

TUGAS AKHIR

**SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR
LIMBAH PECAHAN BATAKO DAN AGREGAT NORMAL**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Chamad Viki

NIM : 30201800036

Sabilul Kirom

NIM : 30201800168

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR LIMBAH PECAHAN BATAKO DAN AGREGAT NORMAL



Chamad Viki
NIM : 30201800036



Sabilul Kirom
NIM : 30201800168

Telah disetujui dan disahkan di Semarang,

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D.**
NIDN : 0607046802
2. **Ir. M. Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**
NIDN : 0612106701
3. **Ir. Gata Dian Asfari, M.T.**
NIDN : 0628055801

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

A/N

Muhammad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 32 / A.2 / SA – T / II / 2022

Pada hari ini tanggal 22/02/2022 Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ir. M. Faiqun Niam, M.T., Ph.D.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Chamad Viki
NIM : 30201800036

Sabilul Kirom
NIM: 30201800168

Judul : Laporan Tugas Akhir Sifat – Sifat Teknis Beton dengan Agregat Kasar Limbah Pecahan Batako dan Agregat Normal

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1.	Penunjukan dosen pembimbing	22/02/2022	
2.	Seminar Proposal	14/04/2022	
3.	Pengumpulan data	23/05/2022	
4.	Analisis data	29/05/2022	
5.	Penyusun laporan	30/05/2022	
6.	Selesai laporan	11/08/2022	TA Ace

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D.

Ir. M. Faiqun Niam, M.T., Ph.D.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Chamad Viki
NIM : 30201800036
NAMA : Sabilul Kirom
NIM : 30201800168

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR LIMBAH
PECAHAN BATAKO DAN AGREGAT NORMAL

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yang Membuat Pernyataan

Semarang, 11 / 08 / 2022

Yang Membuat Pernyataan

Chamad Viki

NIM : 30201800036

Sabilul Kirom

NIM : 30201800168

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Chamad Viki
NIM : 30201800036
NAMA : Sabilul Kirom
NIM : 30201800168
JUDUL TUGAS AKHIR : SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN
AGREGAT KASAR LIMBAH PECAHAN
BATAKO DAN AGREGAT NORMAL

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.


Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.


Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 11 / 08 / 2022

Yang Membuat Pernyataan

Yang Membuat Pernyataan


Chamad Viki
NIM : 30201800036


Sabilul Kirom
NIM : 30201800168



MOTTO

“Jangan takut untuk mencoba, lakukan semestinya, semua pasti ada jalannya”

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,”(5) “Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”(6)

(Q.S. Al-Insyirah ayat 5-6)

(CHAMAD VIKI)

“Memanfaatkan waktu dengan baik”

“Waktu ibarat pedang, jika engkau tidak menebasnya maka ialah yang akan menebasmu. Jika jiwamu tidak kau sibukkan dengan kebaikan maka ialah yang akan menebasmu”

(Imam Syafi’i)

(SABILUL KIROM)

“Kalian (umat islam) adalah sebaik-baiknya umat yang dilahirkan untuk manusia, (karena kalian) memerintahkan kebaikan dan melarang keburukan dan beriman kepada Allah. Sekiranya ahli kitab beriman, tentu itulah yang lebih baik bagi mereka. Diantara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang yang *fasiq*.”(110)

(Q.S. Ali Imran ayat 110)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Sifat – Sifat Teknis Beton dengan Agregat Kasar Limbah Pecahan Batako dan Agregat Normal” ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Sholichan dan Ibu Nikmatul Munawaroh yang senantiasa selalu memberikan do’a, kasih sayang, dorongan/motivasi, semangat, dan dukungan secara materiil maupun moral.
2. Kakak dan kerabat saya tercinta yang selalu memberikan do’a dan dukungan secara materiil dan moral.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. dan Ir. M. Faiqun Niam, M.T., Ph.D. yang telah membimbing segenap tenaga dan sepekuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan penuh manfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudara Sabilul Kirom rekan Tugas Akhir, teman sepejuangan, dan saudara dalam hal apapun.
6. Teman – teman satu kelompok yang dibimbing oleh Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. : Sabil, Dory, Fajar, Edo, Aldi, Dina, Ayi dalam menjalankan penelitian pemanfaatan limbah sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal.
7. Teman – teman Teknik Sipil UNISSULA Angkatan 2018, dan teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2018.
8. Almamater kebanggaan Fakultas Teknik UNISSULA.

Chamad Viki
NIM : 30201800036

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Sifat – Sifat Teknis Beton dengan Agregat Kasar Limbah Pecahan Batako dan Agregat Normal” ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Suja'un dan Ibu Nur Qori'ah yang senantiasa selalu memberikan do'a, kasih sayang, dorongan/motivasi, semangat, dan dukungan secara materiil maupun moral.
2. Adik dan kerabat saya tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan secara materiil dan moral.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. dan Ir. M. Faiqun Niam, M.T., Ph.D. yang telah membimbing segenap tenaga dan sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan penuh manfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudara Chamad Viki rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan, dan saudara dalam hal apapun.
6. Teman – teman satu kelompok yang dibimbing oleh Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. : Chamad, Dory, Fajar, Edo, Aldi, Dina, Ayi dalam menjalankan penelitian pemanfaatan limbah sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal.
7. Teman – teman Teknik Sipil UNISSULA Angkatan 2018, dan teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2018.
8. Almamater kebanggaan Fakultas Teknik UNISSULA.

Sabilul Kirom
NIM : 3020180168

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya sehingga Penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Sifat – Sifat Teknis Beton dengan Agregat Kasar Limbah Pecahan Batako dan Agregat Normal” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak M. Rusli Akhyar, S.T., M. Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran dan dorongan semangat.
4. Bapak selaku Ir. M. Faiqun Niam, M.T., Ph.D. Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran dan dorongan semangat.
5. Seluruh Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada Penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, baik isi maupun penyusunannya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi Penulis maupun Pembaca.

Semarang,

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
Abstrak	xiv
<i>Abstract</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Keaslian Tugas Akhir	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Beton	4
2.1.1 Definisi Beton.....	4
2.1.2 Material Beton	4
2.1.3 <i>Mix Design Beton</i>	5
2.1.4 Sifat – Sifat Teknis Beton.....	7
2.2 Batako	8
2.2.1 Definisi Batako	8
2.2.2 Pembagian Batako	8
2.2.3 Syarat Mutu Batako	8
2.2.4 Syarat Fisis	9

BAB III METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Persiapan	10
3.2 Bahan	10
3.3 Alat.....	11
3.4 Pelaksanaan Pembuatan Beton	12
3.4.1 Pemeriksaan Bahan.....	12
3.4.2 Pembuatan Beton	15
3.4.3 Pemeriksaan Berat Volume dan Uji Kuat Tekan Beton	17
3.5 Bagan Alir	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Persiapan	20
4.2. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat	20
4.2.1 Agregat Halus	20
4.2.2 Agregat Kasar	25
4.2.3 Limbah Pecahan Batako	30
4.3. Perbandingan Bahan Penyusun Beton	35
4.4. Uji <i>Slump</i>	36
4.5. Pemeriksaan Berat Volume.....	37
4.6. Uji Kuat Tekan Beton	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN – LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batas Gradasi Agregat Halus	4
Tabel 2.2. Syarat – Syarat Agregat Kasar	5
Tabel 2.3. Nilai Slump yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi....	6
Tabel 2.4. Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah.....	6
Tabel 2.5. Ukuran Bata Beton (mm).....	9
Tabel 2.6. Syarat – Syarat Fisis Bata Beton.....	9
Tabel 4.1. Hasil Penyaringan Agregat Halus	23
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	24
Tabel 4.3. Hasil Penyaringan Agregat Kasar	28
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar	29
Tabel 4.5. Hasil Penyaringan Limbah Pecahan Batako	33
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Limbah Pecahan Batako	34
Tabel 4.7. Perbandingan Bahan Penyusun Beton	36
Tabel 4.8. Hasil Uji Slump Beton	36
Tabel 4.9. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Segar.....	37
Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Keras	37
Tabel 4.11. Berat Volume Beton Segar	39
Tabel 4.12. Berat Volume Beton Keras	39
Tabel 4.13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Bagan Alir Pelaksanaan	19
Gambar 4.1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	25
Gambar 4.2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar.....	30
Gambar 4.3. Grafik Analisa Saringan Limbah Pecahan Batako.....	35



SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR LIMBAH PECAHAN BATAKO DAN AGREGAT NORMAL

Abstrak

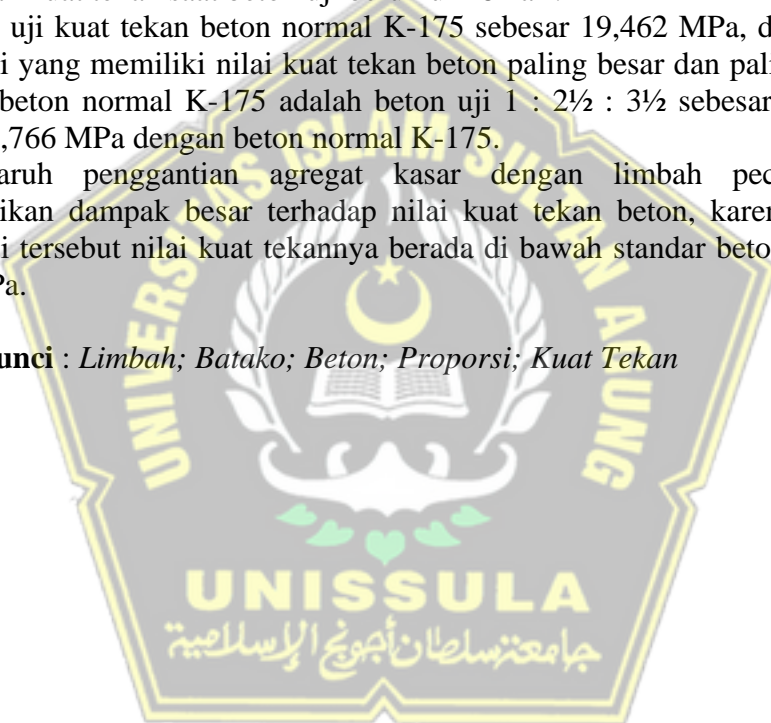
Limbah menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap lingkungan, salah satu limbah tersebut adalah limbah yang berupa pecahan batako. Pemanfaatan limbah harus diupayakan guna menjaga kerusakan lingkungan. Hal ini menjadi pemicu untuk diadakannya penelitian tentang pemanfaatan limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar pada bahan penyusun beton.

Penelitian tersebut berupa 3 macam percobaan dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako yaitu 1 : 2 : 3, 1 : 2 ½ : 3 ½, dan 1 : 3 : 5. Tujuan perbedaan 3 macam proporsi untuk menentukan kuat tekan yang paling maksimal untuk dibandingkan dengan beton normal K-175, dan waktu pengujian kuat tekan saat beton uji berumur 28 hari.

