and 60%. The bigger the addition of red brick waste, then the water absorption is higher but for variations of 0%, 15, and 30%, it has fulfilled the requirements of SNI 03-6861.1-2002. The bigger the addition of red brick waste, then the density decreases but for all variations of the mixture 0-60% meets the requirements of SNI 03-6861.1-2002.

Keywords: *Brick, Red Brick Waste, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Water Absorption, and Density.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAM PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTO	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Rumusan Masalah	3
1.2. Batasan Maslah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 . Batako	6
2.1.2 . Limbah	8
2.1.3 . Bahan Susun Batako	15
2.1.4 . Kemudaha Dalam Pengerjaan (<i>workability</i>).....	21
2.1.5 . Metode Pengujian Batako.....	22
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Persiapan Penelitian	25
3.3 Pemeriksaan Bahan Susun Batako	27
3.4 Metode Perencanaan Campuran Batako	30
3.5 Metode Pembuatan Benda Uji.....	34
3.6 Metode Pengujian Benda Uji	35
3.7 Bagan Alur Penelitian	40

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

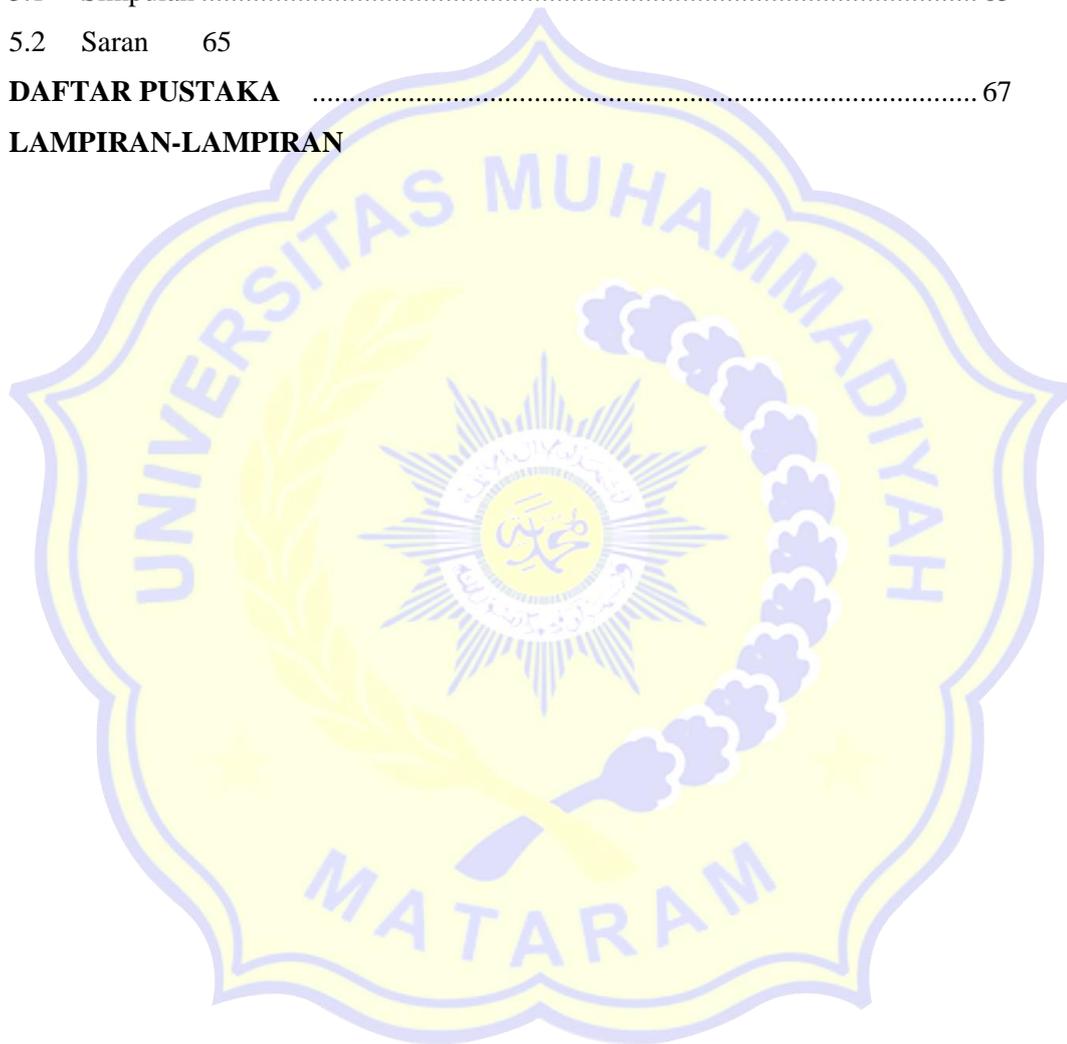
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton..... 42
4.2 Hasil Pemeriksaan Batu Bata Merah..... 45
4.3 Pembuatan Benda Uji Batako 49
4.4 Pengujian Sifat Mekanis Beton..... 50

