

TUGAS AKHIR

SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN KERAMIK DIBANDINGKAN DENGAN AGREGAT NORMAL

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



Disusun Oleh:

**Edo Bagus Prayogo
30.2018.00.051**

**Fachrizal Aldi
30.2018.00.060**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN
KERAMIK DIBANDINGKAN DENGAN AGREGAT NORMAL



Edo Bagus Prayogo
NIM : 30201800051



Fachrizal Aldi
NIM : 30201800060

Telah disetujui dan disahkan di Semarang,

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. H. Prabowo Setyawan, M.T.,
Ph.D.**
NIDN : 0607046802

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Prabowo', written over a dotted line.

2. **Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si,
M.Si**
NIDN : 0631057002

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Hermin', written over a dotted line.

3. **Ir. Gata Dian Asfari, M.T.**
NIDN : 0628055801

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Gata', written over a dotted line.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

A/N
A large handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Muhammad Rusli Ahyar', written over a dotted line.

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 05 / A.2 / SA – T / III / 2022

Pada hari ini tanggal 02/03/2022 Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. Prabowo Setyawan, M.T., Ph.D.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si, M.Si
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Edo Bagus Prayogo
NIM : 30201800051

Fachrizar Aldi
NIM: 30201800060

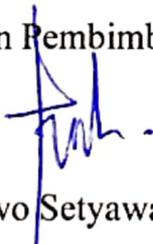
Judul : Laporan Tugas Akhir Sifat – Sifat Teknis Beton dengan Agregat Kasar Pecahan Keramik Dibandingkan dengan Agregat Normal

Dengan tahapan sebagai berikut

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1.	Penunjukan dosen pembimbing		
2.	Seminar Proposal		
3.	Pengumpulan data		ACC
4.	Analisis data		
5.	Penyusun laporan		
6.	Selesai laporan		ACC

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

Dosen Pembimbing Utama



Ir. Prabowo Setyawan, M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing Pendamping



Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si, M.Si

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Edo Bagus Prayogo

NIM : 30201800051

NAMA : Fachrizal Aldi

NIM : 30201800060

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN
KERAMIK DIBANDINGKAN DENGAN 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.

Semarang, 2022

Yang Membuat Pernyataan

Yang Membuat Pernyataan

Edo Bagus Prayogo

NIM : 30201800051

Fachrizal Aldi

NIM : 30201800060

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Edo Bagus Prayogo
NIM : 30201800051
NAMA : Fachrizal Aldi
NIM : 30201800060
JUDUL TUGAS : SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN
AKHIR AGREGAT KASAR PECAHAN KERAMIK
DIBANDINGKAN DENGAN 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 ijazah 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, 2022

Yang Membuat Pernyataan

Yang Membuat Pernyataan

Edo Bagus Prayogo
NIM : 30201800051



Fachrizal Aldi
NIM : 30201800060

MOTTO

“Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung” – QS. Al Imran : 73

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
– QS. Al Baqarah : 286

“Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali.” – HR Tirmidzi

"Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu." - Ali bin Abi Thalib

"Ketakutan adalah penjara bernama kegagalan. Taklukkan rasa takut karena sukses adalah hak pemberani." - Jefri Al Buchori

"Boleh jadi keterlambatanmu dari suatu perjalanan adalah keselamatanmu, boleh jadi tertundanya pernikahanmu adalah suatu keberkahan." - Quraish Shihab

"Janganlah melihat ke masa depan dengan mata buta. Masa yang lampau sangat berguna sebagai kaca benggala daripada masa yang akan datang." – Ir Soekarno

"Kamu seharusnya tidak menyerah terhadap apapun yang terjadi padamu. Maksudku, kamu seharusnya menggunakan apapun yang terjadi padamu sebagai alat untuk naik, bukan turun." - Bob Marley

“Kesuksesan bukanlah kunci dari kebahagiaan. Sebaliknya, kebahagiaan adalah kunci dari kesuksesan.” - Bob Dylan

"Perjalanan seribu mil dimulai dengan satu langkah." - Lao Tzu

"Tujuan pendidikan itu untuk mempertajam kecerdasan, memperkuat kemauan serta memperhalus perasaan" - Tan Malaka

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 Pecahan Keramik Dibandingkan dengan Agregat Normal”. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Selamat Sugiyono dan Ibu Tutri Jun Isnaini yang senantiasa selalu memberikan do’a, kasih sayang, semangat, dan dukungan secara materiil maupun moral.
2. Adek saya Salwa Bilqis Hayu Prahastiti dan keluarga besar saya tercinta yang telah memberikan dukungan dan do’a sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ir. H. Prabowo Setyawan, M.T., Ph.D dan Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si, M.Si yang telah membimbing segenap tenaga dan sepuh 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 Fachrizal Aldi rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan, dan saudara dalam hal apapun.
6. Teman – teman satu kelompok yang dibimbing oleh Ir. H. Prabowo Setyawan, M.T., Ph.D. : Fajar, Dory, Sabilul, Chamad, Dina, Bidari, dalam menjalankan penelitian pemanfaatan limbah sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Unissula Angkatan 2018.
8. Vilda Innaka Nasya, terimakasih atas semangat dan dukungan yang telah diberikan.
9. Semua Pengurus HMJ*S Unissula Periode 2020/2021.

Edo Bagus Prayogo

NIM : 30201800051

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 Pecahan Keramik Dibandingkan dengan Agregat Normal”. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Budi Waluyo dan Ibu Titik Rahmawati. yang senantiasa selalu memberikan do'a, kasih sayang, semangat, dan dukungan secara materiil maupun moral.
2. Kakak saya Fachrizal Adhi dan adek saya Daffa dan Icha serta kerabat tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan secara materiil maupun moral.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ir. H. Prabowo Setyawan, M.T., Ph.D dan Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si, M.Si. yang telah membimbing segenap tenaga dan sepuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknis UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan penuh manfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudara Edo Bagus Prayogo rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan, dan saudara dalam hal apapun.
6. Teman – teman satu keompok yang dibimbing oleh Ir. H. Prabowo Setyawan, M.T., Ph.D. : Fajar, Dory, Sabilul, Chamad, Dina, Bidari, dalam menjalankan penelitian pemanfaatan limbah sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal.
7. Teman – teman Teknik Sipil UNISSULA Angkatan 2018.
8. Syifa Audina Banin, terimakasih atas dukungan dan semangat serta perhatian yang telah diberikan.
9. Almameter kebanggaan Fakultas Teknik UNISSULA.

Fachrizal Aldi
NIM : 30201800060

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 Potongan Kayu Dibandingkan dengan Agregat Normal” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik 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 terimakasih kepada :

1. Bapak It. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph. D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak M. Rusli Akhyar, ST., M. Eng. selaku Ketua Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. H. Prabowo Setyawan, M.T., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
4. Ibu Ir. Gata Dian Asfari, M.T. selaku 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, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Beton	4
2.2. Sifat-Sifat Teknis Beton	4
2.3. Agregrat	8
2.4. Keramik	11
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Persiapan	17
3.2. Bahan	17
3.3. Peralatan	15
3.4. Pelaksanaan	16
3.5. Analisis Data	22
3.6. Bagan Alir.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26

4.1. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat Beton	26
4.2. Perbandingan Bahan Penyusun Beton.....	44
4.3. Pemeriksaan Uji <i>Slump</i>	44
4.4. Perbandingan atau komposisi keramik terhadap berat volume	45
4.5. Uji kuat tekan optimum beton	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	57



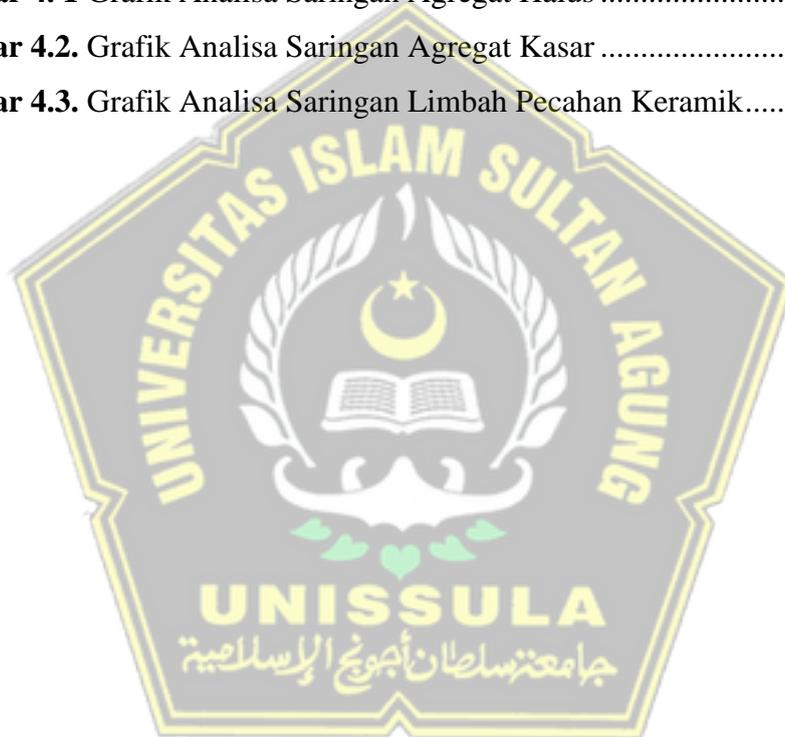
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perkembangan Kuat Tekan untuk Semen Portland Tipe I.....	7
Tabel 2. 2 Ketentuan Tabel Gradasi Agregat Kasar.....	9
Tabel 2. 3 Ketentuan Tabel Gradasi Agregat Halus.....	10
Tabel 4. 1 Hasil Penyaringan Agregat Halus	29
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	31
Tabel 4.3. Hasil Penyaringan Agregat Kasar	36
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar	37
Tabel 4.5. Hasil Penyaringan Limbah Pecahan Keramik.....	42
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Limbah Pecahan Keramik	42
Tabel 4.7. Perbandingan Bahan Penyusun Beton.....	44
Tabel 4.8. Hasil Pemeriksaan Uji <i>Slump</i> Beton	45
Tabel 4.9. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Segar.....	45
Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Keras.....	46
Tabel 4.11. Berat Volume Beton Segar.....	49
Tabel 4.12. Berat Volume Beton Keras.....	50
Tabel 4.13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton	51