Hasil uji kuat tekan beton normal K-175 sebesar 19,462 MPa, dan dari ketiga beton uji yang memiliki nilai kuat tekan beton paling besar dan paling mendekati dengan beton normal K-175 adalah beton uji 1 : 2½ : 3½ sebesar 12,696 MPa, selisih 6,766 MPa dengan beton normal K-175.

Pengaruh penggantian agregat kasar dengan limbah pecahan batako memberikan dampak besar terhadap nilai kuat tekan beton, karena dari ketiga beton uji tersebut nilai kuat tekannya berada di bawah standar beton K-175 yaitu 14,5 MPa.

Kata Kunci : *Limbah; Batako; Beton; Proporsi; Kuat Tekan*



TECHNICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH COARSE AGGREGATE OF CONCRETE BRICK FRACTIONS WASTE AND NORMAL AGGREGATE

Abstract

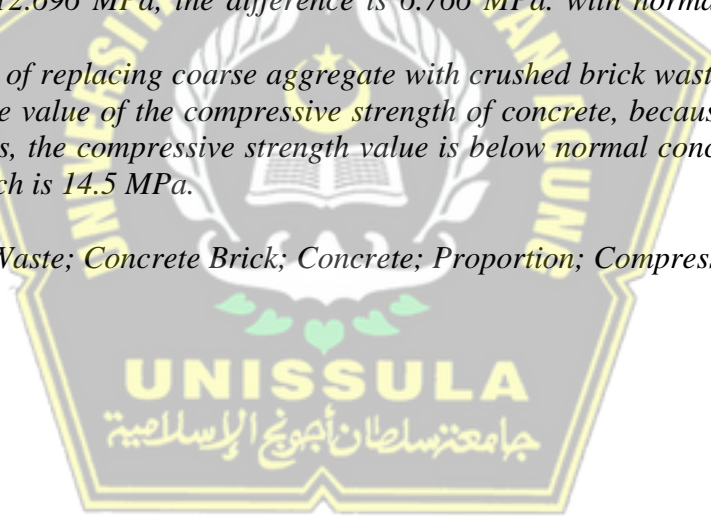
Waste is a very influential factor on the environment, one of which is waste in the form of broken brick. Utilization of waste must be pursued in order to maintain environmental damage. This is the trigger for conducting research on the use of brick shard waste as a substitute for coarse aggregate in the constituent materials of concrete.

The research consisted of 3 kinds of experiments on the proportions of the tested concrete constituents with the ratio of cement : fine aggregate : brick shard waste, namely 1 : 2 : 3, 1 : 2½ : 3½, and 1 : 3 : 5. The purpose of the difference in 3 kinds of proportions for determine the maximum compressive strength to be compared with normal concrete K-175, and the time of testing the compressive strength when the test concrete is 28 days old.

The results of the compressive strength test for normal concrete K-175 are 19.462 MPa, and of the three test concretes which has the greatest compressive strength value and closest to normal concrete K-175 is the 1 : 2½ : 3½ test concrete of 12.696 MPa, the difference is 6.766 MPa. with normal concrete K-175.

The effect of replacing coarse aggregate with crushed brick waste has a major impact on the value of the compressive strength of concrete, because of the three test concretes, the compressive strength value is below normal concrete K-175 in general, which is 14.5 MPa.

Keywords : Waste; Concrete Brick; Concrete; Proportion; Compressive Strength



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman menyebabkan peningkatan kebutuhan masyarakat menjadi naik dengan pesat, hal tersebut menjadikan berbagai aspek dari industri, infrastruktur, dan aspek lainnya menjadi naik. Meningkatnya aspek industri menjadikan kebutuhan – kebutuhan masyarakat semakin terpenuhi, akan tetapi juga menyebabkan munculnya berbagai limbah atau sampah dari produksi kebutuhan masyarakat tersebut. Hal tersebut menyebabkan semakin tinggi potensi kerusakan pada lingkungan akibat berbagai limbah atau sampah yang tidak dapat terurai.

Limbah menjadi efek yang besar terhadap lingkungan. Khususnya di Indonesia, banyak limbah yang tidak dimanfaatkan dan juga limbah tersebut tidak dapat diurai oleh tanah sehingga menyebabkan banyaknya kualitas tanah di Indonesia menurun. Salah satu limbah yang tidak dimanfaatkan adalah limbah dari produksi batako. Limbah batako tersebut berupa pecahan – pecahan dari sisa produksi batako maupun dari pekerjaan bangunan.

Batako yang dimaksud disini adalah bata beton untuk pasangan dinding. Produksi batako yang diolah untuk kepentingan infrastruktur menjadi produksi yang melimpah seiring meningkatnya kebutuhan infrastruktur. Produksi batako yang melimpah juga menghasilkan limbah yang melimpah. Hal tersebut menyebabkan bertambahnya peluang untuk limbah – limbah yang terbuang tanpa adanya pemanfaatan.

Maka dari itu, perlu diadakannya pemanfaatan limbah pecahan batako tersebut dalam upaya meminimalisir kerusakan lingkungan dan juga tidak membiarkan limbah tersebut terbuang percuma. Solusi tersebut yang melatarbelakangi penelitian penggantian agregat kasar pada adonan beton dengan limbah pecahan batako. Penelitian tersebut dapat menjadikan limbah pecahan batako menjadi barang yang berguna.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun untuk rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sifat – sifat teknis limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton ?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako terhadap kuat tekan beton ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian, tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui sifat – sifat teknis limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.
2. Mengetahui pengaruh perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako terhadap kuat tekan beton.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Beton normal K-175.
2. Beton uji yang agregat kasarnya diganti limbah pecahan batako dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako adalah 1 : 2 : 3, 1 : 2 ½ : 3 ½, 1 : 3 : 5.
3. Sifat – sifat teknis pada agregat yang diperiksa adalah kadar air, kadar lumpur, analisa saringan.
4. Sifat – sifat teknis beton yang diperiksa adalah berat volume beton dan kuat tekan beton.
5. Waktu pengujian kuat tekan beton dilakukan saat beton berumur 28 hari.
6. Cetakan beton uji yang digunakan adalah silinder ukuran 150 mm x 300 mm.
7. Jenis batako yang digunakan adalah batako berlubang.

1.5 Keaslian Tugas Akhir

Penelitian – penelitian yang serupa terkait pemanfaatan limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton sudah pernah diteliti, salah satunya pada penelitian yang dilakukan oleh Alfredo Isir, Mahasiswa S1

Universitas Sangga Buana (UBS) – YPKP Bandung berupa Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Kajian Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Pecahan Batako Sebagai Pengganti Agregat Kasar Untuk Struktur Bangunan”.

Perbedaan penelitian ini dan penelitian tersebut, bahwa penelitian tersebut menggunakan limbah pecahan batako sebagai tambahan dalam campuran beton dengan 0,0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Sedangkan pada penelitian ini, percobaan beton uji berupa 3 macam perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako pada campuran beton yaitu 1 : 2 : 3, 1 : 2 ½ : 3 ½, 1 : 3 : 5. Hasil dari ketiga percobaan tersebut akan diambil beton uji memiliki nilai kuat tekan paling tinggi untuk dibandingkan dengan beton normal K-175.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik UNISSULA Semarang, dengan batako yang diambil dari Pabrik Batako dan *Paving Block* Pak Mandor Mukhlisin yang berada di Kabupaten Demak.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Definisi Beton

Peraturan Bahan Bangunan Indonesia 1982 mendefinisikan beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen Portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan.

2.1.2 Material Beton

2.1.2.1 Semen Portland. Peraturan Bahan Bangunan Indonesia 1982 mendefinikan semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker, yang terdiri terutama dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu.

2.1.2.2 Agregat Halus. Peraturan Bahan Bangunan Indonesia 1982 menjelaskan bahwa pasir beton adalah butiran – butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar terletak 0,075 – 5 mm. ASTM C-33-2016 mengemukakan syarat – syarat batas prosentase butir lolos agregat halus yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)	Batas (%)
9,5	100
4,75	95 – 100
2,36	80 – 100
1,18	50 – 85
0,6	25 – 60
0,3	5 – 30
0,15	0 – 10

(Sumber : International, 2016)

2.1.2.3 *Agregat Kasar*. Peraturan Beton Indonesia 1971 menerangkan bahwa agregat kasar untuk beton berupa kerikil dari desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. ASTM C-33-2016 mengemukakan syarat – syarat batas prosentase butir lolos agregat kasar yang tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Syarat – Syarat Agregat Kasar

Ukuran saringan (mm)	Batas (%)
25	90 – 100
19	20 – 55
12,5	0 – 10

(Sumber : International, 2016)

2.1.2.4 *Air*. Menurut Peraturan Beton Indonesia 1971, bahwa air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam – garam, bahan – bahan organis atau bahan – bahan lain yang merusak beton.

2.1.3 *Mix Design Beton*

Peraturan Beton Indonesia 1971 menyatakan bahwa beton untuk pekerjaan – pekerjaan struktural secara umum dikategorikan pada Beton Kelas II yang dibagi dalam mutu – mutu standar, yaitu B₁, K 125, K 175 dan K 225. Beton mutu B₁ dan K 125 harus dipakai campuran nominal semen, pasir dan kerikil (atau batu pecah) dalam perbandingan isi 1 : 2 : 3 atau 1 : 1 ½ : 2 ½. Sedangkan untuk beton K 175 dan mutu – mutu lainnya yang lebih tinggi harus dipakai campuran yang direncanakan, maksudnya campuran yang dapat dibuktikan dengan data otentik dari pengalaman – pengalaman pelaksanaan beton di waktu yang lalu atau dengan data dari percobaan – percobaan pendahuluan, bahwa kekuatan karakteristik diisyaratkan dapat dicapai.

SNI 7656-2012 menyatakan bahwa bila *slump* tidak diisyaratkan, maka ketentuan nilai *slump* menggunakan Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai *Slump* yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi

Jenis Konstruksi	<i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi Beton Bertulang (Dinding & Pondasi Tapak)	75	25
Pondasi Telapak tanpa Tulangan, Pondasi Tiang Pancang, Dinding Bawah Tanah	75	25
Balok dan Dinding Bertulang	100	25
Kolom	100	25
Perkerasan dan Pelat Lantai	75	25
Beton Massa	50	25

(Sumber : Nasional, 2012)

Nilai *slump* pada beton dipengaruhi oleh kandungan bahan pada campuran beton, termasuk air. Kebutuhan air menurut nilai *slump* ditentukan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara untuk Berbagai *Slump* dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah

Air (kg/m ³) untuk Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah									
<i>Slump</i> (mm)	9,5 mm	12,7 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	175 mm	150 mm	150 mm
Beton tanpa Tambahan Udara									
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-	-
> 175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya kadar udara pada beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	0,2
Beton dengan Tambahan Udara									
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-	-
> 175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah Kadar Udara yang Disarankan (%)	Ringan	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
	Sedang	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
	Berat	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

(Sumber : Nasional, 2012)

2.1.4 Sifat – Sifat Teknis Beton

2.1.2.1 *Berat Isi Beton.* Menurut SNI 1973-2016, berat isi atau densitas pada beton sebagai berat atau massa beton per satuan volume dirumuskan dengan Persamaan 2.1.