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan 65
5.2 Saran 65

DAFTAR PUSTAKA 67

LAMPIRAN-LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Ukuran Bata Beton	7
Tabel 2.2. Bata Beton Harus Memenuhi Syarat Fisis Sesuai Dengan	7
Tabel 2.3. SNI-15-2094-2000 Dimensi atau Ukuran Batu Bata	11
Tabel 2.4. Kuat Tekan Dan Koefesien Variasi Untuk Batu Bata	13
Tabel 2.5. Batas-batas Gradasi Agregat Halus.	20
Tabel 3.1. Komposisi Campuran Batako Limbah Bata Merah dan Pasir	31
Tabel 3.2. Rancangan Campuran (<i>Mix Desain</i>).....	34
Tabel 4.1. Data Pengujian Analisa Berat Jenis Dan <i>Absorpsi</i> Agregat Halus	42
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Pengujian Analisa Berat Jenis dan <i>Absorption</i>	43
Tabel 4.3. Data dan Hasil Perhitungan Analisa Saringan	43
Tabel 4.4. Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	45
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Pengujian Analisa Kadar Air	45
Tabel 4.6. Data Pengujian Berat Jenis dan <i>Absorpsi</i> Limbah Bata Merah	45
Tabel 4.7. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan <i>Absorpsi</i>	46
Tabel 4.8. Data dan Hasil Perhitungan Analisa Saringan	46
Tabel 4.9. Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	48
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Pengujian Analisa Kadar Air	48
Tabel 4.11. Data Pemeriksaan Berat Satuan Agregat Limbah Bata Merah.....	48
Tabel 4.12. Hasil Pemeriksaan Pengujian Analisa Berat Satuan Agregat	49
Tabel 4.13. Jumlah Benda Uji Batako Dengan Tambahan Limbah Bata Merah.....	50
Tabel 4.14. Hasil Uji Kuat Tekan	50
Tabel 4.15. Hasil Uji Tarik Belah.....	54
Tabel 4.16. Hasil Uji Daya Serap Air.....	56
Tabel 4.17. Hasil Uji Densitas	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Pengambilan Limbah Bata Merah.....	26
Gambar 3.2. Analisa Saringan Agregat	29
Gambar 3.3. Air Yang Akan Digunakan.....	30
Gambar 3.4. Campuran Batako.....	31
Gambar 3.5. Batako	35
Gambar 3.6. Pengujian Kuat Tekan	36
Gambar 3.7. Pengujian Kuat Tarik Belah.....	38
Gambar 3.8. Pengujian Daya Serap Air.....	38
Gambar 3.9. Pengujian Densitas.....	39
Gambar 4.1. Analisa Agregat Pasir.....	44
Gambar 4.2. Gradasi Limbah Bata Mera.....	47
Gambar 4.3. Hasil Uji Kuat Tekan	51
Gambar 4.4. Hasil Uji Tarik Belah	55
Gambar 4.5. Hasil Uji Daya Serap Air	56
Gambar 4.6. Hasil Uji Densitas	60
Gambar 4.7. Hubungan Uji Daya Serap dengan Uji Kuat Tekan	62
Gambar 4.8. Hubungan Uji Daya Serap dengan Densitas	62
Gambar 4.9. Hubungan Uji Daya Serap dengan Kuat Tarik Belah	63
Gambar 4.10. Hubungan Uji Daya Serap dengan Kuat Tarik Belah	64

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah
- Lampiran 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan
- Lampiran 3. Tabel Daya Serap Air
- Lampiran 4. Tabel Densitas
- Lampiran 5. Dokumentasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gempa bumi yang terjadi di NTB tahun 2018 lalu merupakan bencana yang cukup besar yang dialami masyarakat setempat. Kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi tersebut adalah banyaknya struktur bangunan yang rusak, seperti pemukiman rumah warga, kantor, gedung-gedung pemerintah, jalan dan masih banyak infrastruktur lainnya yang juga ikut hancur, bencana ini juga banyak menelan korban jiwa. Dalam data progres rehab rekonstruksi pasca gempa bumi ntb yang diupdate pada tanggal 20 oktober 2019, tercatat jumlah rumah rusak akibat gempa bumi mencapai 175.010 unit rumah rusak. Kategori kerusakan itupun dibagi menjadi tiga kategori, yaitu kategori rusak ringan yang sudah selesai dikerjakan sebanyak 58.590 unit rumah, sedangkan yang masih dalam proses pengerjaan sebanyak 22.012 unit rumah. Kemudian kategori rusak sedang yang sudah selesai dikerjakan sebanyak 16.077 unit rumah, sedangkan yang masih dalam proses pengerjaan sebanyak 9.243 unit rumah. Kemudian untuk kategori rusak berat tercatat 28.372 unit rumah yang sudah dikerjakan, sedangkan yang masih dalam proses pengerjaan tercatat sebanyak 40.076 unit rumah.

Dari data diatas bisa dipastikan berapa banyak limbah yang berasal dari reruntuhan bangunan akibat gempa bumi yang terjadi. Oleh karena itu, peneliti berinisiatif menggunakan limbah bata merah sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako. Dalam hal ini, peneliti ingin mendapatkan

campuran atau komposisi yang optimal agar dapat menghasilkan batako yang memenuhi persyaratan serta menghasilkan batako yang baik.

Bata Beton atau batako merupakan suatu jenis unsur bahan bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen *portland*, air, agregat, dan bahan perekat lainnya atau tanpa tambahan lain yang tidak mengurangi mutu batako itu sendiri, (SNI-03-0349-1989).

Pada saat ini batako banyak digunakan masyarakat sebagai konstruksi bangunan, khususnya untuk pekerjaan dinding, pagar, dan lain sebagainya. Batako banyak digunakan karena cenderung lebih ringan daripada bata merah, teksturnya pun terlihat lebih halus dari bata merah, serta mudah dalam pekerjaan pemasangannya. Selain keuntungan tersebut, batako juga lebih baik dibandingkan dengan pekerjaan dinding lainnya jika ditinjau dari segi kekuatan, artistik eksterior bangunan, tidak memerlukan alat berat, serta dapat diproduksi secara massal.

Penggunaan material penyusun utama Batako seperti pada umumnya menggunakan semen dan pasir, namun masih relatif mahal. Untuk itu, peneliti mencoba menggunakan bahan limbah Bata Merah sebagai agregat tambahan penyusun bata beton (batako). Limbah bata merah yang akan digunakan adalah limbah bata yang berasal dari reruntuhan bangunan pasca gempa bumi yang terjadi di NTB tahun 2018 lalu. Limbah bata merah yang rusak tersebut diharap bisa dimanfaatkan oleh peneliti agar bisa mengurangi limbah pasca gempa bumi tersebut.