UNISSULA
جامعة سلطان أبوبنوع الإسلامية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 - Grafik Gradasi Agregat Kasar.....	9
Gambar 2. 2 - Grafik Gradasi Agregat Halus.....	11
Gambar 2. 3 - Keramik Porselen.....	12
Gambar 2. 4 - Keramik Marmer.....	12
Gambar 2. 5 - Keramik Andesit.....	13
Gambar 2. 6 - Keramik Granit.....	13
Gambar 3. 1 - Bagan Alir Tahapan Penelitian.....	25
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	32
Gambar 4.2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar.....	37
Gambar 4.3. Grafik Analisa Saringan Limbah Pecahan Keramik.....	43



SIFAT – SIFAT TEKNIS BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN KERAMIK DIBANDINGKAN DENGAN AGREGAT NORMAL

Oleh :

Edo Bagus Prayogo, Fachrizal Aldi

Abstrak

Beton merupakan suatu bahan konstruksi bangunan yang digunakan untuk mendirikan sebuah bangunan. Dalam kurun waktu ke depan tidak selamanya beton tersebut terdiri dari komposisi semen, pasir, kerikil, dan air. Salah satu cara untuk menggantikan agregat kasar yaitu dengan menggunakan limbah pecahan keramik. Pemanfaatan limbah harus diupayakan guna menjaga kerusakan lingkungan. Hal ini menjadi pemicu untuk diadakannya penelitian tentang penggunaan limbah pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar pada bahan penyusun beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat teknis agregat beton dengan limbah keramik, pengaruh perbandingan atau komposisi keramik terhadap berat volume, dan kuat tekan yang paling optimum dari 3 komposisi beton agregat kasar pecahan keramik dibandingkan dengan agregat normal. Penelitian tersebut berupa 3 macam percobaan proporsi bahan penyusun beton uji yang memiliki perbandingan proporsi semen : agregat halus : limbah pecahan keramik yaitu 1 : 2 : 3, 1 : 2 ½ : 3 ½, dan 1 : 3 : 5. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa berat volume betan segar dan keras tertinggi didapat oleh beton yang menggunakan agregat kasar limbah pecahan keramik komposisi 1:2:3 sebesar 2513,21 kg/m³ dan 2352,83 kg/m³ begitu juga kuat tekannya sebesar 19,462 Mpa dengan kriteria sifat teknis beton kedap air serta limbah pecahan keramik sebagai bahan alternatif pengganti agregat kasar beton normal K-175 sebagai bahan bangunan non struktur.

Kata Kunci : *Beton ;Limbah Keramik ; Sifat Teknis ; Berat Volume ; Kuat Tekan*

TECHNICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH CERAMIC FRACTURE AGGREGATE COMPARED WITH NORMAL AGGREGATE

By :

Edo Bagus Prayogo, Fachrizal Aldi

Abstract

Concrete is a building construction material used to construct a building. In the future, the concrete will not always consist of a composition of cement, sand, gravel and water. One way to replace coarse aggregate is to use ceramic shard waste. Utilization of waste must be pursued in order to maintain environmental damage. This is the trigger for conducting research on the use of ceramic shard waste as a substitute for coarse aggregate in the constituent materials of concrete. This research was conducted to determine the technical properties of concrete aggregates with ceramic waste, the effect of the ratio or composition of ceramics on volume weight, and the most optimum concrete compression strength of the 3 compositions of ceramic crushed coarse aggregate concrete compared to normal aggregates. The research was in the form of 3 kinds of experiments on the proportions of the test concrete constituents which have a ratio of cement: fine aggregate: ceramic shard waste, namely 1: 2 : 3, 1: 2 : 3 , and 1: 3: 5. From the research results show that The highest volume weight of fresh and hard concrete was obtained by concrete using coarse aggregate of ceramic shard waste composition 1:2:3 of 2513.21 kg/m³ and 2352.83 kg/m³ as well as concrete compression strength of 19.462 Mpa with the criteria of technical properties of impermeable concrete. water and ceramic shard waste as an alternative material to replace normal K-175 coarse aggregate concrete as a non-structural building material.

Keywords: Concrete ; Ceramic Waste ; Technical Characteristics ; Volume Weight ; Compression Strength

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan bahan material yang menyerupai batu, dibuat dengan mencampurkan semen, pasir, dan agregat lain dalam jumlah tertentu dengan air, sehingga campuran tersebut dapat dibentuk dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan (Winter dan Nilson, 1993).

Bahan dasar yang digunakan dalam produksi beton dianggap sebagai campuran agregat kasar dan halus. Banyak variabel, seperti nilai relatif campuran dan kaliber bahan susun, mempengaruhi kekuatan dan daya tahan beton (Dipohusodo, 1996).

Perbandingan campuran unsur-unsur yang dimaksudkan untuk menghasilkan beton harus ditentukan oleh desain bahan penyusunnya. Seiring perkembangan zaman produksi barang semakin meningkat dan alhasil jumlah limbah juga semakin meningkat. Limbah yang dimaksud disini yaitu limbah anorganik salah satunya yaitu pecahan limbah keramik. Keramik termasuk bahan *finishing* bangunan yang terkadang menyisakan potongan atau pecahan keramik yang sudah tidak terpakai lagi yang kemudian dibuang.

Limbah keramik merupakan benda yang tidak dapat didaur ulang, karena titik lebur keramik lebih besar daripada benda-benda yang bisa didaur ulang sebagai contoh plastik, botol, dan sebagainya. Selain itu, jika limbah keramik langsung dibuang di tanah akan meyebabkan timbunan limbah keramik yang mengganggu pemandangan apalagi jika limbah keramik tersebut berbentuk benda yang tajam sehingga akan berbahaya untuk manusia di sekitarnya.

Penelitian ini menggunakan limbah keramik yang diambil dari sisa-sisa keramik yang tidak terpakai. Limbah keramik ialah limbah padat yang tersusun dari pecahan keramik dengan massa yang padat dan keras, sehingga dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Selain itu limbah keramik juga memiliki kandungan *kaolin*, *feldspar* dan kuarsa yang

diharapkan dapat meningkatkan kekakuan pada agregat halus , serta menjadi bahan pengganti agregat kasar beton sehingga dapat menghasilkan beton yang bermutu dan ke depan bisa diaplikasikan di dunia konstruksi.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana sifat-sifat teknis beton dengan limbah keramik sebagai pengganti agregat kasar pada beton?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan atau komposisi keramik terhadap berat volume?
3. Bagaimana besar kuat tekan optimum dari 3 komposisi beton agregat kasar pecahan keramik dibandingkan dengan agregat normal?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui sifat-sifat teknis agregat beton dengan limbah keramik sebagai pengganti agregat kasar pada beton;
2. Mengetahui pengaruh perbandingan atau komposisi keramik terhadap berat volume;
3. Mengetahui kuat tekan yang paling optimum dari 3 komposisi beton agregat kasar pecahan keramik dibandingkan dengan agregat normal.

1.4. Batasan Masalah

Agar mempermudah dalam pelaksanaan penelitian ini, peneliti menentukan batasan dan ruang lingkup dalam penelitian ini yaitu:

1. Beton normal K-175 dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,66 dan perbandingan proporsi air : semen : agregat halus : agregat kasar adalah $\frac{1}{2} : 1 : 2 : 3$ sebanyak 1 buah
2. Beton disusun dengan perbandingan berat semen : pasir : pecahan keramik masing-masing dengan 3 komposisi sebagai berikut:
 - a. Komposisi 1 = 1 : 2 : 3 (sebanyak 3 buah)
 - b. Komposisi 2 = 1 : $2\frac{1}{2}$: $3\frac{1}{2}$ (sebanyak 3 buah)
 - c. Komposisi 3 = 1 : 3 : 5 (sebanyak 3 buah)
3. Sifat – sifat teknis yang diuji adalah pengujian kuat tekan dan berat volume beton;

4. Pengujian sampel dilakukan pada umur 28 hari;
5. Benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 150 x 300 mm;
6. Keramik yang digunakan adalah keramik porselen.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal tugas akhir meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori yang bereferensi dari buku dan lapangan untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan pembahasan tinjauan mengenai beton dengan bahan limbah pecahan keramik sebagai alternatif pengganti agregat kasar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tahapan studi yang dilakukan, pemeriksaan bahan, pembuatan benda uji, perawatan, pengujian, analisis hasil.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas analisis data dari hasil yang diperoleh serta pembahasan yang memuat tentang penelitian ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil dan pembahasan serta saran yang diperlukan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Terdiri dari sumber referensi yang digunakan sebagai bahan acuan penyusunan laporan penelitian ini.

LAMPIRAN

Memuat dokumen pendukung ,gambar, dan sebagainya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah bahan campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, dan sejumlah bahan tambahan yang berbeda. Karena beton merupakan material komposit, maka daktilitasnya sangat berpengaruh terhadap kualitas setiap komponen yang masuk ke dalam campuran beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Meskipun kuat tariknya rendah, beton memiliki kuat tekan yang tinggi. Kapasitas beton untuk menahan gaya tekan per satuan luas dikenal sebagai kuat tekan. Kuat tekan beton menentukan kualitas suatu konstruksi; semakin baik beton yang dihasilkan dari kekuatan struktur yang lebih tinggi (Mulyono, 2004).

Kuat tekan beton diukur melalui pengujian standar pada benda uji, paling sering dalam bentuk cetakan silinder. Benda uji berbentuk silinder memiliki dimensi tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Standar ASTM C39-86 (2002) adalah proses pengujian yang sering digunakan. Tegangan tekan (f'_c) tertinggi yang dialami setiap benda uji setelah 28 hari sebagai akibat dari beban tekan yang diberikan selama pengujian menentukan kuat tekan benda tersebut (Dipohusodo, 1996).

2.2. Sifat-Sifat Teknis Beton

2.2.1. *Workability*

Salah satu karakteristik teknis beton dalam setiap desain campuran beton adalah *workability*. *Workability* didefinisikan sebagai kesederhanaan beton yang dapat dikombinasikan, dituangkan, diangkat, dan dipadatkan sambil mempertahankan keseragaman untuk mencapai kekuatan yang diinginkan. Konsistensi beton dipengaruhi oleh kemampuan pengerjaannya dan tergantung pada::

- a. Proporsi bahan campuran beton;

- b. Sifat-sifat dari material beton (agregat halus dan kasar), misalnya permukaan agregat, bentuk agregat dan lain-lain;
- c. Diameter maksimum agregat kasar;
- d. Temperatur beton.

2.2.2. Durability

Ketahanan atau keawetan beton sulit untuk dinilai, dan butuh waktu lama untuk menguji ketahanan atau durabilitas beton ini. Pengujian durabilitas yang terlalu cepat akan membuat hasilnya tidak dapat diandalkan dan menghalangi pengukuran durabilitas bangunan beton.