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- D : densitas beton (kg/m³)
- M_c : berat wadah ukur yang diisi beton (kg)
- M_m : berat wadah ukur (kg)
- V_m : volume wadah ukur (m³)

2.1.2.2 *Kuat Tekan Beton.* Menurut SNI 1974-2011, kuat tekan beton dirumuskan dengan Persamaan 2.2.

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- f'_c : kuat tekan beton (MPa atau N/mm²)
- P : gaya tekan aksial (N)
- A : luas penampang melintang beton uji (mm²)

2.1.2.3 *Kuat Tarik Belah.* SNI 2491-2014 menjelaskan bahwa kuat tarik belah pada beton dijadikan parameter untuk menilai kuat geser dan menentukan panjang penyaluran tulangan pada beton dan rumus perhitungan kuat tarik belah ditentukan melalui Persamaan 2.3.

$$T = 2P/\pi ld \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- T : kuat tarik belah (MPa)
- P : beban maksimum (N)
- l : panjang (mm)
- d : diameter (mm)

2.1.2.4 *Modulus Elastisitas.* ASTM C-469-02-2006 mengemukakan bahwa Modulus Elastisitas pada beton memberikan nilai rasio tegangan pada beton baik

lateral maupun longitudinal untuk pengerasan pada beton, dan untuk memperoleh nilai Modulus Elastisitas pada beton dirumuskan pada Persamaan 2.4.

$$E = (S_2 - S_1)/(\mathcal{E}_2 - 0,000050) \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

- E : Modulus Elastisitas (MPa)
- S_2 : tegangan 40% beban ultimit (kg/cm^2)
- S_1 : tegangan pada regangan longitudinal \mathcal{E}_1 (kg/cm^2)
- \mathcal{E}_2 : regangan longitudinal yang dihasilkan S_2
- \mathcal{E}_1 : 0,000050

2.2 Batako

2.2.1 Definisi Batako

SNI 03-0349-1989 mendefinisikan bata beton sebagai suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen portland, air dan agregat yang dipergunakan untuk pasangan dinding. Bata beton lebih sering dikenal sebagai batako.

2.2.2 Pambagian Batako

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

Bata beton pejal maupun berlubang dibedakan menurut tingkat mutunya, terdiri dari mutu kelas I,II,III,IV.

2.2.3 Syarat Mutu Batako

1. Pandangan Luar
 - a. Bidang permukaan tidak boleh cacat.
 - b. Bentuk permukaan yang lain rusuk – rusuknya boleh siku terhadap rusuk lain, dan sudut rusuk tidak mudah dirapihkan oleh kekuatan jari tangan.

2. Ukuran dan Toleransi

Untuk ukuran batako, harus sesuai dengan Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Ukuran Bata Beton (mm)

Jenis	Ukuran			Tebal di Dinding Sekatan Lubang, Minimal	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
Pejal	390 + 3	90 ± 2	100 ± 2	-	-
	- 5				
Berlobang Kecil	390 + 3	190 + 3	100 ± 2		
	- 5	- 5			
Berlobang Besar	390 + 3	190 + 3	200 ± 3	20	15
	- 5	- 5		25	20

(Sumber : Nasional, 1989)

2.2.4 Syarat Fisis

Adapun untuk syarat – syarat fisis dari batako, sesuai dengan Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Syarat – Syarat Fisis Bata Beton

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Rata – Rata Kuat Tekan Bruto Minimal	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat Tekan Bruto Minimal pada Masing – Masing Benda Uji	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan Air Maksimal Rata – Rata	%	25	35	-	-	25	35		

(Sumber : Nasional, 1989)

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sifat – sifat teknis agregat (kadar air, kadar lumpur, analisa saringan) dan kuat tekan beton pada beton normal K-175 dan beton uji dengan limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik UNISSULA.

3.1 Persiapan

Pedoman Beton 1989 (Mulyono, 2005) mengemukakan beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum penuangan beton, yaitu :

1. Semua peralatan untuk pengadukan dan pengangkutan beton harus bersih.
2. Ruang yang akan diisi beton harus bebas dari kotoran – kotoran yang mengganggu.
3. Untuk memudahkan pembuatan acuan, permukaan dalam acuan boleh dilapisi dengan bahan khusus, antara lain lapisan minyak mineral, lapisan bahan kimia.
4. Semua kotoran, serpihan beton dan material lain yang menempel pada permukaan beton yang telah mengeras harus dibuang sebelum beton yang baru dituangkan pada permukaan beton yang telah mengeras tersebut.

3.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Semen Portland

Semen Portland yang digunakan adalah Semen Portland Jenis I dengan merek Semen Gresik berat 40 kg.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah Pasir Muntilan dari toko bangunan yang ada di Kota Semarang.

3. Limbah pecahan batako

Limbah batako yang digunakan adalah limbah produksi batako dari Pabrik Batako dan *Paving Block* Pak Mandor Mukhlisin di Kabupaten Demak.

4. Air

Air yang digunakan adalah air yang digunakan pada Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik UNISSULA.

3.3 Alat

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Ayakan

Ayakan yang digunakan untuk agregat halus yaitu ayakan agregat dengan variasi ukuran lubang saringan 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 2 mm, 0,6 mm, 0,15 mm, 0,075 mm dengan dilengkapi tutup ayakan dan digetarkan dengan mesin penggetar saringan. Perbedaan ayakan agregat halus dan agregat kasar terletak pada 3 saringan pertama dimana variasi ukuran lubang untuk agregat kasar adalah 25 mm, 19 mm, dan 12,5 mm.

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat dari agregat dan beton.

3. Gelas Ukur

Gelas ukur dalam penelitian ini digunakan untuk memeriksa kadar lumpur terhadap agregat halus yang digunakan pada campuran beton.

4. Oven

Oven dalam penelitian ini digunakan untuk mengeringkan agregat sehingga bisa sesuai dengan ketentuan agregat yang diperlukan.

5. Cetakan Beton Silinder

Cetakan beton silinder digunakan sebagai wadah untuk mencetak beton.

6. Mesin Uji Tekan

Mesin Uji Tekan yang digunakan adalah *Concrete Compressive Strength* tipe CO-320.

7. Alat Pembantu Lainnya

Selain alat – alat yang disebutkan di atas masih ada banyak lagi alat – alat pendukung yang diperlukan yaitu ember, tongkat baja, sekop, dan lain – lain.

3.4 Pelaksanaan Pembuatan Beton

Pelaksanaan pembuatan beton dilaksanakan setelah bahan dan alat sudah dipersiapkan.

3.4.1 Pemeriksaan Bahan

Sebelum pekerjaan pembuatan beton dilakukan, bahan – bahan yang digunakan sebagai penyusun beton harus diperiksa terlebih dahulu.

3.4.1.1 Agregat Halus. Pemeriksaan pada agregat halus ini meliputi :

1. Kadar air

SNI 1971-2011 menentukan pemeriksaan kadar air terhadap agregat, baik untuk agregat halus maupun kasar. Cara uji kadar air terhadap agregat menggunakan metode pengeringan yang mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap pada agregat melalui pengeringan.

Adapun untuk prosedur pemeriksaan kadar air pada agregat adalah :

- a. Timbang benda uji sampai 0,1 % massa terdekat (W_1) : (Massa benda uji adalah massa wadah dan benda uji dikurangi massa wadah).
- b. Keringkan benda uji langsung dalam wadah dengan menggunakan pemanas yang diinginkan dan jaga jangan sampai ada partikel yang hilang.
- c. Setelah dingin, sehingga tidak akan merusak atau mempengaruhi timbangan, timbang benda uji kering sampai 0,1% massa terdekat (W_2). Benda uji dianggap kering apabila pemanasan berikutnya hanya menyebabkan penurunan massa kurang dari 0,1%.

Perhitungan kadar air pada agregat halus, menggunakan Persamaan 3.1.

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

W_1 : massa benda uji (g)

W_2 : massa benda uji kering oven (g)

2. Kadar lumpur

Peraturan Beton Indonesia 1971 menyatakan bahwa kadar lumpur pada agregat halus tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat halus harus dicuci.

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus ini menggunakan metode endapan. Cara ini merupakan cara lain dari pemeriksaan kadar lumpur dengan penyaringan bahan No. 200.

Adapun untuk langkah – langkah pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dengan metode endapan adalah :

- a. Agregat halus dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- b. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
- c. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
- d. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e. Hitung kadar lumpur benda uji.

Perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan Persamaan 3.2.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

V_1 : Volume Pasir (ml)

V_2 : Volume Lumpur (ml)

3. Analisa saringan

Menurut SNI 03-1968-1990 analisa saringan agregat adalah persentasi berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka – angka persentasi digambarkan pada grafik pembagian butir. Adapun langkah – langkah pada analisa saringan terhadap agregat halus adalah :

- a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3.4.1.2 Agregat Kasar. Pemeriksaan pada agregat kasar tidak jauh berbeda dengan pemeriksaan pada agregat halus, yaitu :

1. Kadar air

Metode pemeriksaan dan rumus perhitungan kadar air pada agregat kasar dan agregat halus menggunakan metode yang sama, dimana untuk memperoleh nilai kadar air agregat menggunakan Persamaan 3.1.

2. Kadar lumpur

Menurut Peraturan Beton Indonesia 1971, agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Arti dari lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

Metode yang digunakan untuk memeriksa kadar lumpur agregat kasar menggunakan penyaringan agregat yang lolos saringan No. 200. Adapun langkah – langkah pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar adalah :

- 1). Timbang berat wadah.
- 2). Timbang berat wadah dan benda uji dalam keadaan kering.
- 3). Masukkan benda uji ke dalam wadah dan dicuci beberapa kali hingga airnya bersih.
- 4). Timbang berat wadah dan berat benda uji setelah dicuci.
- 5). Benda uji dikeringkan dalam oven selama 24 jam.
- 6). Keluarkan benda uji dari oven.
- 7). Hitung kadar lumpur benda uji.