Metode yang akan digunakan oleh peneliti dalam pembuatan batako itu sendiri ialah dengan cara mekanis menggunakan alat pemadat modifikasi dengan tekanan press secara maksimal.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana sifat mekanis dari batako dengan adanya bahan tambahan campuran limbah bata merah, dilihat dari nilai kuat tekan?
- b. Bagaimana sifat mekanis dari batako dengan adanya bahan tambahan campuran limbah bata merah, dilihat dari kuat tarik belah?
- c. Bagaimana sifat mekanis dari batako dengan adanya bahan tambahan campuran limbah bata merah, dilihat dari daya serap terhadap air?
- d. Bagaimana sifat mekanis dari batako dengan adanya bahan tambahan campuran limbah bata merah, dilihat dari densitas atau kerapatan semu?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan permasalahan diatas, ada beberapa batasan-batasan masalah yang timbul, diantaranya sebagai berikut:

- a. Limbah bata merah yang akan digunakan adalah limbah bata yang diambil reruntuhan bangunan pasca gempa NTB.
- b. Persentase penambahan limbah batu bata yaitu 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60%.
- a. Adapun metode pengujian yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Uji Kuat Tekan
 - 2) Uji Tarik Belah
 - 3) Uji Daya Serap Air
 - 4) Uji Densitas
- b. Penelitian ini akan menggunakan benda uji batako yang telah dibuat dengan perbandingan volume kemudian dilakukan penambahan bahan campuran limbah bata merah.
- c. Jenis cetakan batako umumnya memiliki ukuran panjang 30cm, dengan tinggi 15cm, serta tingginya 10cm.
- d. Penggunaan alat pemadat modifikasi manual dengan tekanan press yang optimal diharapkan mendapatkan mutu batako yang lebih baik.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai, yaitu:

- a. Agar dapat mengetahui karakteristik dan sifat mekanis batako, dengan tambahan campuran limbah bata merah ditinjau dari nilai kuat tekannya.
- b. Agar dapat mengetahui karakteristik juga sifat mekanis dari batako dengan tambahan campuran limbah bata merah ditinjau dari kuat tarik belah.
- c. Agar dapat mengetahui karakteristik dan sifat mekanis batako, dengan tambahan campuran limbah bata merah dilihat dari daya serap air.
- d. Agar dapat mengetahui karakteristik dan sifat mekanis batako, dengan tambahan campuran limbah bata merah ditinjau dari nilai densitas.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

- a. Menghasilkan informasi tentang tekanan press yang optimal dalam pembuatan batako sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan standar mutu.
- b. Sebagai bahan informasi bagi perencana dan pelaksana bangunan, sehingga dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi bahan bangunan.
- c. Dapat menghasilkan dampak yang positif terhadap kegiatan industri-konstruksi di Indonesia.
- d. Mengembangkan pengetahuan dalam pemakaian material sekunder sebagai campuran atau mengurangi material primer dalam suatu pekerjaan konstruksi.
- e. Dapat mengurangi tumpukan limbah yang terjadi akibat reruntuhan bangunan pasca gempa bumi.
- f. Mengedukasi masyarakat lokal dalam memanfaatkan limbah yang ada disekitar kawasan gempa bumi, sehingga dapat meningkatkan skill, selain itu juga bisa dijadikan sebagai mata pencarian ekonomi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Batako

2.1.1.1. Pengertian Batako

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

Bata beton dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat warna pada komposisinya dan digunakan untuk dinding pada struktur bangunan (SNI-03-0349-1989).

2.1.1.2. Syarat Mutu Batako

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

a. Pandangan luar

Bidang permukaannya harus tidak cacat.

Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lainnya, dan sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.

b. Ukuran dan Toleransi

Ukuran bata beton harus sesuai dengan **Tabel 2.1**

Tabel 2.1.
Ukuran Bata Beton

Satuan: mm

Jenis	Ukuran			Tebal dinding Sekatan lobang, Minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 + 3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	-	-
2. Berlobang					
a. Kecil	390 + 3 - 5	190 ± 3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3 - 5	190 ± 3 - 5	200 ± 3	25	20

(Sumber: SNI-03-0349-1989).

c. Syarat Fisis

Tabel 2.2
Bata Beton Harus Memenuhi Syarat Fisis Sesuai Dengan

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata Batako				Tingkat mutu bata Beton berlobang			
		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

(Sumber: SNI-03-0349-1989).

2.1.1.3. Klasifikasi Batako

Dari SNI-03-0349-1989, batako maupun berlobang dibedakan berdasarkan tingkat mutunya, yaitu:

- a. Bata beton mutu I.
- b. Bata beton mutu II.
- c. Bata beton mutu III.
- d. Bata beton mutu IV.

2.1.1.4. Keuntungan Penggunaan 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.

2.1.2. Limbah

2.1.2.1. Pengertian 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 apah defenisi limbah, maka kita bisa merujuk kepada pendapat beberapa berikut ini:

1. Limbah adalah sisa atau hasil sampingan dari kegiatan manusia dalam upaya memenuhi kebutuhan. Susilowarno, (2007).
2. 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).
3. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga), dimana kehadirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan. Deden Abdurahman, (2008).

2.1.2.2. Karakteristik Limbah

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

1. Berukuran mikro, limbah ini memiliki ukuran kecil atau partikel-partikel kecil yang masih dapat dilihat oleh mata manusia.
2. 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.

3. 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.
4. 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.

2.1.2.3. Limbah Bata Merah

Limbah bata merah adalah bahan atau material sisa dari bata yang sudah hancur. Sampel limbah bata yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sampel limbah yang berasal dari reruntuhan rumah pasca gempa bumi yang terjadi di NTB tahun 2018 lalu. Adapun karakteristik sampel limbah bata merah yang akan digunakan adalah:

- a. Limbah bata merah yang digunakan harus bersih dari material-material lain yang menempel atau melekat akibat reruntuhan.
- b. Sampel limbah bata yang digunakan harus termasuk dalam kategori agregat yang lolos saringan no.4, agar mendapatkan hasil campuran yang *kohesif*.
- c. Sampel limbah bata yang digunakan harus dalam keadaan kering (kadar airnya rendah), agar mudah tercampur dengan agregat lainnya.