Untuk penjelasan lebih rinci tentang resistensi beton yang dipermasalahan, pada dasarnya ada tiga bentuk resistensi yang harus dimiliki beton, yaitu:

1. Ketahanan terhadap keadaan cuaca;
2. Ketahanan terhadap efek bahan kimia, termasuk yang berasal dari pengaturan yang keras dan bahan kimia.;
3. Ketahanan terhadap erosi.

2.2.3. Mutu Beton

Mutu beton mengacu pada kekuatan atau mutu sifat-sifat beton, yang biasanya dilambangkan dengan satuan angka dan huruf seperti K, f_c , dan lain-lain. Satuan K sering digunakan di Indonesia untuk menunjukkan mutu beton. Kekuatan karakteristik beton per cm^2 luas penampang dikenal sebagai mutu beton K.

Mutu beton disini diklasifikasikan ke dalam tahapan mulai dari K-100 sampai dengan K-500, sehingga beton K-100 memiliki kekuatan beton minimal 100 kg/cm^2 . Tiga klasifikasi mutu beton menurut PBI 1971 adalah sebagai berikut:

a. Beton Kelas I

Beton dengan klasifikasi Kelas I digunakan untuk proyek nonstruktural. Menerapkan beton Kelas I ini tidak memerlukan pengetahuan khusus. Kualitas bahan hanya dapat diperiksa secara ringan, dan tidak diperlukan pemeriksaan kekuatan tekan. B_0 menunjukkan beton mutu kelas I.

b. Beton Kelas II

Beton diklasifikasikan sebagai Kelas II digunakan untuk pekerjaan struktur umum. Pelaksanaannya membutuhkan keterampilan yang diperlukan dan harus dilakukan di bawah bimbingan para profesional. Baku mutu beton Kelas II adalah B_1 , K-125, K-175, dan K-225. Sementara pemeriksaan kekuatan tekan tidak diperlukan, kontrol kualitas di kelas B_1 hanya terbatas pada kualitas komponen. Dengan persyaratan untuk secara teratur memverifikasi kuat tekan beton sesuai dengan pasal 4.7, grade K-125, K-175, dan K-225 harus mematuhi kontrol kualitas yang ketat dari bahan.

c. Beton Kelas III

Beton yang diklasifikasikan sebagai Kelas III digunakan dalam proyek bangunan di mana kekuatan tipikal beton lebih besar dari 225 kg/cm^2 . Pelaksanaannya harus dilakukan dengan pengetahuan khusus dan di bawah bimbingan para profesional. Komponen individual mutu beton Kelas III adalah K-325, K-350, K-375, K-450, dan K-500.

2.2.4. Kuat Tekan Beton

Beban terbesar per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur ketika dibebani dengan gaya tekan spesifik yang dihasilkan oleh mesin press adalah kuat tekan beton. Dengan menerapkan beban tekanan yang menyebabkan benda uji runtuh maka dilakukan pengujian (Tjokrodimulyo, 1996).

$$f'c : \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Perhitungan yang digunakan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan yang diperoleh dari benda uji :

dengan :

$f'c$: Kuat tekan beton pada sumur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji (mm²)

Tabel 2. 1- Perkembangan Kuat Tekan untuk Semen Portland Tipe I

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland Tipe I	0,46	0,70	0,88	0,96	1,00

(sumber : *Pedoman Beton*, 1989:16)

2.2.5. Creep Beton

Selain perubahan bentuk elastis yang disebabkan oleh pembebanan terus menerus, *creep* adalah perubahan bentuk tambahan (yaitu plastis). Selain perubahan elastik yang terjadi, jika pembebanan berlangsung cukup lama, dapat dipastikan perubahan tersebut dapat berlanjut (perubahan plastis). Karakteristik rangkai dan susut beton harus disalahkan atas perubahan plastis.

Elemen yang mungkin berdampak pada *creep*:

- a. Kelembaban sekitarnya;
- b. Volume yang ditinjau dari ukuran dan bentuk penampang;
- c. Susunan bahan campuran beton terutama pemakaian semen;
- d. Umur beton pada saat dilakukan pembebanan;
- e. Lamanya pembebanan;
- f. Kualitas beton;
- g. Macam-macam pembebanan;

h. Dan lain sebagainya.

2.2.7. Kekedapan Beton

Ketahanan beton terhadap infiltrasi air (penetrasi) ke dalam celah spesifik spesiesnya dikenal sebagai impermeabilitasnya. Karena komponen beton (semen, pasir, kerikil, dan batu pecah) bukan merupakan bahan yang permeabel, membuat beton yang kedap udara itu sulit (bahan kedap air). Oleh karena itu beton yang memiliki angka permeabilitas tertentu sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk meresap ke dalam lapisan beton itulah yang dimaksud dengan sesuatu yang dikatakan “kedap udara”.

Porositas bahan yang digunakan untuk pembuatan beton, serta cacat beton seperti retak, pemadatan beton yang tidak merata, jenis beton yang bocor, segregasi, dan kurangnya daya rekat antara agregat dan pasta semen, semuanya memiliki dampak yang signifikan terhadap permeabilitas (cm/dtk).

2.2.8. Berat Jenis

Proporsi massa padat agregat dengan massa air dalam volume tertentu dikenal sebagai berat jenis bahan (jadi tanpa satuan). Berat jenis agregat dipecah menjadi dua istilah:

1. Kerapatan mutlak, jika volume padatan tidak memiliki pori-pori;
2. Berat jenis semu (densitas), jika volume benda padat termasuk pori-pori tertutup. Ini karena butiran agregat biasanya mengandung pori-pori yang tertutup dan tertutup atau tidak sering terhubung.

2.3. Agregrat

2.3.1 Agregat Kasar

Kerikil, batu pecah, dan bahan sejenis lainnya adalah contoh agregat kasar. Kerikil yang dihasilkan oleh fasilitas pemecah batu digunakan dalam campuran beton (pabrik pemecah batu alam). Untuk penggunaan dalam campuran beton, agregat kasar, dalam hal ini kerikil, juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

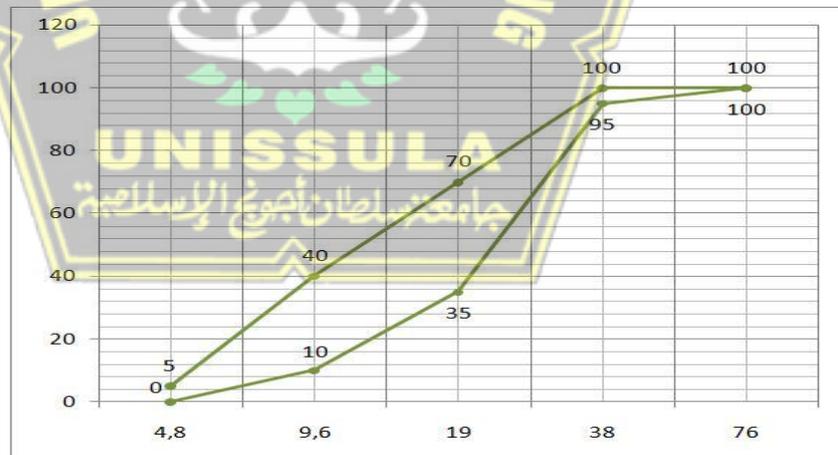
- a. tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak beton;
- b. tidak boleh mengandung lebih dari 1% lanau menurut berat keringnya; dan
- c. mendekati bentuk kubus;

Berikut tabel dan grafik ketentuan gradasi agregat kasar (*split*) berdasar SNI-03-2834-2000 (*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*) :

Tabel 2. 2 - Ketentuan tabel gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan		
mm	SNI	ASTM	inch	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75,0	76	3 in	3,00			100 - 100
37,5	38	1½ in	1,50		100 - 100	95 - 100
19,0	19	¾ in	0,75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,5	9,6	¾ in	0,3750	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0 - 10	0 - 10	0 - 5

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 1 - Grafik Gradasi Agregat Kasar

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus biasa disebut "pasir". Pasir digunakan sebagai bahan pengisi yang dibuat dari pasir alam.

Pasir memiliki persyaratan yang hampir sama dengan bahan baku lainnya, yaitu:

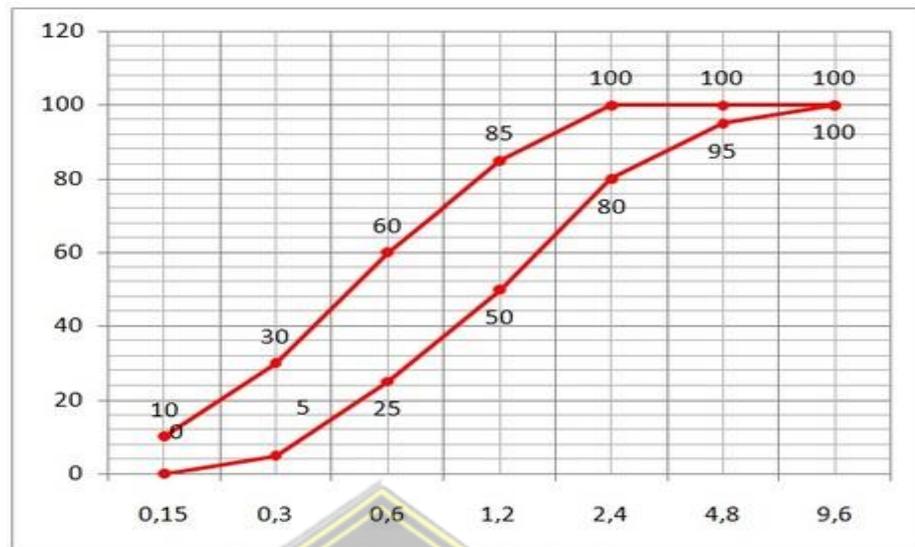
- a. Kadar lumpur yang terkandung tidak boleh lebih dari 5 %;
- b. Pasir yang digunakan dalam campuran beton harus memiliki butiran yang kuat dan permanen, yang dapat menunjukkan bahwa pasir tidak mudah pecah atau hancur oleh faktor lingkungan seperti hujan atau terik matahari;
- c. Penimbunan pasir harus disortir dari material lainnya, karena pasir yang dipakai harus dalam keadaan bersih;
- d. Pasir tidak boleh mengandung banyak bahan organik;
- e. Secara visual harus bersih dan tidak bercampur kotoran;
- f. Agregat halus berukuran kurang dari 4,80 mm.