Menurut SNI 03-4142-1996, perhitungan kadar lumpur pada agregat kasar menggunakan Persamaan 3.3, Persamaan 3.4, Persamaan 3.5.

a. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots \dots \dots (3.3)$$

b. Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots \dots \dots (3.4)$$

c. Bahan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm)

$$W_6 = ((W_3 - W_5)/(W_3)) \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

W_1 : Berat Kering Benda Uji + Wadah (g)

W_2 : Berat Wadah (g)

W_3 : Berat Kering Benda Uji Awal (g)

W_4 : Berat Kering Benda Uji Setelah Pencucian + Wadah (g)

W_5 : Berat Kering Benda Uji Setelah Pencucian (g)

W_6 : % Bahan Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)

3. Analisa saringan

Metode analisa saringan pada agregat kasar dan agregat halus menggunakan metode yang sama.

3.4.1.3 Limbah Pecahan Batako. Pemeriksaan pada limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar pada beton menggunakan metode pemeriksaan yang sama dengan metode pemeriksaan pada agregat kasar, baik kadar air, kadar lumpur, maupun analisa saringan.

3.4.2 Pembuatan Beton

1. Penakaran

Penakaran beton normal K-175 mengacu pada SNI 7394-2008. Sedangkan beton uji dengan limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton, ada 3 macam proporsi campuran dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako adalah 1 : 2 : 3, 1 : 2 ½ : 3 ½, 1 : 3 : 5. Kebutuhan air dalam campuran beton uji mengacu pada Tabel 2.4 yaitu 193 l/m³.

2. Pengadukan

Metode pengadukan pada beton ada 2 cara, yaitu pengadukan manual dan pengadukan dengan mesin (Mulyono, 2005).

Adapun untuk pengadukan bahan penyusun beton pada penelitian ini menggunakan mesin *Concrete Mixer* yang ada di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik UNISSULA.

3. Uji *Slump* Beton

Menurut Peraturan Beton Indonesia 1971, kekentalan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian *slump*. Adukan beton untuk keperluan *slump* ini harus diambil langsung dari mesin pengaduk dengan ember atau alat lain yang tidak menyerap air. Nilai *slump* rencana yang digunakan dalam pembuatan beton mengacu pada Tabel 2.4 yaitu nilai *slump* rencana 75 mm – 100 mm.

Peraturan Beton Indonesia 1971 mengemukakan langkah – langkah pengujian *slump* pada beton, yaitu :

- a. Sebuah kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm (disebut *Abrams*) diletakkan di atas bidang alas yang rata yang tidak menyerap air.
- b. Kerucut ini diisi dengan adukan beton, sambil ditekan ke bawah pada penyokong – penyokongnya.
- c. Adukan beton diisikan dalam 3 lapis yang kira – kira tebalnya sama, dan setiap lapis ditusuk – tusuk 10 kali dengan tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm dan dengan ujung yang dibulatkan.
- d. Setelah bidang atasnya disipat rata, maka dibiarkan $\frac{1}{2}$ menit. Selama waktu ini adukan beton yang jatuh sekitar kerucut disingkirkan. Kemudian kerucut ditarik vertikal ke atas dengan hati – hati.
- e. Segera setelah itu penurunan puncak kerucut terhadap tingginya semula diukur.
- f. Hasil pengukuran ini disebut *slump* dan merupakan ukuran kekentalan adukan beton tersebut.

4. Pengecoran dan Pematatan

Pengecoran yang dimaksudkan disini adalah penuangan beton dari *concrete mixer* ke cetakan silinder beton.

Menurut Peraturan Beton Indonesia 1971, upaya untuk mencegah timbulnya rongga – rongga kosong dan sarang – sarang kerikil, adukan beton harus dipadatkan selama pengecoran. Pematatan ini dapat dilakukan dengan menumbuk – nembuk adukan atau dengan memukul – mukul cetakan, tetapi dianjurkan menggunakan alat – alat pematat mekanis (alat penggetar).

Metode pemadatan yang dilakukan pada penelitian ini dengan menumbuk – numbuk adukan beton selama pengecoran.

5. Perawatan

Perawatan pada beton dilakukan agar tidak mengalami gangguan pada proses hidrasi, dikarenakan jika terjadi gangguan pada proses hidrasi akan berakibat keretakan pada beton karena kehilangan air dengan tempo waktu yang cepat (Mulyono, 2005).

Perawatan yang digunakan adalah perawatan dengan pembasahan, yaitu dengan menaruh atau merendam beton segar dalam air. Waktu perawatan yang digunakan adalah 7 hari.

3.4.3 Pemeriksaan Berat Volume dan Uji Kuat Tekan Beton

3.4.3.1 Berat Volume. Pemeriksaan berat volume agregat ini dilakukan sebelum perawatan beton, yaitu ketika masih berupa beton segar. Perhitungan untuk memeriksa berat volume atau berat isi beton menggunakan Persamaan 2.1. Adapun untuk langkah – langkah pemeriksaan berat volume beton adalah :

1. Timbang dan catat berat cetakan.
2. Isilah cetakan dengan beton dalam tiga lapis.
3. Tiap – tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan. Pada pemadatan lapis pertama, tongkat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pemadatan lapis kedua dan ketiga, tusukan tongkat kira – kira sampai 2,5 cm di bawah lapisan sebelumnya.
4. Setelah selesai pemadatan, ketuklah cetakan perlahan – lahan sampai tidak tampak gelembung – gelembung udara pada permukaan serta rongga – rongga bekas tusukkan tertutup.
5. Ratakan permukaan pada beton, kemudian timbang lagi cetakan yang diisi beton dan catat beratnya.

3.4.3.2 Uji Kuat Tekan Beton. Perhitungan kuat tekan beton menggunakan Persamaan 2.2. Adapun langkah – langkah uji kuat tekan pada beton adalah :

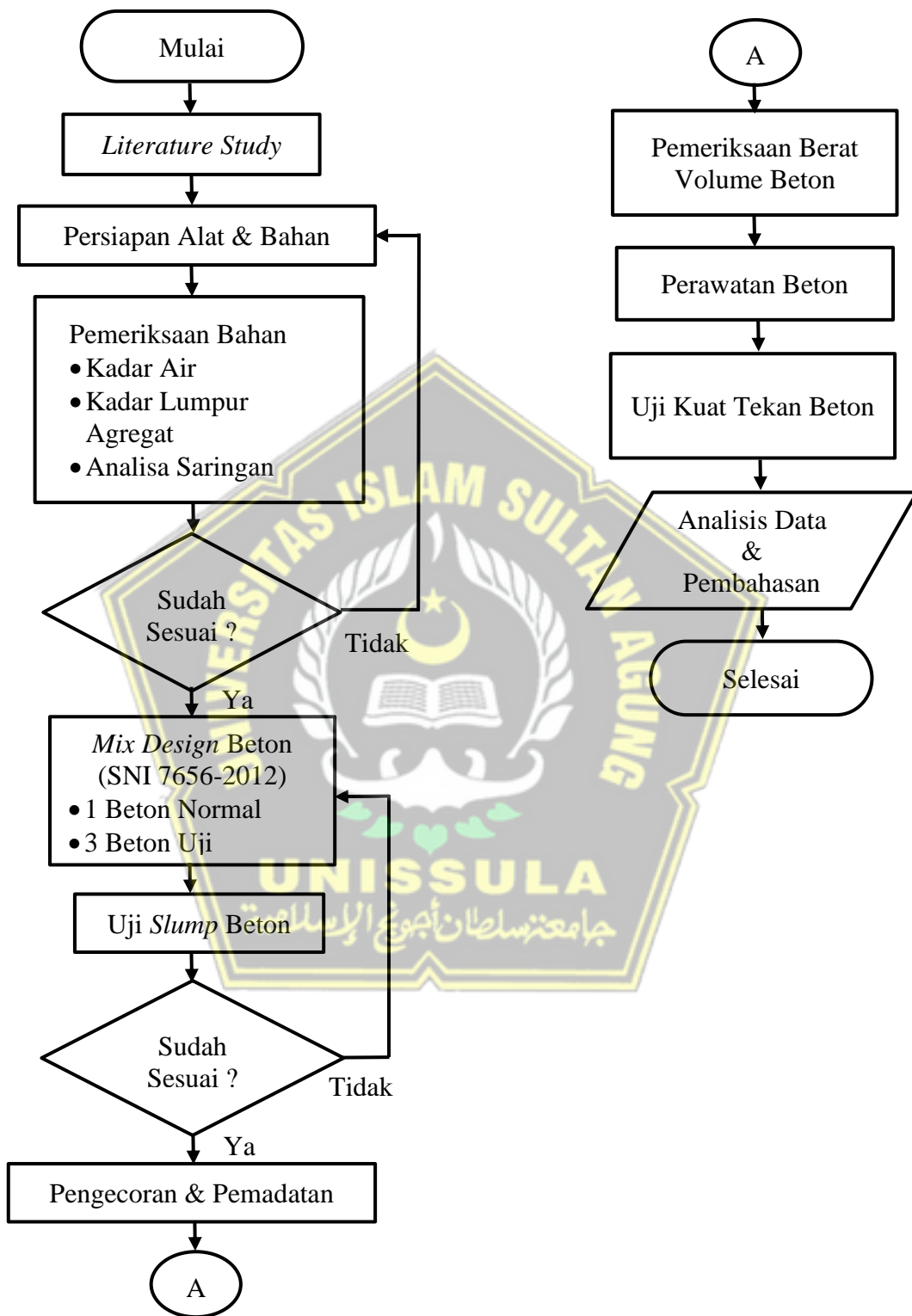
1. Uji tekan beton harus segera dilakukan setelah pemindahan dari tempat pelembaban.

2. Letakkan landasan tekan datar bagian bawah dengan permukaan kerasnya menghadap ke atas.
3. Lakukan pembebanan secara terus menerus dan tanpa kejutan hingga beton hancur, dan catat beban maksimum yang diterima beton selama pembebanan. Catat tipe kehancuran dan kondisi visual beton.



3.5 Bagan Alir

Bagan alir penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 3.1. Bagan Alir Pelaksanaan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan

Penelitian ini dilakukan mendapat izin penggunaan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik UNISSULA. Tahap setelah perizinan yaitu pengadaan bahan dan alat yang diperlukan selama penelitian dilaksanakan, kemudian dilakukannya pemeriksaan bahan untuk mengetahui sifat – sifat teknis agregat yang melingkupi kadar air, kadar lumpur, analisa saringan sebelum pembuatan beton normal dan beton uji.

Pembuatan beton normal dan beton uji harus direncanakan perbandingan berat bahan penyusun beton terlebih dahulu untuk menentukan nilai kuat tekan beton rencana.

4.2. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat

Pemeriksaan sifat – sifat teknis agregat halus, agregat kasar, limbah pecahan batako ini mencakup pemeriksaan terhadap kadar air, kadar lumpur, analisa saringan.