2.1.2.4. Sifat Fisik Bata Merah

Sifat fisik batu bata merupakan sifat yang tampak merubah bentuk atau tanpa pemberian beban kepada batu bata itu sendiri. Adapun syarat-syarat fisik dalam SNI -15-2094-2000 seperti terlihat pada Tabel berikut.

Tabel 2.3
SNI-15-2094-2000 Dimensi atau Ukuran Batu Bata

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65±2	90±3	190±4
M-5b	65±2	100±3	190±4
M-6a	52±3	110±4	230±4
M-6b	52±3	110±6	230±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

(Sumber SNI-15-2094-2000).

2.1.2.5. Sifat Mekanik Bata Merah

Sifat mekanis bata merah adalah sifat yang ada pada batu bata itu sendiri dengan menambahkan beban atau dipengaruhi dengan perilaku tertentu. Berikut beberapa sifat mekanis bata merah dalam (SNI-15-2094-2000), diantaranya:

a. Kerapatan Semu (*Apparent Density*)

Standar kerapatan semu yang diisyaratkan dalam SNI-15-2094-2000 ini adalah kerapatan semu minimum batu bata untuk pasangan dinding adalah 1,2 gram/cm³. Kerapatan semu (*Qsch*) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Qsch = \frac{Md}{v_{sch}} \text{ gram/cm}^3 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Qsch = \frac{Md}{(c-b)} \times dw \text{ gram/cm}^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

$Qsch$ = kerapatan semu (*gram/cm³*)

Md = berat kering oven (*gram*)

b = berat didalam air (*gram*)

c = berat setelah direndam (*gram*)

$Vsch$ = volume batu bata (*m³*)

Dw = kerapatan (*density*) air 1,0.

b. Penyerapan Air.

Standar penyerapan air yang diisyaratkan dalam SNI-15-2094-2000 ini adalah penyerapan air maksimum bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah 20%. Penyerapan air maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Penyerapan} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

A = berat jenuh setelah direndam (*gram*)

B = berat setelah dioven (*gram*)

c. Kadar Air.

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam batu bata, yang dinyatakan dalam persentase. Persentase jumlah kadar air (w) pada suatu batu bata dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

W = jumlah kadar air (%)

W_w = berat normal (*gram*)

W_s = berat kering (*gram*)

d. Berat Jenis.

Berat jenis adalah jumlah massa per-satuan volume pada suatu benda. Berat jenis dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat Jenis } (\rho) = \frac{M}{V} = \left(\frac{\text{gr}^3}{\text{cm}^3} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

P = berat jenis (*gr/cm³*)

M = massa normal (*gram*)

V = volume benda (*cm³*)

e. Kuat Tekan.

Kuat tekan adalah kekuatan tekan maksimum yang dipikul pasangan batu bata itu sendiri. Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk menunjukkan kualitas mutu dan kuat kelas tekannya. Sedangkan kuat tekan itu sendiri diperoleh dari hasil pembagian beban tertinggi dengan luas bidangnya. Dalam SNI-15-2094-2000, besarnya kuat tekan rata-rata dan koefesien variasi yang diizinkan untuk batu bata pasangan dinding dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4.
Kuat Tekan Dan Koefesien Variasi Untuk Batu Bata
Pasangan Dinding (SNI-15-2094-2000) (Sumber, SNI-15-2094-2000).

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 bata yang diuji kg/cm ² (Mpa)	Koefesien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji %
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Dari defenisi diatas, kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kuat Tekan } (F) = \frac{P_{max}}{A} = \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

F = kuat tekan (kg/cm^2)

P_{max} = maksimum besaran gaya tekan (kg)

A = luas penampang (cm^2)

f. Modulus Elastisitas (ME)

Modulus elastisitas untuk pasangan batu bata biasanya didekati dari kekuatan tekannya. Jadi nilai modulus elastisitas dapat simpulkan dalam persamaan berikut:

$$E_m = k \cdot f_m' \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

E_m = modulus elastisitas

K = kontanta yang ditentukan dari pengujian laboratorium.

f_m' = kuat tekan struktur pasangan bata

g. *Initial Rate Of Suction (IRS)* dari batu bata.

Initial rate of suction (IRS) adalah kemampuan dari batu bata dalam menyerap air pertama kali dalam satu menit pertama. Standar *initial rate of suction (IRS)* batu bata yang diisyaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah minimum 30 gr/menit/193,55 cm^2 .

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung *initial rate of suction (IRS)* batu bata adalah sebagai berikut:

$$IRS = (m_1 - m_2) \times K \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

m_1 = massa setelah direndam di air (gram)

m_2 = massa kering (gram)

Karena *IRS* memiliki satuan yang tidak beraturan (gram/menit/193,55cm²), maka harus dikalikan dengan suatu faktor.

Sesuai dengan persamaan berikut:

$$K = \frac{193,55}{Luas Area} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.1.3. Bahan Susun 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.

Bahan-bahan pokok batako adalah semen, pasir, air dalam proporsi tertentu. Tetapi ada juga batako yang memakai bahan tambahan misalnya batu kapur, tras, batu bara dan lain-lain. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan batako dalam penelitian ini semen, pasir, air dan bahan tambahan limbah bata merah.

2.1.3.1. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan

bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace blast*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen *portland* komposit. (SNI-15-7064-2004). Semen *portland* dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti, pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, selokan, pagar, dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (batako) dan sebagainya.

Pada umumnya semen digunakan untuk merekat bahan bangunan seperti batu, batako, bata dan bahan lainnya. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari (bahasa latin)*caementum* yang artinya “memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan”. Meski sempat populer pada zamannya, nenek moyang semen “*made in Napoli*” ini tidak berumur panjang. Menyusul runtuhnya Kerajaan Romawi, sekitar abad pertengahan (tahun 1100-1500 M) resep ramuan *pozzuolana* sempat menghilang dari peredaran, (Wikipedia).