Berikut tabel dan grafik ketentuan gradasi agregat halus (split) berdasar SNI-03-2834-2000 (*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*) dan ASTM C-33 (*Standard Specification for Concrete Aggregate*) :

Tabel 2. 3 - Ketentuan Tabel Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (Ayakan)		SNI 03-2834-2000				ASTM C-33		
		Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	Fine Aggregate		
mm	SNI	ASTM	inch	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No. 3	Gradasi No. 4	Sieve Analysis
9,50	9,6	¼ in	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 2 - Grafik Gradasi Agregat Halus

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

2.4 Keramik

Tanah liat digunakan untuk membuat keramik, yang kemudian dipanaskan selama proses pembakaran. Beberapa kelebihanannya adalah biaya yang cukup rendah, berbagai macam tema dalam berbagai ukuran, dan lain-lain. *Feldspar*, *ball clay*, *quartz*, *kaolin*, dan air merupakan bahan baku keramik yang paling sering digunakan. Keramik biasanya kuat, kaku, rapuh, dan memiliki kekuatan tekan lebih besar dari kekuatan tariknya..

Keramik memiliki karakteristik yang memungkinkannya digunakan untuk berbagai aplikasi termasuk :

- a. kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah;
- b. Tahan korosi;
- c. Sifat listriknya dapat insulator, semikonduktor, konduktor bahkan superkonduktor;
- d. Sifatnya dapat magnetik dan non-magnetik;
- e. Keras dan kuat, namun rapuh.

Terdapat berbagai jenis keramik yang memiliki perbedaan dari bahan pembuatannya. Berikut adalah jenis – jenis keramik:

1. Keramik Porselen

Keramik porselen terbuat dari tanah liat putih atau merah dimana pembuatannya dicampur dengan air lalu dibakar. Keramik Porselen itu sendiri mempunyai perbandingan komposisi yang terdiri dari 30% silika, 35% kaolin dan 35% *feldspar* yang dibakar dengan suhu sekitar 1200°C - 1400°C. Proses pembuatan keramik porselen ini disebut juga vitrifikasi.



Gambar 2.3 - Keramik Porselen
(Sumber : <https://www.rumah.com>)

2. Keramik Marmer

Keramik marmer tersusun dari berbagai mineral utama penyusun seperti dolomit, kalsit (CaCO_3), dan mineral lainnya seperti kuarsa, oksida besi, grafit, pirit, mika, serta mineral lempung.



Gambar 2.4 - Keramik Marmer
(Sumber : <https://www.cermin-dunia.github.io>)

3. Keramik Andesit

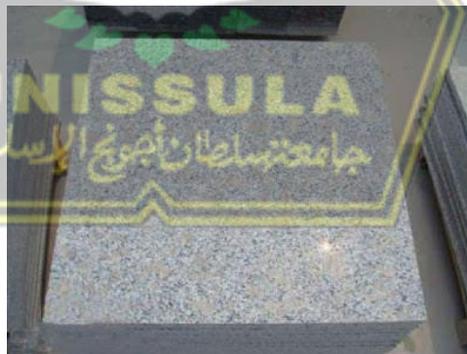
Keramik ini terbuat dari batuan andesit yang mengandung bahan mineral kuarsa dan piroksen dalam jumlah kecil, selain itu batu andesit juga kaya akan amphibole dan mineral plagioklas feldspar.



Gambar 2. 5 - Keramik Andesit
(Sumber : <https://www.megajayabatualam.com>)

4. Keramik Granit

Keramik ini terbuat dari batuan granit yang merupakan batuan beku yang bertekstur faneritik , holokristalin, berbutir kasar, serta mengandung mineral-mineral yaitu terdiri dari plagioklas natrium, mineral mafis (biotit, hornblenda) , feldspar kalium, dan kuarsa.



Gambar 2. 6 - Keramik Granit
(Sumber : <https://www.arafuru.co>)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental-laboratoris. Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium dengan membuat benda uji berupa silinder beton dengan ukuran 150 x 300 mm. Penelitian ini bertempat di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UNISSULA Semarang.

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah:

1. Mempersiapkan alat tulis, skema kerja serta *logbook* untuk melakukan pencatatan rutin terhadap data yang diperoleh selama kegiatan penelitian;
2. Mempersiapkan semua peralatan yang sudah bersih dari segala kotoran saat akan digunakan;
3. Mempersiapkan semua bahan yang akan digunakan dan menakarnya sesuai kebutuhan;
4. Memastikan ruang cetakan yang akan diisi beton sudah terbebas dari kotoran.
5. Memastikan timbangan digital yang akan digunakan sudah sesuai ketelitian 1 gram;
6. Mengecek semua peralatan apakah sudah sesuai *standard* dan dapat digunakan.

3.2. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain sebagai berikut:

1. Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Gresik dengan berat 40 kg.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah Pasir Muntilan.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar dalam penelitian ini menggunakan batu pecah dan pecahan keramik porselen dengan ukuran 20 – 30 mm.

4. Air

Air yang digunakan adalah air laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

3.3. Peralatan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Timbangan

Timbangan digunakan mengukur berat dari agregat dan beton.

2. Ayakan

Ayakan yang digunakan yaitu ayakan agregat dengan variasi ukuran lubang saringan 4,80 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm dan 0,015 mm dilengkapi tutup ayakan serta digetarkan dengan mesin penggetar saringan. Ayakan yang digunakan yaitu merek Indotest.

3. Gelas Ukur

Gelas ukur dalam penelitian ini untuk mengukur kapasitas air yang diperlukan dalam pembuatan beton silinder. Gelas Ukur yang digunakan yaitu merek Herma.

4. Piknometer

Piknometer dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan kadar lumpur agregat.

5. Oven

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

6. Cetakan Beton Silinder

Cetakan Beton Silinder sebagai wadah cetak setelah adukan beton jadi.

7. Mesin Uji Tekan

Mesin Uji Tekan sebagai alat untuk mencari nilai tekan pada beton yang diuji. Mesin Uji Tekan yang digunakan yaitu merek matest.

8. Alat Pendukung

Beberapa alat pendukung yang digunakan pada penelitian ni adalah ember, sekop, selang air dan lain lain.

3.4. Pelaksanaan

Sebelum melaksanakan pembuatan benda uji, material yang digunakan untuk menjadi komposisi benda uji harus diperiksa agar beton yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik.

A. Pemeriksaan Bahan

1. Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus dilakukan dengan tiga jenis pemeriksaan yaitu:

a. Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada agregat halus dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1+v_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

v_1 = Volume pasir

v_2 = Volume lumpur (mm³)

b. Kadar Air

Pengujian kadar air bisa dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

a : Berat cawan (gram)

b : Berat cawan + agregat sebelum di oven (gram)

c : Berat cawan + agregat setelah di oven (gram)

Adapun untuk prosedur pengujian kadar air pada agregat sebagai berikut :

1. Tentukan berat benda uji hingga 0,1% massa (W1): (Massa benda uji adalah massa wadah dan benda uji dikurangi massa wadah).
2. Keringkan benda uji langsung dalam wadah menggunakan pemanas yang dipilih dan berhati-hatilah agar tidak ada partikel yang hilang. bahwa timbangan tidak akan dirugikan atau terpengaruh.
3. Setelah benda uji dingin, timbang ke massa terdekat 0,1% (W2). Massa benda uji keringanan hanya berkurang kurang dari 0,1% setelah pemanasan tambahan.

c. Analisa Saringan

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

b_1 : Berat agregat semula (gram)

b_2 : Berat agregat setelah disaring (gram)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Jumlah Berat Tertahan}} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

MHB : Modulus Halus Butir (%)

Adapun untuk cara pegujian analisa saringan pada agregat sebagai berikut :

- a. Spesimen dikeringkan sampai berat tetap konstan dalam oven pada (110 + 5) °C.
- b. Gunakan ayakan untuk menyaring benda uji, mulai dari atas dengan ukuran terbesar. Saringan dikocok selama 15 menit, baik secara manual maupun mekanis.

2. Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan dengan beberapa langkah pemeriksaan yaitu:

a. Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada agregat halus dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1 + v_2} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

v_1 = Volume pasir

v_2 = Volume lumpur

b. Kadar Air

Pengujian kadar air bisa dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{b - c}{c - a} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

a : Berat cawan (gram)

b : Berat cawan + agregat sebelum di oven (gram)

c : Berat cawan + agregat setelah di oven (gram)

Adapun untuk prosedur pengujian kadar air pada agregat sebagai berikut :

1. Tentukan berat benda uji hingga 0,1% massa (W1):
(Massa benda uji adalah massa wadah dan benda uji dikurangi massa wadah).
2. Keringkan benda uji dalam wadah itu sendiri saat menggunakan pemanas yang diinginkan, berhati-hatilah agar tidak kehilangan partikel yang dapat merusak keseimbangan.
3. Setelah benda uji dingin, timbang ke massa terdekat 0,1% (W2). Massa benda uji keringanan hanya berkurang kurang dari 0,1% setelah pemanasan tambahan.

c. Analisa Saringan

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

b_1 : Berat agregat semula (gram)

b_2 : Berat agregat setelah disaring (gram)

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Jumlah Berat Tertahan}} \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana:

MHB : Modulus Halus Butir (%)

3. Pecahan Keramik

Pengujian keramik sebagai pengganti agregat kasar pada beton menggunakan pengukuran gradasi dan berat jenis pada agregat halus.

a. Pengujian berat jenis pecahan keramik

Menggunakan alat yang dikenal sebagai piknometer, metode yang digunakan untuk menguji berat jenis agregat sama dengan yang digunakan untuk menguji berat jenis keramik;

b. Pengujian gradasi pecahan keramik

Pengujian gradasi pada pecahan keramik ini menggunakan metode yang sama dengan pengujian gradasi pada agregat, yaitu menggunakan metode analisa saringan.

B. Pembuatan Beton

1. Penakaran

Penakaran menggunakan timbangan untuk mengetahui takaran dari komposisi campuran beton. Komposisi yang digunakan yaitu 1:2,5:3,5 , 1:2:3 , dan 1:3,5:5.

2. Pencampuran

Bahan-bahan yang telah diukur takaran komposisinya dimasukkan ke mesin pengaduk beton. Penambahan air dilakukan secara bertahap dan mesin dalam keadaan menyala atau berputar.

3. Uji *Slump*

Setelah diaduk cukup merata dengan kerucut Abram dan tongkat pemadat, dilakukan *Slump Test*. Ketika permukaan campuran beton mengecil setelah kerucut Abram ditarik, pengukuran nilai slump dihitung. Nilai *Slump* mengacu pada derajat penurunan campuran.

Pengujian *slump* dilakukan sebagai berikut (PBI, 1971:37):

- a. Kerucut terpotong (dikenal sebagai Abrams) dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm diletakkan di atas fondasi yang rata dan kedap udara.
- b. Sambil ditekan ke penyangga, kerucut ini diisi dengan campuran beton.
- c. Sebuah batang baja dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm, dan ujung yang membulat ditusuk 10 kali melalui masing-masing dari tiga lapisan campuran beton dengan ketebalan yang kira-kira sama. 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.
- d. Tepat setelah itu, puncak kerucut turun ke ketinggian yang sudah meningkat.
- e. Hasil pengukuran, dikenal sebagai *slump*, berfungsi sebagai pengukur viskositas campuran beton.