4.2.1 Agregat Halus

4.1.1.1 Kadar Air. Pemeriksaan kadar air agregat halus dihitung melalui Persamaan 3.1. Pemeriksaan kadar air agregat halus ini dilakukan dengan 2 percobaan untuk mengetahui kepastian dari nilai kadar air agregat halus tersebut. Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus ini adalah sebagai berikut.

a. Percobaan I

$$\text{Berat cawan} = 45 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven} = 300 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven} = 290 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= (\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven}) - (\text{Berat cawan}) \\ &= 300 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 255 \text{ g} \end{aligned}$$

$$W_2 = (\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven}) - (\text{Berat cawan})$$

$$\begin{aligned}
 &= 290 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 245 \text{ g} \\
 \text{Kadar Air I} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{255 - 245}{245} \\
 &= 4\%
 \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$\text{Berat cawan} = 45 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven} = 300 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven} = 290 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}
 W_1 &= (\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven}) - (\text{Berat cawan}) \\
 &= 300 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 255 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_2 &= (\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven}) - (\text{Berat cawan}) \\
 &= 290 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 245 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air II} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{255 - 245}{245} \\
 &= 4\%
 \end{aligned}$$

c. Kadar Air Rata – Rata

$$\text{Kadar air I} = 4\%$$

$$\text{Kadar air II} = 4\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air rata – rata} &= \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} \\
 &= \frac{4\% + 4\%}{2} \\
 &= 4\%
 \end{aligned}$$

Hasil rata – rata dari 2 percobaan pemeriksaan kadar air agregat halus tersebut menunjukkan nilai kadar air agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton pada penelitian ini adalah 4%.

4.1.1.2 Kadar Lumpur. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus menggunakan Persamaan 3.2. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus ini dilakukan dengan 2 percobaan untuk mengetahui kepastian dari nilai kadar lumpur agregat halus tersebut. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus ini adalah sebagai berikut.

a. Percobaan I

$$V_1 = 270 \text{ ml}$$

$$V_2 = 0 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{0}{270+0} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$V_1 = 290 \text{ ml}$$

$$V_2 = 0 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur II} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{0}{290+0} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata – Rata

$$\text{Kadar lumpur I} = 0\%$$

$$\text{Kadar lumpur II} = 0\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur rata – rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{0\% + 0\%}{2} \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Hasil rata – rata dari 2 percobaan tersebut menunjukkan bahwa kadar lumpur agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton pada penelitian ini adalah 0%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kadar lumpur agregat halus tersebut sudah sesuai dengan persyaratan kandungan maksimal kadar lumpur agregat halus yaitu 5%, maka dari itu agregat halus tersebut tidak perlu dicuci (Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1979).

4.1.1.3 Analisa Saringan. Analisa saringan agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton menggunakan metode yang telah dinyatakan pada Bab 3. Hasil analisa saringan agregat halus ini di tercantum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Penyaringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat (g)
1.	9,5	45	45	0
2.	4,75	45	60	15
3.	2,36	45	140	95
4.	2	45	115	70
5.	0,6	45	505	460
6.	0,15	45	325	280
7.	0,075	45	80	35
8.	Pan	45	45	0
Jumlah				955

(Sumber : Hasil Analisis)

a. Prosentase Agregat Tertinggal = $\frac{\text{Berat Agregat}}{\sum \text{Berat Agregat}} \times 100\%$

1). Tertahan kumulatif ϕ 9,5 = $\frac{0}{955} \times 100\% = 0\%$

2). Tertahan kumulatif ϕ 4,75 = $\frac{15}{955} \times 100\% = 1,57\%$

3). Tertahan kumulatif ϕ 2,36 = $\frac{95}{955} \times 100\% = 9,95\%$

4). Tertahan kumulatif ϕ 2 = $\frac{70}{955} \times 100\% = 7,33\%$

5). Tertahan kumulatif ϕ 0,6 = $\frac{460}{955} \times 100\% = 48,17\%$

6). Tertahan kumulatif ϕ 0,15 = $\frac{280}{955} \times 100\% = 29,32\%$

7). Tertahan kumulatif ϕ 0,075 = $\frac{35}{955} \times 100\% = 3,66\%$

b. Komulatif Agregat Tertinggal

1) Lolos Saringan ϕ 9,5 = $(0 + 0) \% = 0\%$

2) Lolos Saringan ϕ 4,75 = $(0 + 1,57) \% = 1,57\%$

- 3) Lolos Saringan ϕ 2,36 = (1,57 + 9,95) % = 11,52%
- 4) Lolos Saringan ϕ 2 = (11,52 + 7,33) % = 18,85%
- 5) Lolos Saringan ϕ 0,6 = (18,85 + 48,17) % = 67,02%
- 6) Lolos Saringan ϕ 0,15 = (67,02 + 29,32) % = 96,34%
- 7) Lolos Saringan ϕ 0,075 = (96,34 + 3,67) % = 100%

c. *Present Finer* (f) = 100% - Komulatif agregat tertinggal

- 1) Saringan ϕ 9,5 = 100% - 0% = 100%
- 2) Saringan ϕ 4,75 = 100% - 1,57% = 98,43%
- 3) Saringan ϕ 2,36 = 100% - 11,52% = 88,48%
- 4) Saringan ϕ 2 = 100% - 18,85% = 81,15%
- 5) Saringan ϕ 0,6 = 100% - 67,02% = 32,98%
- 6) Saringan ϕ 0,15 = 100% - 96,34% = 3,66%
- 7) Saringan ϕ 0,075 = 100% - 100% = 0%

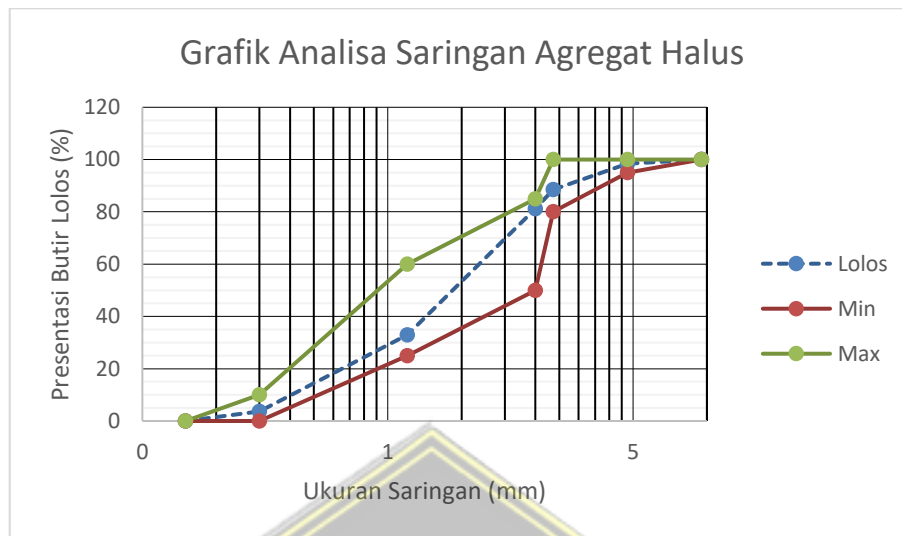
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	<i>Present Finer</i> (%)	Batas (ASTM C-33) (%)
1.	9,5	0	0	0	100	100
2.	4,75	15	1,57	1,57	98,43	95 – 100
3.	2,36	95	9,95	11,52	88,48	80 – 100
4.	2	70	7,33	18,85	81,15	50 – 85
5.	0,6	460	48,15	67,02	32,98	25 – 60
6.	0,15	280	29,32	96,34	3,66	0 – 10
7.	0,075	35	3,66	100	0	-
Jumlah		955	99,98	295,3	404,7	-

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{295,3}{100}
 \end{aligned}$$

= 2,95



Gambar 4.1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Hasil analisa saringan agregat halus tersebut menunjukkan bahwa gradasi agregat halus yang digunakan dalam campuran beton sudah memenuhi syarat batas yang ditentukan oleh ASTM C-33-2016, dan nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus tersebut memiliki nilai 2,95. Umumnya nilai MHB agregat halus sekitar 1,50 – 3,80, ini berarti MHB agregat halus yang digunakan pada penelitian ini tergolong standar (Mulyono, 2005).

4.2.2 Agregat Kasar

4.1.2.1 *Kadar Air*. Pemeriksaan kadar air agregat kasar ini menggunakan metode yang sama dengan pemeriksaan kadar air agregat halus, yaitu menggunakan Persamaan 3.1. Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar ini adalah sebagai berikut.

a. Percobaan I

Berat cawan = 25 g

Berat cawan + agregat sebelum dioven = 285 g

Berat cawan + agregat sesudah dioven = 285 g

$W_1 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven}) - (\text{Berat cawan})$
 $= 285 \text{ g} - 25 \text{ g}$

$$\begin{aligned}
 &= 260 \text{ g} \\
 W_2 &= (\text{Berat cawan} + \text{agregat sesudah dioven}) - (\text{Berat cawan}) \\
 &= 285 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
 &= 260 \text{ g} \\
 \text{Kadar Air I} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{260 - 260}{260} \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$\begin{aligned}
 \text{Berat cawan} &= 25 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven} &= 285 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan} + \text{agregat sesudah dioven} &= 285 \text{ g} \\
 W_1 &= (\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven}) - (\text{Berat cawan}) \\
 &= 285 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
 &= 260 \text{ g} \\
 W_2 &= (\text{Berat cawan} + \text{agregat sesudah dioven}) - (\text{Berat cawan}) \\
 &= 285 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
 &= 260 \text{ g} \\
 \text{Kadar Air II} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{260 - 260}{260} \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

c. Kadar Air Rata – Rata

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air I} &= 0\% \\
 \text{Kadar air II} &= 0\% \\
 \text{Kadar air rata – rata} &= \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} \\
 &= \frac{0\% + 0\%}{2} \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Hasil rata – rata dari 2 percobaan pemeriksaan kadar air agregat kasar tersebut menunjukkan nilai kadar air agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton normal pada penelitian ini adalah 0%.