Berikut merupakan jenis-jenis semen *portland* sesuai dengan kegunaannya,(Lamudi).

1. 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.

2. 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* Tipe II; pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi dan bendungan.

3. Semen *Portland* Tipe III

Jenis semen *portland* tipe III ini harus memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik semen *portland* tipe 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.

4. 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.

5. 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 sulfat tingkat tinggi yang lebih dari 0,20 persen.

Kegunaan semen *portland* tipe V; yaitu hanya berlaku pada jenis bangunan diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir.

2.1.3.2. Pasir (Agregat Halus)

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.

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

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Agregat halus 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.

(Rahman, 2016)

Adapun distribusi butiran agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, seperti terlihat pada tabel **2.5**:

Tabel 2.5.
Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Jenis agregat halus			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Tjokrodinuljo, 2012.

2.1.3.3. Air

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.

(Syarif, 2016)

Berdasarkan SNI-03-2847-2002. Persyaratan air yang boleh digunakan untuk membuat beton antara lain adalah:

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung banyak lumpur, minyak dan bahan terapung lainnya.
- c. Tidak mengandung benda yang tersuspensi lebih dari 2gr/liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang mudah larut dan merusak beton.
- e. Semua jenis air yang mutunya meragukan harus diteliti terlebih dahulu.

Dalam penelitian ini, air yang akan digunakan adalah air yang berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Mataram, yaitu adalah air keran yang telah sesuai dengan apa yang diisyaratkan dalam SNI-03-2847-2002.

2.1.4. Kemudahan Dalam Pengerjaan (*workability*)

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.

4. Cara pemadatan dan alat pematat

Karena pemadatan dilakukan dengan alat pematat modifikasi maka tekanan yang akan diberikan saat pencetakan harus benar-benar optimal guna pori-pori betonnya tidak terlihat.

2.1.5. Metode Pengujian Batako

Untuk mengetahui sifat dan kemampuan suatu material maka perlu dilakukan beberapa pengujian dan analisis. Adapun pengujian dan analisis yang dibahas dalam penelitian ini, ialah:

2.1.5.1. Uji Kuat Tekan

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.

Pengukuran kuat tekan (*Compressive Strength*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut, (SNI-03-1974-1990).

$$f'c = \frac{P}{A} = \dots (MPa) \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

2.1.5.2. Uji Tarik Belah

Nilai untuk kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton yang sudah berbentuk melainkan diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan, (SNI-03-2491-2002).

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton bergantung pada berat volume agregat yang membentuk beton itu sendiri. Sehingga kekuatan tarik belah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$T = 0,637 \times k \times \frac{P}{s} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

Benda uji = 0,5 cm

Luas permukaan, s = S x S
= 10 x 10
= 100 cm²

Beban P Maksimum = 305,9 kg

Faktor koreksi = 1,11

2.1.5.3. Uji Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh dalam penggunaan batako itu sendiri. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya pori-pori pada batako, (Ardi, 2016: 23).

Dalam menentukan daya serap air digunakan standar NI-10-78 pasal 6, dihitung dengan persamaan berikut, (Ardi, 2016: 23):

$$PA = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

PA = penyerapan air (%)

Mb = massa setelah direndam 24 jam (kg)

Mk = massa kering / tetap (kg)

2.1.5.4. Uji Densitas (kerapatan)

Densitas (ρ) adalah massa atau massa sampel yang terdapat dalam satu satuan volume. Densitas sering disebut massa jenis atau biasa juga disebut dengan kerapatan bahan. Densitas yang diisyaratkan untuk digunakan adalah 1,60 gr/cm³. Densitas atau kerapatan dapat dihitung dengan persamaan berikut, (Ardi, 2016: 26).

$$p p = \frac{ms}{mb - (mg - mk)} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

P pc = densitas batako *Styrofoam* (gr/cm³)

m_s = massa sampel kering (gr)

m_b = massa sampel setelah direndam air (gr)

m_g = massa sampel beserta tali penggantung didalam air (gr)

m_k = massa tali penggantung (gr)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Mataram yang kemudian dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, daya serap air dan densitas di Laboratorium Struktur dan Bahan. Universitas Muhammadiyah Mataram.

3.2. Persiapan Penelitian

3.2.1. Bahan Penelitian

Adapun bahan yang akan digunakan dalam proses pencampuran adalah sebagai berikut:

- a. Semen *Portland* (PC) tipe I.
- b. Agregat halus berasal dari Pagesangan Mataram.
- c. Air yang digunakan berasal dari instalasi air bersih Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
- d. Limbah Bata Merah

Sampel limbah bata merah yang digunakan berupa limbah yang merupakan bahan campuran pembuatan batako sebagai bahan tambah agregat halus. Pengambilan sampel limbah bata merah dilakukan dengan cara pengambilan langsung sampel limbah yang berada di runtuh bangunan pasca gempa bumi pulau lombok, nusa tenggara barat. Pengambilan sampel limbah bata merah dilakukan dengan cara memisahkan bata merah yang masih utuh

ataupun sudah pecah dari bongkahan-bongkahan yang masih menempel dengan plesteran menggunakan palu besi. Sampel yang sudah diambil ini selanjutnya digunakan sebagai sampel untuk pengujian awal.



Gambar, 3.1 Pengambilan Limbah Bata Merah (Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.2.2. Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang akan digunakan dalam ini antara lain sebagai berikut:

- a. Ayakan atau saringan agregat, untuk analisa gradasi agregat halus dan kasar.
- b. Timbangan, digunakan untuk mengukur berat bahan dan benda uji yang akan diuji.
- c. Piknometer, digunakan untuk mengukur berat jenis pasir.
- d. Cetakan benda uji, yaitu cetakan pemadat modifikasi dengan pemberian tekanan yang optimal.
- e. *Oven* (alat pemanas), digunakan dalam perawatan benda uji.

f. CTM (*Compression Testing Machine*) digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji.