4. Pengecoran dan pemadatan

Pengecoran dilakukan 3 lapis di cetakan silinder berukuran 150 x 300 mm. Setiap lapis pengecoran beton silinder ditusuk sebanyak 25 kali secara merata dan setelah pengecoran selesai, setelah diisi dengan beton baru, beton dibiarkan selama 24 jam.

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

C. Perawatan (*Curing*)

Perawatan beton dilakukan dengan perendaman beton setelah 2 hari pelepasan cetakan, kemudian dilanjutkan perawatan secara bertahap pada hari ke-7, hari ke-14, hari ke-21 dan hari ke-28.

D. Pengukuran Berat Volume

Pengujian berat volume menggunakan rumus:

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dengan:

γ = berat jenis beton (gr/cm³)

W = berat beton (gr)

V = volume silinder beton (cm³)

E. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan *Concrete Pressure Machine* pada saat beton berumur 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan sesuai langkah –langkah sebagai berikut.

1. Uji tekan benda uji harus segera dilakukan setelah pemindahan dari tempat pelembaban.
2. Tempatkan alas tekan datar bawah dengan kuat menghadap ke atas pada bidang data dari meja uji atau mesin di bawah blok hemisfer.
3. Jalankan pemuatan terus menerus dan tanpa ketahuan
4. Lanjutkan memuat benda uji hingga hancur, lalu catat beban tertinggi yang dialami benda uji. Perhatikan tingkat kerusakan dan keadaan estetis benda uji beton.

Perancang struktur menentukan kuat tekan yang diperlukan, f^c , yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa), yang digunakan dalam perencanaan struktur beton, dan merupakan kuat tekan beton yang diukur pada benda uji, yaitu silinder dan 150 diameter mm dan tinggi 300 mm dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

$f'c$ = kuat tekan beton (kg/cm²)

P = beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (kg)

A = luas penampang tertekan benda uji (cm²)

3.5. Analisis Data

Dalam mengolah analisis data sifat-sifat teknis agregat beton sebagai berikut:

- Kadar Air

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

Dimana:

W1 = Berat beton dalam keadaan kering mutlak (diovon)

W2 = Berat beton setelah direndam

- Kadar Lumpur

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1 + v_2} \times 100\%$$

Dimana:

v_1 = Volume pasir

v_2 = Volume lumpur (mm³)

- Analisa Saringan

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \times 100\%$$

Dimana:

b_1 : Berat agregat semula (gram)

b_2 : Berat agregat setelah disaring (gram)

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Jumlah Berat Tertahan}}$$

Dimana:

MHB : Modulus Halus Butir (%)

Dalam mengolah analisis data untuk mengetahui pengaruh perbandingan keramik terhadap berat volume sebagai berikut :

- Berat volume :

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Keterangan :

D : Densitas beton (kg/m^3)

M_c : Berat wadah ukur yang diisi beton (kg)

M_m : Berat wadah ukur (kg)

V_m : Volume wadah ukur (m^3)

Dalam mengolah analisis data kuat tekan optimum dari 3 komposisi beton agregat kasar pecahan keramik dibandingkan dengan agregat normal sebagai berikut :

- Kuat Tekan Beton

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (kg)

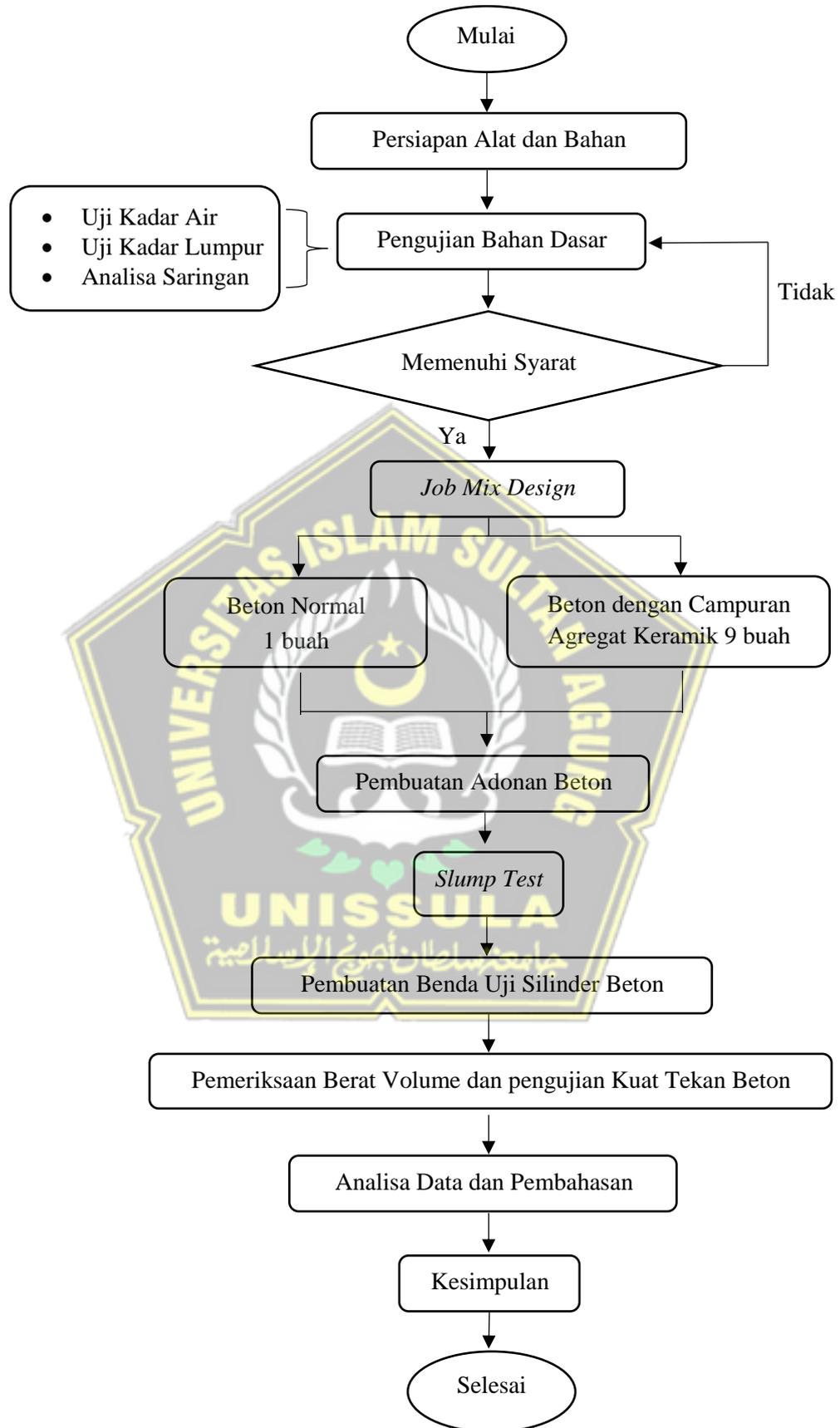
A = luas penampang tertekan benda uji (cm^2)

- **Kondisi Optimum Beton**

Beton K-175 yang mengacu pada SNI-7394-2008 merupakan kondisi ideal untuk beton normal yang digunakan untuk parameter beton uji. Memiliki Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,66, dan tergolong beton mutu normal jika nilai kuat tekannya 14,5 MPa setelah 28 hari.



3.6. Bagan Alir



Gambar 3. 1 - Bagan Alir Tahapan Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat Beton

Pemeriksaan agregat dilakukan dengan beberapa pemeriksaan yang dilakukan dalam tahap pengujian bahan sehingga diperoleh hasil yang menggambarkan karakteristik dari agregat kasar maupun halus. Pemeriksaan agregat ini terdiri dari pengujian kadar air, pemeriksaan kadar lumpur dan analisa saringan. Pengujian limbah pecahan keramik terdiri dari analisa saringan dan kadar air. Data perhitungan dan pengujian sebagai berikut:

4.1.1 Agregat Halus

1. Pemeriksaan Kadar Air

a. Percobaan I

Pada percobaan I, melakukan pemeriksaan kadar air pada agregat halus yaitu pasir yang digunakan untuk komposisi pembuatan beton normal dengan data dan perhitungan sebagai berikut :

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

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

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

$$W_1 = 300 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ = 255 \text{ g}$$

$$W_2 = 290 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ = 245 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air I} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$$= \frac{255 - 245}{245} \times 100\%$$

$$= 4\%$$

b. Percobaan II

Percobaan II dilakukan setelah melakukan percobaan I dengan tujuan mencari rata-rata kadar air dari dua percobaan tersebut. Percobaan II ini juga melakukan pemeriksaan kadar air pada agregat halus yaitu pasir yang digunakan untuk komposisi pembuatan beton normal dengan data penelitian dan perhitungan sebagai berikut:

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

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

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

$$W_1 = 300 \text{ g} - 45 \text{ g}$$

$$= 255 \text{ g/}$$

$$W_2 = 290 \text{ g} - 45$$

$$= 245 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air II} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$$= \frac{255 - 245}{245} \times 100\%$$

$$= 4\%$$

c. Kadar Air Rata – Rata

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

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

$$\text{Kadar air rata – rata} = \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2}$$

$$= \frac{4\% + 4\%}{2}$$

$$= 4\%$$

Pada pengujian kadar air agregat halus didapat nilai rata-rata sebesar 4%. Berdasarkan peraturan atau persyaratan yang terkandung

dalam ASTM C70 kadar air yang digunakan untuk agregat halus (pasir) adalah 0,2 % sampai dengan 4,0 % sehingga untuk agregat halus boleh dipakai karena presentase yang diperoleh memenuhi standar.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

a. Percobaan I

Pada percobaan I ini, melakukan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus atau pasir dengan data dan perhitungan sebagai berikut:

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

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

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

b. Percobaan II

Percobaan II ini dilakukan setelah percobaan I, dengan melakukan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus atau pasir yang bertujuan mencari nilai rata-rata kadar lumpur dengan data dan perhitungan sebagai berikut :

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

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

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

c. Kadar Lumpur Rata – Rata

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

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

Hasil yang didapatkan setelah melakukan percobaan I dan II ,nilai kadar lumpur rata-rata yang didapat sebesar 0% dikarenakan disaat melakukan percobaan I dan II tidak terdapat kandungan lumpur, 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).