4.1.2.2 Kadar Lumpur. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar menggunakan Persamaan 3.3, Persamaan 3.4, Persamaan 3.5. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar ini dilakukan dengan 2 percobaan untuk mengetahui kepastian dari nilai kadar lumpur agregat kasar tersebut. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar ini adalah sebagai berikut.

a. Percobaan I

$$\begin{aligned}
 \text{Berat cawan } (W_2) &= 45 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci } (W_1) &= 260 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci } (W_4) &= 255 \text{ g} \\
 W_3 &= W_1 - W_2 \\
 &= 260 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 215 \text{ g} \\
 W_5 &= W_4 - W_2 \\
 &= 255 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 210 \text{ g} \\
 W_6 &= ((W_3 - W_5)/(W_3)) \times 100\% \\
 &= ((215 - 210)/(215)) \times 100\% \\
 &= 2\%
 \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$\begin{aligned}
 \text{Berat cawan } (W_2) &= 45 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci } (W_1) &= 275 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci } (W_4) &= 270 \text{ g} \\
 W_3 &= W_1 - W_2 \\
 &= 275 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 230 \text{ g} \\
 W_5 &= W_4 - W_2 \\
 &= 270 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 225 \text{ g} \\
 W_6 &= ((W_3 - W_5)/(W_3)) \times 100\% \\
 &= ((230 - 225)/(230)) \times 100\% \\
 &= 2\%
 \end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata – Rata

$$\text{Kadar lumpur I} = 2\%$$

$$\text{Kadar lumpur II} = 2\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur rata – rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{2\% + 2\%}{2} \\ &= 2\%\end{aligned}$$

Hasil rata – rata dari 2 percobaan tersebut menunjukkan bahwa kadar lumpur agregat kasar tersebut adalah 2%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kadar lumpur agregat kasar tersebut belum memenuhi persyaratan kandungan maksimal kadar lumpur agregat kasar yaitu 1%, maka dari itu agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu (Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1979).

4.1.2.3 *Analisa Saringan*. Metode yang digunakan untuk analisa saringan agregat kasar ini menggunakan metode yang sama dengan metode analisa saringan pada agregat halus.

Perbedaan dalam analisa saringan terhadap agregat kasar dan agregat halus adalah spesifikasi ukuran saringan dan syarat batas presentase lolos butir. SNI 03-1968-1990 menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton minimal tertahan pada saringan 9,5 mm, dan ASTM C-33-2016 mengemukakan syarat batas presentasi lolos butir agregat yang digunakan dalam campuran beton.

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *split*, adapun hasil analisa saringan agregat kasar tersebut tercantum pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Penyaringan Agregat Kasar

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat (g)
1.	25	45	55	10
2.	19	45	375	330
3.	12,5	45	450	405
Jumlah				745

(Sumber : Hasil Analisis)

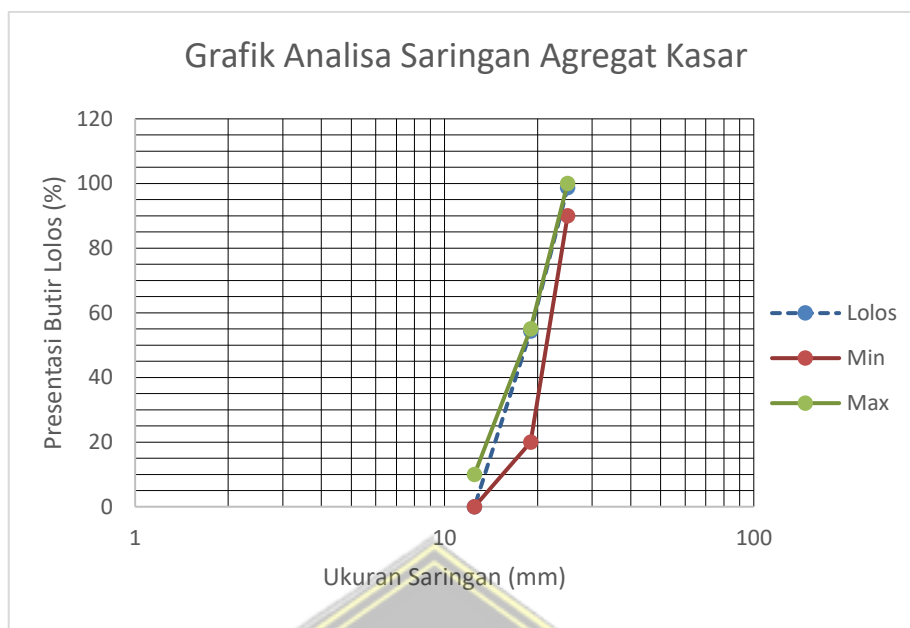
- a. Prosentase Agregat Tertinggal = $\frac{\text{Berat Agregat}}{\sum \text{Berat Agregat}} \times 100\%$
- 1). Tertahan komulatif ϕ 25 = $\frac{10}{745} \times 100\% = 1,34\%$
 - 2). Tertahan komulatif ϕ 19 = $\frac{330}{745} \times 100\% = 44,30\%$
 - 3). Tertahan komulatif ϕ 12,5 = $\frac{405}{745} \times 100\% = 54,36\%$
- b. Komulatif Agregat Tertinggal
- 1) Lolos Saringan ϕ 25 = $(0 + 1,34)\% = 1,34\%$
 - 2) Lolos Saringan ϕ 19 = $(1,34 + 44,30)\% = 45,64\%$
 - 3) Lolos Saringan ϕ 12,5 = $(45,64 + 54,36)\% = 100\%$
- c. *Present Finer* (f) = $100\% -$ Komulatif agregat tertinggal
- 1) Saringan ϕ 25 = $100\% - 1,34\% = 98,66\%$
 - 2) Saringan ϕ 19 = $100\% - 45,64\% = 54,36\%$
 - 3) Saringan ϕ 12,5 = $100\% - 100\% = 0\%$

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	<i>Present Finer</i> (%)	Spesifikasi (ASTM C-33) (%)
1.	25	10	1,34	1,34	98,66	90 – 100
2.	19	330	44,30	45,64	54,02	20 – 55
3.	12,5	405	54,36	100	0	0 – 10
Jumlah		745	100	146,64	153,36	-

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{146,64}{100} \\
 &= 1,47
 \end{aligned}$$



Gambar 4.2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Hasil analisa saringan agregat kasar tersebut menunjukkan bahwa gradasi agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton sudah memenuhi syarat batas yang ditentukan oleh ASTM C-33-2016, dan nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar tersebut memiliki nilai 1,47. Umumnya nilai MHB agregat kasar sekitar 5-8, ini berarti MHB agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton normal pada penelitian ini tidak tergolong standar (Mulyono, 2005).

4.2.3 Limbah Pecahan Batako

4.1.3.1 *Kadar Air*. Pemeriksaan kadar air limbah pecahan batako menggunakan metode yang sama dengan metode yang digunakan terhadap pemeriksaan kadar air agregat kasar, yaitu menggunakan Persamaan 3.1.

Hasil pemeriksaan kadar air limbah pecahan batako adalah sebagai berikut.

a. Percobaan I

$$\text{Berat cawan} = 25 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven} = 445 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven} = 440 \text{ g}$$

$$W_1 = \text{Berat cawan + agregat sebelum dioven} - (\text{Berat cawan})$$

$$\begin{aligned}
&= 445 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
&= 420 \text{ g} \\
W_2 &= \text{Berat cawan} + \text{agregat sesudah dioven} - (\text{Berat cawan}) \\
&= 440 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
&= 415 \text{ g} \\
\text{Kadar Air I} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \\
&= \frac{420 - 415}{415} \\
&= 1 \%
\end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$\begin{aligned}
W_1 &= \text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven} - (\text{Berat cawan}) \\
&= 305 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
&= 280 \text{ g} \\
W_2 &= \text{Berat cawan} + \text{agregat sesudah dioven} - (\text{Berat cawan}) \\
&= 305 \text{ g} - 25 \text{ g} \\
&= 280 \text{ g} \\
\text{Kadar Air II} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \\
&= \frac{280 - 280}{280} \\
&= 0 \%
\end{aligned}$$

c. Kadar Air Rata – Rata

$$\begin{aligned}
\text{Kadar air I} &= 1\% \\
\text{Kadar air II} &= 0\% \\
\text{Kadar air rata – rata} &= \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} \\
&= \frac{1\% + 0\%}{2} \\
&= 0,5\%
\end{aligned}$$

Hasil rata – rata dari 2 percobaan pemeriksaan kadar air limbah pecahan batako tersebut menunjukkan nilai kadar air limbah pecahan batako yang digunakan sebagai bahan campuran beton uji pada penelitian ini adalah 0,5%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kadar air limbah pecahan batako memiliki selisih 0,5% dengan nilai kadar air agregat kasar.

4.1.3.2 Kadar Lumpur. Pemeriksaan kadar lumpur limbah pecahan batako menggunakan metode yang sama dengan metode yang digunakan terhadap pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar, yaitu menggunakan Persamaan 3.3, Persamaan 3.4, Persamaan 3.5. Hasil pemeriksaan kadar lumpur limbah pecahan batako ini adalah sebagai berikut.

a. Percobaan I

$$\begin{aligned}
 \text{Berat cawan (W}_2\text{)} &= 45 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci (W}_1\text{)} &= 340 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci (W}_4\text{)} &= 320 \text{ g} \\
 W_3 &= W_1 - W_2 \\
 &= 340 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 295 \text{ g} \\
 W_5 &= W_4 - W_2 \\
 &= 320 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 275 \text{ g} \\
 W_6 &= ((W_3 - W_5)/(W_3)) \times 100\% \\
 &= ((295 - 275)/(295)) \times 100\% \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$\begin{aligned}
 \text{Berat cawan (W}_2\text{)} &= 45 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci (W}_1\text{)} &= 340 \text{ g} \\
 \text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci (W}_4\text{)} &= 330 \text{ g} \\
 W_3 &= W_1 - W_2 \\
 &= 340 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 295 \text{ g} \\
 W_5 &= W_4 - W_2 \\
 &= 330 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
 &= 285 \text{ g} \\
 W_6 &= ((W_3 - W_5)/(W_3)) \times 100\% \\
 &= ((295 - 285)/(295)) \times 100\% \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata – Rata

$$\text{Kadar lumpur I} = 6\%$$

$$\text{Kadar lumpur II} = 3\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur rata – rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{6\% + 3\%}{2} \\ &= 4,5\% \end{aligned}$$

Hasil rata – rata dari 2 percobaan tersebut menunjukkan bahwa kadar lumpur limbah pecahan batako adalah 4,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kadar lumpur limbah pecahan batako tersebut belum memenuhi persyaratan kandungan maksimal kadar lumpur agregat kasar yaitu 1%, maka dari itu limbah pecahan batako tersebut harus dicuci terlebih dahulu (Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1979). Perbandingan nilai kadar lumpur limbah pecahan batako ini memiliki selisih 2,5% dengan nilai kadar lumpur agregat kasar.