3.3. Pemeriksaan Bahan Susun Batako

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui spesifikasi bahan yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Adapun pemeriksaan yang dilakukan sebagai berikut:

3.3.1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I dan berlogo SNI (Standar Nasional Indonesia). Walaupun semennya berlogo SNI, tidak lepas dari kemasannya. Pilih semen yang kemasannya masih utuh tertutup rapat, tidak rusak, dan bahan butirannya masih halus dan tidak menggumpal.

3.3.2. Pasir (agregat halus)

3.3.2.1. Pemeriksaan berat jenis Pasir

Adapun beberapa prosedur pemeriksaan berat jenis pasir, antara lain sebagai berikut:

- a. Menyiapkan pasir yang butir-butirannya lewat ayakan 4 mm sebanyak 1000gram.
- b. Mengeringkan pasir dalam oven dengan suhu $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 24$ jam.
- c. Setelah pasir dioven kemudian didiamkan selama beberapa jam, selanjutnya pasir direndam selama 24 jam.
- d. Air rendaman tadi dibuang, kemudian pasir ditebarkan agar kering sampai tercapai keadaan jenuh kering muka (SSD)

- e. Pasir yang sudah jenuh kering muka (SSD) dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 500gram (B_0). Air yang dimasukkan sampai 90% penuh. Kemudian piknometer diputar-putar untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap diantara butir-butir pasir.
- f. Air ditambahkan ke piknometer sampai tanda batas, kemudian piknometer yang berisi pasir dan air tersebut ditimbang (B_1).
- g. Pasir dikeluarkan dari piknometer, kemudian keringkan dengan tungku sampai beratnya tetap (B_2). Penimbangan dilakukan setelah pasir didinginkan.
- h. Menimbang piknometer yang berisi penuh air (B_3).
- i. Kemudian menghitung berat jenis, berat jenis SSD dan penyerapan air.

3.3.2.2. Analisa saringan agregat

Adapun beberapa prosedur pemeriksaan saringan ini antara lain sebagai berikut:

- a. Mengeringkan pasir atau agregat lainnya didalam *oven* dengan suhu 100°C - 110°C selama 24jam.
- b. Ayakan disusun dengan lubang ayakan terbesar diletakkan paling atas kemudian lubang ayakan yang lebih kecil dibawahnya.
- c. Kemudian pasir atau agregat lainnya kedalam ayakan paling atas.
- d. Susunan ayakan diletakkan diatas alat penggetar dan diayak selama 10 menit.
- e. Masing-masing kelompok pasir atau agregat lainnya yang tertinggal dalam masing-masing ayakan ditimbang dan penimbangan dilakukan

secara komulatif, yaitu dari butir-butir yang kasar dahulu kemudian ditambahkan dengan agregat yang lebih halus sampai semua agregat tertimbang.



Gambar, 3.2. Analisa Saringan Agregat (Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.3.2.3. Pemeriksaan Kadar Air

Adapun prosedur dalam pemeriksaan kandungan air dalam pasir antara lain sebagai berikut:

- a. Sediakan agregat.
- b. Agregat di cuci sampai kadar lumpur berkurang.
- c. Benda uji di anginkan di suhu ruangan selama beberapa jam.
- d. Sediakan wadah cawan, lalu timbang berat kosong cawan (A).
- e. Masukkan agregat kedalam wadah cawan lalu timbang (B).
- f. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ selama 1x24 jam

- g. Keluarkan benda uji dalam oven, lalu di anginkan sampai pada suhu sekitar, lalu cawan beserta benda uji tersebut di timbang (C).
- h. Menghitung kadar air benda uji.

3.3.3. Air

Air yang akan digunakan ialah berasal dari instalasi air bersih dari jaringan air Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Mataram. Akan tetapi pengujian terhadap air tidak dilakukan, sebab secara visual ataupun karakteristik airnya cukup bersih karena sudah terbukti asal usulnya.



Gambar, 3.3. Air Yang Akan Digunakan (Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.4. Metode Perencanaan Campuran Batako

Adapun metode pencampuran yang digunakan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

- a. Limbah bata merah yang sudah dikumpulkan dipukul-pukul menggunakan palu besi agar lebur atau tidak menggumpal.
- b. Setelah itu sampel diayak hingga lolos saringan no. 4 dengan variasi persentase limbah bata merah + pasir + semen + air masing-masing sebanyak 9 sampel dengan kadar campuran yang berbeda-beda.

- c. Pencampuran sampel dengan cara mengaduk limbah bata merah, pasir dan semen yang dicampur dalam wadah dengan memberi penambahan air, dengan variasi campuran limbahbata merah dan pasir sebagai berikut:

Tabel 3.1.
Komposisi Campuran BatakoLimbah Bata Merah dan Pasir

Campuran	Komposisi
1	0% Limbah bata merah + 100% Pasir
2	15% Limbah bata merah + 100% Pasir
3	30% Limbah bata merah + 100% Pasir
4	45% Limbah bata merah + 100% Pasir
5	60% Limbah bata merah + 100% Pasir

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Dengan penambahan limbah bata merah yang berbeda-beda diharapkan dapat menambah variasi dan pengetahuan tentang kuat tekan batako.



Gambar, 3.4. Campuran Batako (Sumber: Data Hasil Penelitian)

Sampel yang sudah tercampur dengan pasir, semen dan air siap untuk dicetak dialat pemadat modifikasi, dan masing-masing 9 sampel untuk setiap variasi campuran. Semua sampel dilakukan pemeraman selama 14hari, setelah pemeraman dilakukan penyiraman secara berkala sampai usia sampel 12 hari, dengan ketentuan 2 hari sebelum proses pengujian

sampel harus dalam keadaan kering. Setelah itu dilaksanakan pengujian kuat tekan.