3. Analisa Saringan.

Analisa saringan terhadap agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton menggunakan metode yang telah dinyatakan pada bab sebelumnya. Hasil analisa saringan agregat halus disajikan dalam bentuk data – data yang 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

Lanjutan Tabel 4.1

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat (g)
8.	Pan	45	45	0
Jumlah				955

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.1 Hasil Penyaringan Agregat Halus dihitung presentase masing- masing agregat sebagai berikut:

a. Prosentase Agregat Tertinggal $= \frac{C}{\Sigma C} \times 100\%$

- 1). Tertahan komulatif ϕ 9,5 $= \frac{0}{955} \times 100\% = 0\%$
- 2). Tertahan komulatif ϕ 4,75 $= \frac{15}{955} \times 100\% = 1,57\%$
- 3). Tertahan komulatif ϕ 2,36 $= \frac{95}{955} \times 100\% = 9,95\%$
- 4). Tertahan komulatif ϕ 2 $= \frac{70}{955} \times 100\% = 7,33\%$
- 5). Tertahan komulatif ϕ 0,6 $= \frac{460}{955} \times 100\% = 48,17\%$
- 6). Tertahan komulatif ϕ 0,15 $= \frac{280}{955} \times 100\% = 29,32\%$
- 7). Tertahan komulatif 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%

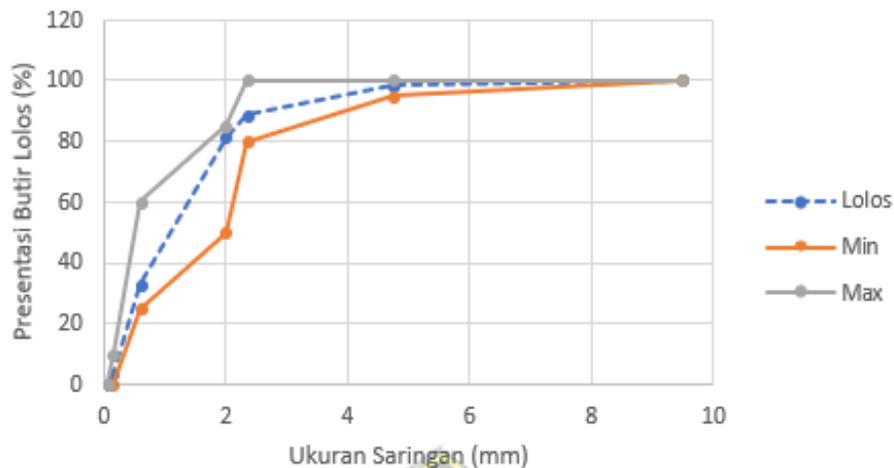
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Komulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (ASTM C33) (%)	
						Min	Max
1.	9,5	0	0	0	100	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 Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.1 dihitung nilai MHB (Modulus Halus Butir) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{295,3}{100} \\
 &= 2,95\%
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Menurut standar ASTM C33-2016, persentase agregat halus yang lolos saringan pada Gambar 4.1 yang merupakan grafik analisis saringan agregat halus pasir Muntilan sudah berada di antara batas gradasi maksimum dan minimum. Oleh karena itu, pasir Muntilan merupakan pasir yang sangat baik dan ideal untuk digunakan dalam campuran beton. Pasir muntilan di atas memiliki modulus kehalusan sebesar 2,95. MHB agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan sebagai standar karena nilai MHB agregat halus biasanya berkisar antara 1,50 hingga 3,80. (Mulyono, 2005).

4.1.2 Agregat Kasar

1. Pemeriksaan Kadar Air

a. Percobaan I

Pada percobaan I, melakukan pemeriksaan kadar air pada agregat kasar yaitu kerikil yang digunakan untuk komposisi pembuatan beton normal dengan data dan perhitungan:

$$\text{Berat cawan (W)} = 25 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven (W}_1\text{)} = 285 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven (W}_2\text{)} = 285 \text{ g}$$

$$W_1 = 285 \text{ g} - 25 \text{ g}$$

$$= 260 \text{ g}$$

$$W_2 = 285 \text{ g} - 25 \text{ g}$$

$$= 260 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air I} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$$= \frac{260 - 260}{260} \times 100\%$$

$$= 0\%$$

b. Percobaan II

Percobaan II dilakukan setelah melakukan percobaan I dengan tujuan mencari rata-rata kadar air dari dua percobaan tersebut. Percobaan II ini juga melakukan pemeriksaan kadar air pada agregat kasar yaitu kerikil yang digunakan untuk komposisi pembuatan beton normal dengan data penelitian dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Berat cawan (W)} = 25 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dioven (W}_1\text{)} = 285 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dioven (W}_2\text{)} = 285 \text{ g}$$

$$W_1 = 285 \text{ g} - 25 \text{ g}$$

$$= 260 \text{ g}$$

$$W_2 = 285 \text{ g} - 25 \text{ g}$$

$$= 260 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air II} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$$= \frac{260 - 260}{260}$$

$$= 0\%$$

c. Kadar Air Rata – Rata

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

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

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

Berdasarkan data diatas, setelah melakukan percobaan I dan II didapat nilai kadar air rata-rata sebesar 0 %, sehingga tidak mengandung air sama sekali , tidak perlu melakukan penjemuran, dan langsung digunakan untuk bahan penyusun campuran beton. Berdasarkan peraturan atau persyaratan yang terkandung dalam ASTM C70 kadar air yang digunakan untuk agregat kasar (kerikil) adalah 0,2 % sampai dengan 4,0 % sehingga untuk agregat kasar boleh dipakai karena presentase yang diperoleh memenuhi standar.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

a. Percobaan I

Pada percobaan I ini, melakukan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus atau pasir dengan data dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Berat cawan } (W_2) = 45 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci } (W_1) = 260 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci } (W_4) = 255 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} W_3 &= W_1 - W_2 \\ &= 260 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 215 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_5 &= W_4 - W_2 \\ &= 255 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 210 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_6 &= ((W_3 - W_5)/(W_3)) \times 100\% \\ &= ((215 - 210)/(215)) \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

b. Percobaan II

Percobaan II ini dilakukan setelah percobaan I, dengan melakukan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus atau pasir yang bertujuan mencari nilai rata-rata kadar lumpur dengan data dan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Berat cawan } (W_2) = 45 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci } (W_1) = 275 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci } (W_4) = 270 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} W_3 &= W_1 - W_2 \\ &= 275 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 230 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_5 &= W_4 - W_2 \\ &= 270 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 225 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_6 &= ((W_3 - W_5) / (W_3)) \times 100\% \\ &= ((230 - 225) / (230)) \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

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 yang didapatkan setelah melakukan percobaan I dan II ,nilai kadar lumpur rata-rata yang didapat sebesar 2%. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Hasil tersebut 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).

3. Analisa Saringan.

Data – data analisa saringan pada agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton normal, 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 Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.3 Hasil Penyaringan Agregat Kasar dihitung presentase masing-masing agregat sebagai berikut :

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

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% - 45,30% = 54,70%
- 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 (%)	Komulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (ASTM C33) (%)	
						Min	Max
1.	25	10	1,34	1,34	98,66	90	100
2.	19	330	44,30	45,30	54,7	20	55
3.	12,5	405	54,36	100	0	0	10
Jumlah		745	100	146,64	153,36	-	-

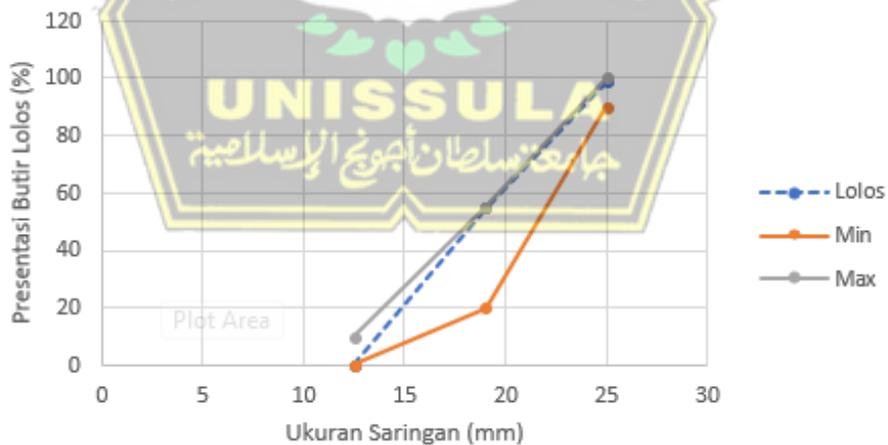
(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.4 dihitung nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebagai berikut :

$$MHB = \frac{\sum \% \text{Komulatif Agregat Tertinggal}}{100}$$

$$= \frac{146,64}{100}$$

$$= 1,47\%$$



Gambar 4.2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Gambar 4.2 diatas diketahui bahwa grafik analisis saringan agregat kasar didapatkan hasil bahwa sebagian besar agregat kasar berada diantara batas atas dan batas bawah sesuai dengan standar ASTM C33-2016 sehingga secara keseluruhan agregat kasar layak untuk digunakan. Nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar tersebut memiliki nilai 1,47 dan 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).