4.1.3.3 *Analisa Saringan*. Metode analisa saringan limbah pecahan batako ini sama dengan metode analisa saringan agregat kasar, karena inti pada penelitian ini yaitu mengganti agregat kasar dengan limbah pecahan batako pada campuran beton. Hasil analisa saringan limbah pecahan batako ini terdapat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Penyaringan Limbah Pecahan Batako

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat (g)
1.	25	45	65	20
2.	19	45	70	25
3.	12,5	45	90	45
Jumlah				90

(Sumber : Hasil Analisis)

a. Prosentase Agregat Tertinggal = $\frac{\text{Berat Agregat}}{\sum \text{Berat Agregat}} \times 100\%$

1). Tertahan kumulatif ϕ 25 = $\frac{20}{90} \times 100\% = 22,22\%$

$$2). \text{ Tertahan komulatif } \phi 19 = \frac{25}{90} \times 100\% = 27,78\%$$

$$3). \text{ Tertahan komulatif } \phi 12,5 = \frac{45}{90} \times 100\% = 50\%$$

b. Komulatif Agregat Tertinggal

$$1) \text{ Lolos Saringan } \phi 25 = (0 + 22,22) \% = 22,22\%$$

$$2) \text{ Lolos Saringan } \phi 19 = (22,22 + 27,78) \% = 50\%$$

$$3) \text{ Lolos Saringan } \phi 12,5 = (50 + 50) \% = 100\%$$

c. *Present Finer* (f) = 100% - Komulatif agregat tertinggal

$$1) \text{ Saringan } \phi 25 = 100\% - 22,22\% = 77,78\%$$

$$2) \text{ Saringan } \phi 19 = 100\% - 50\% = 50\%$$

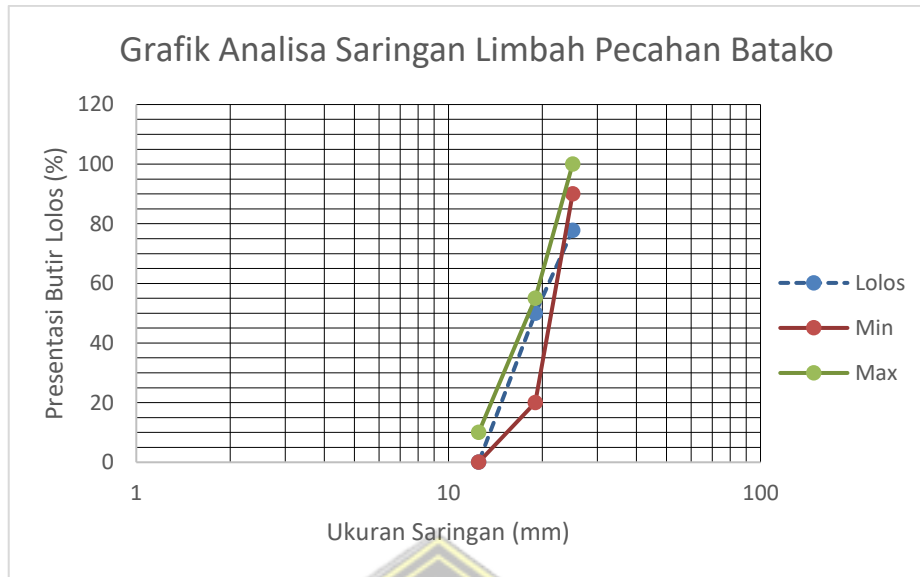
$$3) \text{ Saringan } \phi 12,5 = 100\% - 100\% = 0\%$$

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Limbah Pecahan Batako

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Agregat Tertinggal (%)	<i>Present Finer</i> (%)	Batas (ASTM C33) (%)
1.	25	20	22,22	22,22	77,78	90 – 100
2.	19	25	27,78	50	50	20 – 55
3.	12,5	45	50	100	0	0 – 10
Jumlah		90	100	172,22	127,78	-

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\ &= \frac{172,22}{100} \\ &= 1,72 \end{aligned}$$



Gambar 4.3. Grafik Analisa Saringan Limbah Pecahan Batako

Hasil analisa saringan limbah pecahan batako tersebut menunjukkan bahwa gradasi limbah pecahan batako yang digunakan dalam campuran beton ada satu bagian yang melewati batas minimum yang ditetapkan oleh ASTM C-33-2016, akan tetapi jika dirata – rata dari keseluruhan gradasi, maka gradasi dari limbah pecahan batako tersebut sudah memenuhi syarat batas yang ditentukan oleh ASTM C-33-2016.

Modulus Halus Butir (MHB) limbah pecahan batako tersebut memiliki nilai 1,72, nilai tersebut menunjukkan bahwa MHB limbah pecahan batako lebih kecil dari nilai MHB agregat kasar secara umum yaitu sekitar 5-8. Hal ini menunjukkan bahwa limbah pecahan batako yang digunakan sebagai bahan campuran beton uji pada penelitian ini tidak tergolong standar (Mulyono, 2005). Nilai MHB limbah pecahan batako memiliki selisih 0,25 dengan nilai MHB agregat kasar.

4.3. Perbandingan Bahan Penyusun Beton

Perbandingan bahan penyusun beton yang digunakan adalah perbandingan berat, dan alat cetak yang digunakan adalah cetakan silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm dengan volume cetakan tersebut adalah 0,0053 m³.

Beton normal yang digunakan sebagai parameter beton uji adalah beton normal K-175 dengan perbandingan bahan penyusun beton yang mengacu pada SNI 7394-2008 dengan Faktor Air Semen (FAS) adalah 0,66. Beton uji yang dibuat

ada 3 macam dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako, yaitu 1 : 2 : 3, 1 : 2 ½ : 3 ½, 1 : 3 : 5 dengan kebutuhan air sesuai Tabel 2.4 dan Faktor Air Semen (FAS) sama dengan beton normal K-175.

Perbandingan bahan penyusun beton dari keseluruhan beton yang dibuat tercantum pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perbandingan Bahan Penyusun Beton

No.	Nama	Perbandingan Bahan Penyusun Beton			
		Air (l)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
1.	Beton Normal K-175	1,71	2,59	6,04	8,18
2.	Beton Uji 1 : 2 : 3	1,33	1,67	3,34	5,01
3.	Beton Uji 1 : 2 ½ : 3 ½	1,33	1,67	4,17	5,84
4.	Beton Uji 1 : 3 : 5	1,23	1,54	4,63	7,71

(Sumber : Hasil Analisis)

4.4. Uji Slump

Penentuan kebutuhan air pada campuran beton ditentukan melalui nilai *slump* rencana yang sesuai dengan Tabel 2.3 dan Tabel 2.4. Nilai *slump* rencana yang diambil dari Tabel 2.3 adalah 75-100 mm, menghasilkan kebutuhan air 193 kg/m³ yang sesuai Tabel 2.4.

Pemeriksaan *slump* beton terhadap keseluruhan beton yang dibuat tercantum pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Uji *Slump* Beton

No.	Nama Sampel Uji	Nilai <i>Slump</i> Beton (mm)
1.	Beton Normal K-175	90
2.	Beton Uji 1 : 2 : 3	140
3.	Beton Uji 1 : 2 ½ : 3 ½	25
4.	Beton Uji 1 : 3 : 5	155

(Sumber : Hasil Analisis)

Hasil dari uji *slump* beton normal dan beton uji tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga beton uji tersebut yang nilai *slump*nya paling mendekati beton normal

K-175 adalah beton uji dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako yaitu 1 : 2 : 3, dan memiliki selisih 50 mm.

4.5. Pemeriksaan Berat Volume

Pemeriksaan berat volume beton dilakukan 2 kali, yaitu saat beton masih keadaan segar dan beton dalam keadaan keras. Beton segar yang dimaksud adalah saat beton baru dituang ke dalam cetakan silinder, dan beton keras yaitu ketika beton berumur 28 hari.

Keseluruhan berat volume beton yang dibuat tercantum pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Segar

No.	Nama Sampel Uji	Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc – Mm) (kg)
1.	Beton Normal K-175	10,08	23,26	13,18
2.	Beton Uji 1:2:3	10,80	21,18	11,52
3.		10,46	21,98	10,38
4.		10,08	20,66	10,58
5.	Beton Uji 1:2½:3½	10,16	21,54	11,64
6.		10,82	22,62	11,38
7.		10,08	21,72	11,80
8.	Beton Uji 1:3:5	10,08	20,46	10,38
9.		10,08	20,72	10,64
10.		10,80	21,24	10,44

(Sumber : Hasil Analisis)

Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Keras

No.	Nama Sampel Uji	Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc – Mm) (kg)
1.	Beton Normal K-175	10,08	22,98	12,90
2.	Beton Uji 1:2:3	10,80	21,06	10,26
3.		10,46	21,84	11,38
4.		10,08	20,48	10,4
5.	Beton Uji 1:2½:3½	10,16	21,54	11,22
6.		10,82	22,62	11,68
7.		10,08	21,72	11,40
8.	Beton Uji 1:3:5	10,08	20,46	10,30
9.		10,08	20,72	10,40
10.		10,80	21,24	10,38

(Sumber : Hasil Analisis)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Wadah Ukur (Vm)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 150^2 \cdot 300 \\
 &= 5.298.750 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

a. Berat Volume Beton Segar (D) = $\frac{M_c - M_m}{V_m}$

- 1). Beton Normal K-175 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{13,18}{0,0053} = 2486,79 \text{ kg/m}^3$
- 2). Beton Uji 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,52}{0,0053} = 2173,58 \text{ kg/m}^3$
- 3). Beton Uji 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,38}{0,0053} = 1958,49 \text{ kg/m}^3$
- 4). Beton Uji 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,58}{0,0053} = 1996,23 \text{ kg/m}^3$
- 5). Beton Uji 1:2½:3½ = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,64}{0,0053} = 2196,23 \text{ kg/m}^3$
- 6). Beton Uji 1:2½:3½ = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,38}{0,0053} = 2147,17 \text{ kg/m}^3$
- 7). Beton Uji 1:2½:3½ = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,80}{0,0053} = 2226,42 \text{ kg/m}^3$
- 8). Beton Uji 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,38}{0,0053} = 1958,49 \text{ kg/m}^3$
- 9). Beton Uji 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,64}{0,0053} = 2007,5 \text{ kg/m}^3$
- 10). Beton Uji 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,44}{0,0053} = 1969,81 \text{ kg/m}^3$

b. Berat Volume Beton Keras (D) = $\frac{M_c - M_m}{V_m}$

- 1). Beton Normal K-175 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{12,90}{0,0053} = 2433,96 \text{ kg/m}^3$
- 2). Beton Uji 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,26}{0,0053} = 1935,85 \text{ kg/m}^3$
- 3). Beton Uji 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,38}{0,0053} = 2147,17 \text{ kg/m}^3$
- 4). Beton Uji 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,40}{0,0053} = 1962,26 \text{ kg/m}^3$
- 5). Beton Uji 1:2½:3½ = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,22}{0,0053} = 2116,98 \text{ kg/m}^3$
- 6). Beton Uji 1:2½:3½ = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,68}{0,0053} = 2203,77 \text{ kg/m}^3$
- 7). Beton Uji 1:2½:3½ = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,40}{0,0053} = 2150,94 \text{ kg/m}^3$
- 8). Beton Uji 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,30}{0,0053} = 1943,40 \text{ kg/m}^3$

$$9). \text{ Beton Uji } 1:3:5 = \frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,40}{0,0053} = 1962,26 \text{ kg/m}^3$$

$$10). \text{ Beton Uji } 1:3:5 = \frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,38}{0,0053} = 1958,49 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 4.11. Berat Volume Beton Segar