Desain Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

Mix Desain Batako yang akan digunakan pada penelitian ini ialah mengacu pada jurnal berjudul Studi Pengaruh Penambahan Limbah Serat Bambu Terhadap Kuat Tekan Batako oleh Desi Putri, Gita Puspa Artiani, dan Indah Handayasari. Adapun langkah-langkah serta data-data yang dihasilkan dari pemeriksaan bahan penyusun batako yang diperlukan dalam menentukan campuran *Mix Desain* sebagai berikut:

- a. Perbandingan volume semen dan agregat 1: 6
- b. Volume benda uji = 30cm x 150cm x 10cm
- c. Volume cetakan
= 30 cm x 15 cm x 10 cm
= 4500 cm³
- d. Menentukan berat jenis batako dengan cara kalikan volume batako dengan koefisien berat jenis batako yaitu 2000 gram/m³ = 0,002 kg/m³.

$$\text{Jadi } 30 \times 15 \times 10 \times 0,002 = 9 \text{ kg/m}^3$$

- Kebutuhan Semen /benda uji

$$\frac{1}{7} \times 9 \text{ kg} = 1,28 \text{ kg}$$

- Kebutuhan Agregat /benda uji

$$\frac{6}{7} \times 9 \text{ kg} = 7,71 \text{ kg}$$

e. Jumlah campuran untuk 9 sampel batako, sehingga jumlah semen dan agregat yang dibutuhkan setiap campuran adalah:

- Kebutuhan Semen

$$1,28 \text{ kg} \times 9 \text{ kg} = 11,52 \text{ kg}$$

- Kebutuhan Agregat

$$7,71 \text{ kg} \times 9 \text{ kg} = 69,39 \text{ kg}$$

f. Jumlah air yang dibutuhkan dalam tiap-tiap campuran sebesar 0,4 jadi:

- Air = $11,52 \text{ kg} \times 0,4 = 4,6 \text{ kg}$

g. Total semen, agregat dan air yang dibutuhkan untuk 45 sampel batako adalah:

- Kebutuhan Semen

$$11,52 \text{ kg} \times 5 = 57,60 \text{ kg}$$

- Kebutuhan Agregat

$$69,39 \text{ kg} \times 5 = 346,95 \text{ kg}$$

- Kebutuhan Air

$$4,6 \text{ kg} \times 5 = 23 \text{ kg}$$

h. Persentase jumlah limbah bata merah yang dibutuhkan ialah 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60% dari berat agregat pasir. Sehingga jumlah bata merah yang dibutuhkan dalam setiap campuran adalah:

- 0% = $69,39 \text{ kg} \times 0\% = 0 \text{ kg}$

- 15% = $69,39 \text{ kg} \times 15\% = 10,40 \text{ kg}$

- 30% = $69,39 \text{ kg} \times 30\% = 20,81 \text{ kg}$

- 45% = $69,39 \text{ kg} \times 45\% = 31,22 \text{ kg}$

- $60\% = 69,39 \text{ kg} \times 60\% = 41,63 \text{ kg}$

Jadi, total jumlah limbah bata merah sebagai bahan tambah dalam campuran batako adalah:

- $\text{Total} = 10,40 \text{ kg} + 20,81 \text{ kg} + 31,22 \text{ kg} + 41,63 \text{ kg} = 104,06 \text{ kg}.$

- i. Berdasarkan hasil perhitungan total kebutuhan semen, pasir, air, serta limbah bata merah untuk campuran 45 bata beton (*Batako*) yang akan diuji, maka jumlah semen, pasir, air, serta limbah mata merah untuk satu batako:

Tabel 3.2.
Rancangan Campuran (*Mix Desain*)
Untuk Satu Batako di Setiap Variasi Campurannya.

Persentase Variasi Campuran (<i>Mix Desain</i>)	Komposisi Campuran Batako
0 %	Semen = $57,60 : 45 = 1,28 \text{ kg}$ Pasir = $69,39 : 45 = 7,71 \text{ kg}$ Bata Merah = 0 kg
15 %	Semen = $57,60 : 45 = 1,28 \text{ kg}$ Pasir = $69,39 : 45 = 7,71 \text{ kg}$ Bata Merah = $10,40 : 9 = 1,15 \text{ kg}$
30 %	Semen = $57,60 : 45 = 1,28 \text{ kg}$ Pasir = $69,39 : 45 = 7,71 \text{ kg}$ Bata Merah = $20,81 : 9 = 2,31 \text{ kg}$
45 %	Semen = $57,60 : 45 = 1,28 \text{ kg}$ Pasir = $69,39 : 45 = 7,71 \text{ kg}$ Bata Merah = $31,22 : 9 = 3,46 \text{ kg}$
60 %	Semen = $57,60 : 45 = 1,28 \text{ kg}$ Pasir = $69,39 : 45 = 7,71 \text{ kg}$ Bata Merah = $41,63 : 9 = 4,62 \text{ kg}$

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.5. Metode Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan benda uji berupa batako dengan ukuran 30cm x 15cm x 10cm. Pada penelitian ini Batako dibuat dengan diberi tekanan pada saat pencetakan guna mendapatkan kuat tekan yang

optimal menggunakan alat pemadat modifikasi. Alat pemadat modifikasi ini berfungsi sebagai alat pencetak Batako sekaligus memberikan tekanan dalam pembuatannya.



Gambar, 3.5. Batako (Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.6. Metode Pengujian Benda Uji

3.6.1. Pengujian Kuat Tekan

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah batako benar-benar kering. Maksud dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan batako dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*, (SNI-03-2491-2002). Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu benda uji ditimbang.
- b. Meratakan benda uji dengan menggunakan belerang cair yang sudah dipanaskan.
- c. Meletakkan benda uji diatas alas pembebanan mesin uji tekan beton (*Compression Testing Machine*).