4.1.3 Limbah Pecahan Keramik

1. Pemeriksaan Kadar Air

a. Percobaan I

Pada percobaan I, melakukan pemeriksaan kadar air pada agregat kasar pengganti kerikil yang digunakan untuk komposisi pembuatan benda uji beton dengan data dan perhitungan sebagai berikut :

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

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

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

$$W_1 = 445 \text{ g} - 25 \text{ g}$$

$$= 420 \text{ g}$$

$$W_2 = 440 \text{ g} - 25 \text{ g}$$

$$= 415 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air I} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

$$= \frac{420 - 415}{415}$$

$$= 1 \%$$

b. Percobaan II

Percobaan II dilakukan setelah melakukan percobaan I dengan tujuan mencari rata-rata kadar air dari dua percobaan tersebut. Percobaan II ini juga melakukan pemeriksaan kadar air pada agregat kasar yaitu kerikil yang digunakan untuk komposisi pembuatan benda uji beton dengan data penelitian dan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_1 &= 305 \text{ g} - 25 \text{ g} \\ &= 280 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 305 \text{ g} - 25 \text{ g} \\ &= 280 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air II} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \\ &= \frac{280 - 280}{280} \\ &= 0\% \end{aligned}$$

c. Kadar Air Rata – Rata

$$\text{Kadar air I} = 1\%$$

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

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

Hasil rata – rata dari 2 percobaan pemeriksaan kadar air limbah pecahan keramik tersebut menunjukkan nilai kadar air limbah pecahan keramik yang digunakan sebagai bahan campuran beton uji pada penelitian ini adalah 0,5%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kadar air limbah pecahan keramik memiliki selisih 0,5% dengan nilai kadar air agregat kasar. Berdasarkan peraturan atau persyaratan yang terkandung dalam ASTM C70 kadar air limbah pecahan keramik mengacu sama dengan agregat kasar yaitu 0,2 % sampai dengan 4,0 %

sehingga untuk limbah pecahan keramik boleh dipakai karena presentase yang diperoleh memenuhi standar.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

a. Percobaan I

Pada percobaan I ini, melakukan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar limbah pecahan keramik dengan data dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Berat cawan (W2)} = 45 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci (W1)} = 340 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci (W4)} = 320 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} W3 &= W1 - W2 \\ &= 340 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 295 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W5 &= W4 - W2 \\ &= 320 \text{ g} - 45 \text{ g} \\ &= 275 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W6 &= ((W3 - W5)/(W3)) \times 100\% \\ &= ((295 - 275)/(295)) \times 100\% \\ &= 6\% \end{aligned}$$

b. Percobaan II

Percobaan II ini dilakukan setelah percobaan I, dengan melakukan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar limbah pecahan keramik yang bertujuan mencari nilai rata-rata kadar lumpur dengan data dan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Berat cawan (W2)} = 45 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sebelum dicuci (W1)} = 340 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan + agregat sesudah dicuci (W4)} = 330 \text{ g}$$

$$W3 = W1 - W2$$

$$\begin{aligned}
&= 340 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
&= 295 \text{ g} \\
W5 &= W4 - W2 \\
&= 330 \text{ g} - 45 \text{ g} \\
&= 285 \text{ g} \\
W6 &= ((W3 - W5)/(W3)) \times 100\% \\
&= ((295 - 285)/(295)) \times 100\% \\
&= 3\%
\end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata – Rata

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

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

3. Analisa Saringan

Hasil penyaringan pada limbah pecahan keramik, disajikan pada data – data yang terdapat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Penyaringan Limbah Pecahan Keramik

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat (g)
1.	25	45	55	10
2.	19	45	70	25
3.	12,5	45	90	45
Jumlah				80

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.5 Hasil Penyaringan Limbah Pecahan keramik dihitung presentase masing- masing agregat sebagai berikut :

- a. Prosentase Agregat Tertinggal = $\frac{C}{\Sigma C} \times 100\%$
- 1). Tertahan komulatif ϕ 25 = $\frac{10}{80} \times 100\%$ = 12,5 %
 - 2). Tertahan komulatif ϕ 19 = $\frac{25}{80} \times 100\%$ = 31,25 %
 - 3). Tertahan komulatif ϕ 12,5 = $\frac{45}{80} \times 100\%$ = 56,25 %
- b. Komulatif Agregat Tertinggal
- 1) Lolos Saringan ϕ 25 = (0 + 12,5) % = 12,5 %
 - 2) Lolos Saringan ϕ 19 = (12,5 + 31,25) % = 43,75 %
 - 3) Lolos Saringan ϕ 12,5 = (43,75 + 56,25) % = 100%
- c. Present Finer (f) = 100% - Komulatif agregat tertinggal
- 1) Saringan ϕ 25 = 100% - 12,5 % = 87,5 %
 - 2) Saringan ϕ 19 = 100% - 43,75% = 56,25 %
 - 3) Saringan ϕ 12,5 = 100% - 100% = 0%

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Limbah Pecahan Keramik

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Komulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (ASTM C33) (%)	
						Min	Max
1.	25	10	12,5	12,5	87,5	90	100
2.	19	25	31,25	43,75	56,25	20	55

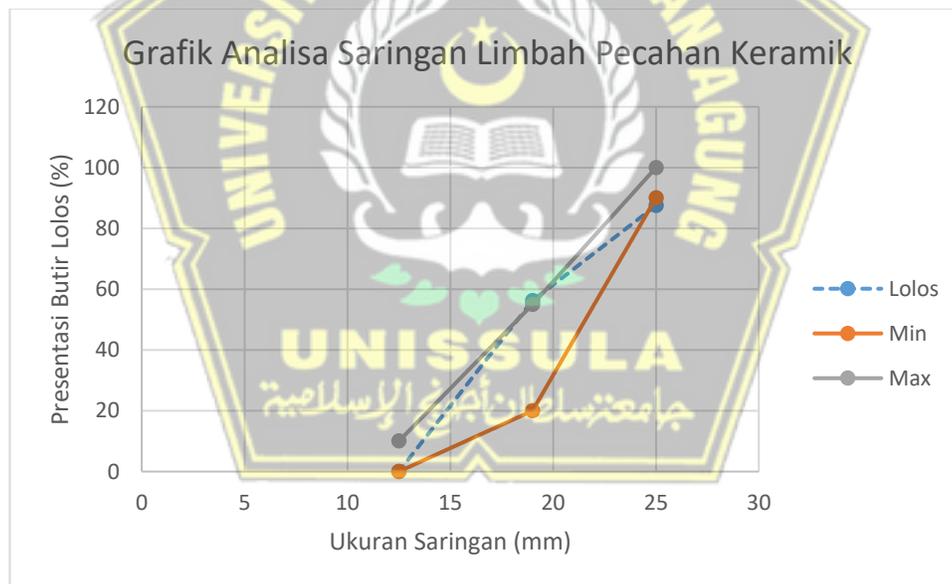
Lanjutan Tabel 4.6

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat Tertinggal (%)	Komulatif Agregat Tertinggal (%)	Present Finer (%)	Spesifikasi (ASTM C33) (%)	
						Min	Max
3.	12,5	45	56,25	100	0	0	10
Jumlah		80	100	156,25	143,75	-	-

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.6 dihitung nilai MHB (Modulus Halus Butir) agregat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{156,25}{100} \\
 &= 1,56\%
 \end{aligned}$$



Gambar 4.3. Grafik Analisa Saringan Limbah Pecahan Keramik

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Gambar 4.3 diatas diketahui bahwa grafik analisis saringan limbah pecahan keramik didapatkan hasil bahwa persen lolos dari limbah pecahan keramik tersebut sudah berada diantara garis batas gradasi maksimal dan minimal sesuai dengan

standar ASTM C33- 2016 sehingga secara keseluruhan limbah pecahan keramik layak untuk digunakan dan sudah memenuhi syarat batas yang ditentukan.

Modulus Halus Butir (MHB) limbah pecahan keramik tersebut memiliki nilai 1,56 ,nilai tersebut menunjukkan bahwa MHB limbah pecahan keramik lebih kecil dari nilai MHB agregat kasar secara umum yaitu sekitar 5-8. Hal ini menunjukkan bahwa limbah pecahan keramik yang digunakan sebagai bahan campuran beton uji pada penelitian ini tidak tergolong standar (Mulyono, 2005). Nilai MHB limbah pecahan keramik memiliki selisih 0,09% dengan nilai MHB agregat kasar.

4.2. Perbandingan Bahan Penyusun Beton

Beton normal yang digunakan sebagai parameter beton uji adalah beton K-175 dengan proporsi takaran bahan penyusun beton mengacu SNI-7394-2008 dengan Faktor Air Semen (FAS) adalah 0,66. Beton uji yang dibuat ada 3 macam proporsi perbandingan semen : agregat halus : limbah pecahan keramik, yaitu 1 : 2 :3, 1 : 2 ½ : 3 ½, dan 1 : 3 : 5, dengan kebutuhan air 193 l/m³. Alat cetak yang digunakan adalah cetakan silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm dengan volume cetakan 0,0053 m³. Perbandingan bahan penyusun beton dari keseluruhan beton yang dibuat tercantum pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perbandingan Bahan Penyusun Beton

No.	Nama	Takaran 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	1,23	1,67	4,17	5,84
4.	Beton Uji 1 : 3 : 5	1,23	1,54	4,63	7,71

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

4.3. Pemeriksaan Uji *Slump*

Nilai *slump* beton saling keterkaitan dengan kebutuhan air pada campuran beton, penentuan kebutuhan air pada campuran beton ditentukan melalui nilai *slump* rencana. Nilai *slump* rencana yang diambil dari Tabel 2.4 adalah 75-100 mm yang menghasilkan

kebutuhan air 193 kg/m³. Pemeriksaan *slump* beton pada benda uji ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Pemeriksaan Uji *Slump* Beton

No.	Nama	Nilai <i>Slump</i> Beton (mm)
1.	Beton Normal K-175	90
2.	Beton Uji 1 : 2 : 3	85
3.	Beton Uji 1 : 2 ½ : 3 ½	160
4.	Beton Uji 1 : 3 : 5	60

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Hasil dari uji *slump* tekan 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 semen : agregat halus : limbah pecahan keramik yaitu 1 : 2 : 3.

4.4. Perbandingan atau komposisi keramik terhadap berat volume

4.4.1. Pemeriksaan Berat Volume

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

Tabel 4.9. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Segar

No.	Kode	Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc – Mm) (kg)
1.	K-175	10,08	23,26	13,18
2.	Komposisi 1:2:3			
	BA 1	10,46	20,59	16,4
	BB 1	10,80	21,18	10,38
	BC 1	10,08	20,66	10,58

Lanjutan Tabel 4.9

3	Komposisi 1:2,5:3,5			
	BA 2 BB 2 BC 2	10,08	21,08	11
		10,16	21,54	11,38
		10,82	22,62	11,8
4	Komposisi 1:3:5			
	BA 3 BB 3 BC 3	10,08	21,05	11,42
		10,20	21,75	11,67
		10,56	21,88	11,32

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Keras

No.	Kode	Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc – Mm) (kg)
1.	K-175	10,08	22,98	12,90
2.	Komposisi 1:2:3			
	BA 1 BB 1 BC1	10,46	21,60	11,14
		10,80	22,46	11,66
		10,08	21,68	11,60
3.	Komposisi 1:2,5:3,5			
	BA 2 BB 2 BC 2	10,08	21,30	11,22
		10,16	21,84	11,68
		10,82	22,22	11,40
4.	Komposisi 1:3:5			
	BA 3 BB 3 BC 3	10,08	20,46	10,38
		10,20	21,17	10,97
		10,56	22,05	11,49

Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 dihitung nilai volume wadah ukur, nilai dan rata-rata berat volume beton segar maupun keras sebagai berikut :

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

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

1). BA 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{16,4}{0,0053} = 3094,34 \text{ kg/m}^3$

2). BB 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,38}{0,0053} = 1958,49 \text{ kg/m}^3$

3). BC 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,58}{0,0053} = 1996,23 \text{ kg/m}^3$

4). BA 1:2,5:3,5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11}{0,0053} = 2075,47 \text{ kg/m}^3$

5). BB 1:2,5:3,5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,38}{0,0053} = 2147,17 \text{ kg/m}^3$