No.	Nama Sampel Uji	Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc - Mm) (kg)	Volume Wadah (Vm) (m ³)	Berat Volume (D) (kg/m ³)	Rata – rata Berat Volume (kg/m ³)
1.	Beton Normal K-175	10,08	23,26	13,18	0,0053	2486,79	-
2.	Beton Uji 1:2:3	10,80	21,18	11,52	0,0053	2173,58	2042,77
3.		10,46	21,98	10,38	0,0053	1958,49	
4.		10,08	20,66	10,58	0,0053	1996,23	
5.	Beton Uji 1:2½:3½	10,16	21,54	11,64	0,0053	2196,23	2189,94
6.		10,82	22,62	11,38	0,0053	2147,17	
7.		10,08	21,72	11,80	0,0053	2226,42	
8.	Beton Uji 1:3:5	10,08	20,46	10,38	0,0053	1958,49	1978,62
9.		10,08	20,72	10,64	0,0053	2007,55	
10.		10,80	21,24	10,44	0,0053	1969,81	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.12. Berat Volume Beton Keras

No.	Nama Sampel Uji	Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc - Mm) (kg)	Volume Wadah (Vm) (m ³)	Berat Volume (D) (kg/m ³)	Rata – rata Berat Volume (kg/m ³)
1.	Beton Normal K-175	10,08	22,98	12,90	0,0053	2433,96	-
2.	Beton Uji 1:2:3	10,80	21,06	10,26	0,0053	1935,85	2015,09
3.		10,46	21,84	11,38	0,0053	2147,17	
4.		10,08	20,48	10,40	0,0053	1962,26	
5.	Beton Uji 1:2½:3½	10,16	21,54	11,22	0,0053	2116,98	2157,23
6.		10,82	22,62	11,68	0,0053	2203,77	
7.		10,08	21,72	11,40	0,0053	2150,94	
8.	Beton Uji 1:3:5	10,08	20,46	10,30	0,0053	1943,40	1954,72
9.		10,08	20,72	10,40	0,0053	1962,26	
10.		10,80	21,24	10,38	0,0053	1958,49	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil dari pemeriksaan berat volume beton normal dan beton uji tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga beton uji tersebut yang nilai rata – rata berat volumenya paling besar dan lebih mendekati beton normal K-175 baik saat masih dalam keadaan segar maupun sudah berumur 28 hari adalah beton uji dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako yaitu 1 : 2½ : 3½.

Perbandingan berat volume beton normal K-175 dengan beton uji 1 : 2½ : 3½ dalam keadaan segar memiliki selisih 296,85 kg/m³, sedangkan saat berumur 28 hari memiliki selisih 276 kg/m³.

4.6. Uji Kuat Tekan Beton

Perhitungan kuat tekan beton menggunakan Persamaan 2.2. Uji kuat tekan beton menggunakan alat *Concrete Compressive Strength* tipe CO-320. Beton diuji saat berumur 28 hari. Hasil pengujian tersebut menampilkan *Maximum Load (P)* dan *Maximum Strength (f'c)*. Pengolahan data hasil uji kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No.	Nama Sampel Uji	Beban Maksimum (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
1.	K-175	343924	17672	19,462	-
2.	Beton Uji 1:2:3	220365	17672	12,470	12,377
3.		256902	17672	15,538	
4.		178908	17672	10,124	
5.		179049	17672	10,132	
6.	Beton Uji 1:2½:3½	211919	17672	11,992	12,696
7.		282096	17672	15,963	
8.		64365	17672	3,642	
9.	Beton Uji 1:3:5	87728	17672	4,964	4,475
10.		85174	17672	4,820	

(Sumber : Hasil Analisis dan Perhitungan)

Hasil dari uji kuat tekan beton normal dan beton uji tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga beton uji tersebut yang nilai rata – rata kuat tekannya paling besar dan lebih mendekati beton normal K-175 adalah beton uji dengan

perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako yaitu 1 : 2½ : 3½ dengan selisih 6,766 MPa.

Perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan dari semua beton uji tersebut masih berada di bawah standar beton K-175 yaitu 14,5 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggantian limbah pecahan batako terhadap agregat kasar dalam campuran beton memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap nilai kuat tekan beton.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Sifat – sifat teknis limbah pecahan batako sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.

a. Sifat – sifat teknis agregat

- 1) Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus sebesar 4%, agregat kasar sebesar 0%, dan limbah pecahan batako sebesar 0,5%. Selisih nilai kadar air limbah pecahan batako dengan agregat kasar adalah 0,5%.
- 2) Hasil pemeriksaan kadar lumpur adalah agregat halus sebesar 0%, maka tidak perlu dicuci karena sesuai persyaratan batas maksimal kadar lumpur agregat halus yaitu 5%. Agregat kasar memiliki nilai kadar lumpur sebesar 2% dan limbah pecahan batako sebesar 4,5%, ini berarti untuk agregat kasar dan limbah pecahan batako tersebut harus dicuci karena belum memenuhi persyaratan batas maksimal kadar lumpur agregat kasar yaitu 1%. Selisih nilai kadar lumpur limbah pecahan batako dengan agregat kasar adalah 2,5%.
- 3) Hasil analisa saringan agregat halus, agregat kasar, dan limbah pecahan batako sudah memenuhi syarat batas yang ditentukan oleh ASTM C-33-2016. Nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus sebesar 2,95 yang berarti tergolong standar karena berada pada batas nilai MHB agregat halus yaitu sekitar 1,50 – 3,80. Nilai MHB agregat kasar sebesar 1,47, dan limbah pecahan batako sebesar 1,72 yang berarti baik agregat kasar maupun limbah pecahan batako belum tergolong standar karena nilai MHBnya belum berada pada batas nilai MHB agregat kasar yaitu sekitar 5-8. Selisih nilai MHB limbah pecahan batako dan agregat kasar adalah 0,25.

b. Sifat – sifat teknis beton

- 1) Nilai *slump* beton normal K-175 90 mm, beton uji 1 : 2 : 3 sebesar 140 mm, beton uji 1 : 2½ : 3½ sebesar 25 mm, dan beton uji 1 : 3 : 5 sebesar 155 mm. Hasil dari ketiga beton uji tersebut yang nilai

*slump*nya paling mendekati dengan beton normal K-175 adalah beton uji 1 : 2 : 3 dengan selisih 50 mm.

- 2) Berat volume beton ditimbang saat beton dalam keadaan segar dan dalam keadaan keras, yaitu ketika beton berumur 28 hari. Berat beton segar dan keras adalah sebagai berikut.
 - a) Berat volume beton normal K-175 segar sebesar 2486,79 kg/m³, rata – rata berat volume beton uji segar 1 : 2 : 3 sebesar 2042,77 kg/m³, beton uji 1 : 2½ : 3½ sebesar 2189,94 kg/m³, dan beton uji 1 : 3 : 5 sebesar 1978,62 kg/m³. Ketiga beton uji tersebut yang berat volume beton segarnya yang mendekati beton normal K-175 adalah beton uji 1 : 2½ : 3½ yang memiliki selisih 296,85 kg/m³.
 - b) Berat volume beton normal K-175 keras sebesar 2433,96 kg/m³, rata – rata berat volume beton uji keras 1:2:3 sebesar 2015,09 kg/m³, beton uji 1:2½:3½ sebesar 2157,23 kg/m³, beton uji 1:3:5 sebesar 1954,72 kg/m³. Ketiga beton uji tersebut yang berat volume beton kerasnya yang mendekati beton normal K-175 adalah beton uji 1 : 2½ : 3½ yang memiliki selisih 276 kg/m³.
2. Nilai kuat tekan beton normal K-175 19,462 MPa, beton uji 1:2:3 sebesar 12,377 MPa, beton uji 1:2½:3½ sebesar 12,696 MPa, dan beton uji 1:3:5 sebesar 4,475 MPa. Ketiga beton uji tersebut yang memiliki nilai kuat tekan beton paling besar dan yang paling mendekati dengan beton normal K-175 adalah beton uji 1 : 2½ : 3½ dengan selisih 6,766 MPa. Perbandingan berat antara semen : agregat halus : limbah pecahan batako memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan dari semua beton uji tersebut masih berada di bawah standar beton K-175 yaitu 14,5 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggantian limbah pecahan batako terhadap agregat kasar dalam campuran beton memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap nilai kuat tekan beton.

5.2. Saran

1. Beton uji dengan penggantian limbah pecahan batako terhadap agregat kasar pada bahan campuran beton pada penelitian ini kurang direkomendasikan untuk digunakan sebagai struktur bangunan seperti kolom, balok, dan plat lantai karena nilai kuat tekannya masih berada di bawah nilai kuat tekan beton normal yang direncanakan.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan yang lebih bervariasi terhadap perbandingan bahan campuran beton untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang lebih baik.
3. Perlu diadakan penelitian yang lebih bervariasi pengaruhnya terhadap sifat teknis beton yang bukan hanya kuat tekan saja agar bisa mengetahui nilai positif dari penggunaan limbah pecahan batako tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. (1979). Peraturan Beton Indonesia 1971 N.I.-2. *Bandung: Departemen Pekerjaan Umum*, 258.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1982). Peraturan Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982). *Bandung: Departemen Pekerjaan Umum*, 344.
- International. (2006), ASTM C-469-02: Standard Test Method Static Standar Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. *USA: ASTM International*, 5.
- International. (2016), ASTM C-33: Standard Specification for Concrete Agregates. *USA: ASTM International*, 11.
- Isir, A. (2014). *Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Pecahan Batako Sebagai Pengganti Agregat Kasar Untuk Struktur Bangunan* (Tugas Akhir Sarjana, Universitas Sangga Buana Bandung).
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. *Yogyakarta*, 342.
- Standardisasi Badan Nasional. (1989). SNI 03-0349-1989: Bata Beton untuk Pasangan Dinding. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 10.
- Standardisasi Badan Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 17.
- Standardisasi Badan Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996: Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregate yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075 mm). *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 14.
- Standardisasi Badan Nasional. (2008). SNI 7394-2008: Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Kontruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 24.
- Standardisasi Badan Nasional. (2011). SNI 1971-2011: Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Penyaringan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 13.
- Standardisasi Badan Nasional. (2011). SNI 1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 20.

Standardisasi Badan Nasional. (2014). SNI 2491-2014: Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 17.*

Standardisasi Badan Nasional. (2016). SNI 1973-2016: Metode Uji Densitas, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 19.*