- d. Pembebanan diberikan secara berangsur-angsur samapai benda uji tersebut mencapai pembebanan maksimal. Besar beban dicatat sesuai jarum petunjuk pembebanan.
- e. Beban yang mampu ditahan setiap masing-masing benda uji (P) dibagi dengan luas penampang beton yang ditekan (A), sehingga diperoleh kuat tekan beton maksimal.
- f. Adapun persamaan dalam menghitung pengujian ini, yaitu persamaan.



Gambar, 3.6. Pengujian Kuat Tekan (Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.6.2. Pengujian Kuat Tarik Belah

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah batako benar-benar kering. Maksud dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan batako dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*, (SNI-03-2491-2002). Adapun langkah-langkah dalam pengujian tarik belah ini adalah sebagai berikut:

- a. Terlebih dahulu gambar garis titik tengah pada kedua ujung batako yang satu sama lain sejajar dan buat garis yang menghubungkan kedua ujung

garis titik tengah tersebut. Periksa kedua garis sejajar sumbu batako tersebut.

- b. Titik tengah batako diukur. Pengukuran dilakukan pada dekat kedua ujung batako dan ditengah-tengah batako dengan arah pengukuran sama dengan arah pembebanan. Dari hasil ketiga pengukuran batako itu kemudian diambil rata-rata nya.
- c. Panjang batako diukur. Pengukuran diambil rata-rata dari dua hasil pengukuran panjang batako pada kedua sisi yang menempel pada blok tekan mesinnya.
- d. Pelat tipis kayu diletakkan diatas blok mesin tekan yang bawah melalui pusat titik tengah bloknya.
- e. Benda uji diletakkan batako diatas plat tipis kayu dengan garis diameter vertikal.
- f. Plat tipis kayu yang satunya diletakkan diatas batako beton.
- g. Kedudukan batako diperiksa agar berada diantara dua blok mesin secara sentris dan semua plat tipis kayu berada sejajar dengan sumbu batako.
- h. Beban pada batako diterapkan secara terus menerus. Pembebanan dilakukan sampai batako beton tersebut pecah kemudian catat beban maksimumnya. Kuat tarik beton dihitung sesuai persamaan(2-11).



Gambar, 3.7. Pengujian Kuat Tarik Belah (Sumber: Data Hasil Penelitian)

3.6.3. Uji Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh dalam penggunaan batako itu sendiri. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya pori-pori pada batako, (Ardi, 2016: 23).



Gambar, 3.8. Pengujian Daya Serap Air (Sumber: Data Hasil Penelitian)

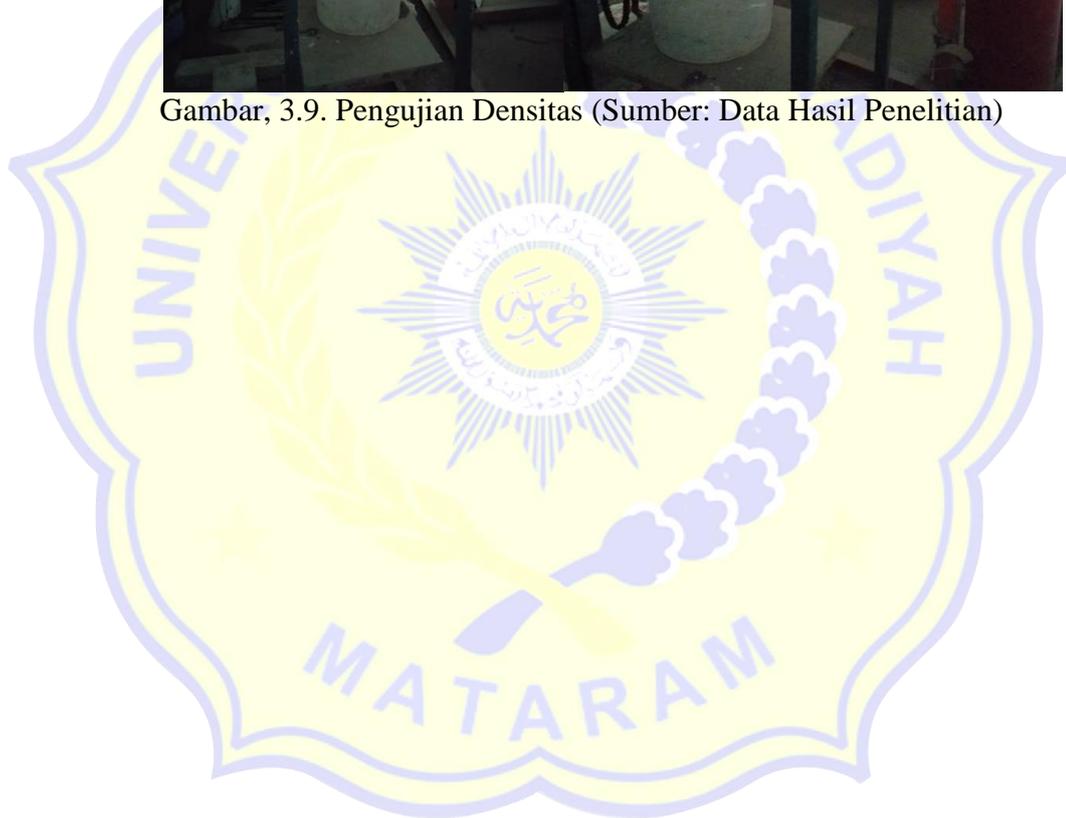
3.6.4. Uji Densitas

Densitas (ρ) adalah massa atau massa sampel yang terdapat dalam satu satuan volume. Densitas sering disebut massa jenis atau biasa juga disebut

dengan kerapatan bahan. Densitas yang diisyaratkan untuk digunakan adalah 1,60 gr/cm³.



Gambar, 3.9. Pengujian Densitas (Sumber: Data Hasil Penelitian)



3.7. Bagan Alur Penelitian