6). BC 1:2,5:3,5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,8}{0,0053} = 2226,41 \text{ kg/m}^3$

7). BA 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,42}{0,0053} = 2154,71 \text{ kg/m}^3$

8). BB 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,67}{0,0053} = 2201,88 \text{ kg/m}^3$

9). BC 1:3:5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,32}{0,0053} = 2135,94 \text{ kg/m}^3$

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

1). BA 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,14}{0,0053} = 2101,89 \text{ kg/m}^3$

2). BB 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,66}{0,0053} = 2200 \text{ kg/m}^3$

3). BC 1:2:3 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,6}{0,0053} = 2188,68 \text{ kg/m}^3$

4). BA 1:2,5:3,5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,22}{0,0053} = 2116,98 \text{ kg/m}^3$

5). BB 1:2,5:3,5 = $\frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,68}{0,0053} = 2203,77 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned}
 6). \text{ BC } 1:2,5:3,5 &= \frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,4}{0,0053} = 2150,94 \text{ kg/m}^3 \\
 7). \text{ BA } 1:3:5 &= \frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,38}{0,0053} = 1958,49 \text{ kg/m}^3 \\
 8). \text{ BA } 1:3:5 &= \frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{10,97}{0,0053} = 2069,81 \text{ kg/m}^3 \\
 9). \text{ BA } 1:3:5 &= \frac{M_c - M_m}{0,0053} = \frac{11,49}{0,0053} = 2167,92 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

c. Rata – rata berat volume beton segar beton uji

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Berat Volume Perbandingan } 1:2:3}{3} \\
 &= \frac{3094,34 + 1958,49 + 1996,23}{3} \\
 &= 2349,69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Berat Volume Perbandingan } 1:2,5:3,5}{3} \\
 &= \frac{2075,47 + 2147,17 + 2226,42}{3} \\
 &= 2149,69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Berat Volume Perbandingan } 1:3:5}{3} \\
 &= \frac{2154,71 + 2201,88 + 2135,94}{3} \\
 &= 2164,17
 \end{aligned}$$

d. Rata – rata berat volume beton keras beton uji

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Berat Volume Perbandingan } 1:2:3}{3} \\
 &= \frac{2101,89 + 2200 + 2188,68}{3} \\
 &= 2163,52
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Berat Volume Perbandingan } 1:2,5:3,5}{3} \\
 &= \frac{2116,98 + 2203,77 + 2150,94}{3} \\
 &= 2157,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata} &= \frac{\sum \text{Berat Volume Perbandingan 1:3:5}}{3} \\
 &= \frac{1958,49 + 2069,81 + 2167,92}{3} \\
 &= 2065,4
 \end{aligned}$$

Pengolahan data hasil berat volume beton segar dan keras ditampilkan pada Tabel 4.11

Tabel 4.11. Berat Volume Beton Segar

No.	Kode	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	2486,79
2.	Komposisi 1:2:3						2349,69
	BA 1	10,46	26,86	16,4	0,0053	3094,34	
	BB 1	10,80	21,18	10,38	0,0053	1958,49	
	BC 1	10,08	20,66	10,58	0,0053	1996,23	
3.	Komposisi 1:2,5:3,5						2149,69
	BA 2	10,08	21,08	11	0,0053	2075,47	
	BB 2	10,16	21,54	11,38	0,0053	2147,17	
	BC 2	10,82	22,62	11,8	0,0053	2226,42	
4.	Komposisi 1:3:5						2164,17
	BA 3	10,08	21,05	11,42	0,0053	2154,71	
	BB 3	10,20	21,75	11,67	0,0053	2201,88	
	BC 3	10,56	21,88	11,32	0,0053	2135,94	

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

Tabel 4.12. Berat Volume Beton Keras

No.	Kode	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	2433,96
2.	Komposisi 1:2:3						
	BA 1	10,46	21,60	11,14	0,0053	2101,89	2163,52
	BB 1	10,80	22,46	11,66	0,0053	2200	
	BC 1	10,08	21,68	11,60	0,0053	2188,68	
3.	Komposisi 1:2,5:3,5						
	BA 2	10,08	21,30	11,22	0,0053	2116,98	2157,23
	BB 2	10,16	21,84	11,68	0,0053	2203,77	
	BC 2	10,82	22,22	11,40	0,0053	2150,94	
4.	Komposisi 1:3:5						
	BA 3	10,08	20,46	10,38	0,0053	1958,49	2065,4
	BB 3	10,20	21,17	10,97	0,0053	2069,81	
	BC 3	10,56	22,05	11,49	0,0053	2167,92	

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

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 yang mengacu pada SNI 7394-2008 baik saat masih dalam keadaan segar maupun sudah berumur 28 hari adalah beton uji dengan perbandingan semen : agregat halus : limbah pecahan keramik yaitu 1 : 2 : 3.

Dari hasil penelitian Perbandingan berat volume beton normal K-175 yaitu dengan beton uji 1 : 2 : 3 dalam keadaan segar memiliki selisih 137,1 kg/m³, sedangkan saat berumur 28 hari memiliki selisih 270,44 kg/m³.

4.5. Uji kuat tekan optimum beton

Uji kuat tekan beton menggunakan alat *Concrete Compressive Strength* tipe CO-320. Hasil dari pengujian menggunakan alat tersebut menampilkan *Maximum Load (P)* dan *Maximum Strength (f'c)*.

- Rata – rata kuat tekan beton

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Kuat Tekan Perbandingan 1:2:3}}{3} \\ &= \frac{21,978+15,538+10,124}{3} \\ &= 15,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Kuat Tekan Perbandingan 1:2,5:3,5}}{3} \\ &= \frac{12,191+11,992+15,963}{3} \\ &= 13,382 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata} &= \frac{\sum \text{Kuat Tekan Perbandingan 1:3:5}}{3} \\ &= \frac{9,319 + 10,889 + 12,334}{3} \\ &= 10,847 \end{aligned}$$

Pengolahan data hasil uji kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No.	Kode	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
1.	K-175	343,924	17672	19,462	19,462
2.	Komposisi 1:2:3				
	BA 1	388,384	0,02	21,978	15,88
	BB 1	256,900	0,02	15,538	
BC 1	178,900	0,02	10,124		
3.	Komposisi 1:2,5:3,5				

Lanjutan Tabel 4.13

	Kode	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
	BA 2	215,430	0,02	12,191	13,382
	BB 2	211,900	0,02	11,992	
	BC 2	282100	0,02	15,963	
4.	Komposisi 1:3:5				
	BA 3	164,672	0,02	9,319	10,847
	BB 3	154,678	0,02	10,889	
	BC 3	190,980	0,02	12,334	

(Sumber : Hasil Pengujian Bulan Mei 2022)

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 sesuai optimum beton normal K-175 yang mengacu pada SNI 7394-2008 adalah beton uji dengan perbandingan semen : agregat halus : limbah pecahan keramik atau komposisi 1 : 2 : 3 sebesar 15,88 Mpa dan mendekati nilai kuat tekan optimum beton normal K-175 sebesar 19,462 Mpa, selain itu pada komposisi tersebut didukung dengan jumlah keramik yang lebih sedikit dan ukuran keramik lebih pipih dibandingkan dengan komposisi lainnya. Sedangkan untuk perbandingan komposisi 1: 2,5 : 3,5 dan Komposisi 1 : 3 :5 nilai kuat tekan optimum beton selisih jauh dengan nilai kuat tekan optimum beton normal K-175 dikarenakan memang pada saat penelitian berlangsung komposisi keramik pada perbandingan tersebut lebih banyak, ukuran keramik kurang pipih , serta terlalu banyak butiran halus pada komposisi tersebut sehingga nilai kuat tekannya lebih rendah dibandingkan dengan komposisi 1 : 2 : 3.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sifat-sifat teknis agregat beton dengan limbah keramik sebagai pengganti agregat kasar pada beton dengan acuan mutu K-175 sesuai dengan SNI 7394-2008 ditinjau dari hasil penelitian bahwa memiliki sifat teknis beton normal dengan kriteria beton kedap air, karena daya serap air keramik sangat rendah. Jika daya serap air pada beton semakin tinggi, maka kualitas tekan beton juga pun tidak baik.
2. Dari hasil penelitian ini bahwa berat volume rata-rata beton dengan agregat kasar pecahan keramik dengan perbandingan komposisi 1:2:3 lebih besar dibandingkan dengan komposisi lainnya.
3. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa perbandingan komposisi 1:2:3 memiliki kuat tekan paling optimum sesuai dengan beton normal K-175 yang mengacu pada SNI 7394-2008 dibandingkan dengan komposisi lainnya karena keramik pada komposisi ini lebih sedikit dan pipih ukurannya. Pecahan keramik tidak dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal K-175 bangunan struktur, karena ditinjau dari kuat tekannya memiliki selisih nilai kuat tekan sebesar 3,58 MPa daripada beton normal K-175 dengan agregat kasar (kerikil atau batu *split*). Akan tetapi, pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar beton normal K-175 dapat digunakan sebagai bahan bangunan non struktur.

5.2. Saran

1. Penelitian ini bisa menjadi bahan acuan atau referensi untuk penelitian berikutnya, dengan mengontrol kepipihan keramik agar beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang lebih baik lagi.
2. Ditinjau dari sifat-sifat agregat pecahan keramik dan hasil pengujian kuat tekan beton maka pecahan keramik dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada bangunan beton non struktur. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan masyarakat yang memiliki limbah keramik untuk dimanfaatkan dalam pembuatan beton non struktur.



DAFTAR PUSTAKA

- Andina Prima Putri, & Ade Khairani Tobing. (2018). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 105–109.
<http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jkts/article/view/1353>
- Haris, H. (2019). Tolis Ilmiah : Jurnal Penelitian Tolis Ilmiah : Jurnal Penelitian. *Tolis Ilmiah; Jurnal Penelitian*, 1(2), 124–129.
- Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. (2017). Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(2), 165–172.
- Karimah, R., & Rusdianto, Y. (2021). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan. *Media Teknik Sipil*, 19(1), 17–23. <https://doi.org/10.22219/jmts.v19i1.15386>
- Kementerian PUPR. (2017). Rancangan Campuran Beton. *Diklat Perkerasan Kaku*, 60.
https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2019/02/923ef_Modul_3-_Rancangan_Campuran_Beton_final.pdf
- Kuntari, H. D., Lingga, A. A., & Supriyadi, A. (2019). ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN CAMPURAN BETON NORMAL MENGGUNAKAN SNI 03-2834-2000 DAN SNI 7656 : 2012 DENGAN KUAT TEKAN 30 MPa. *Jurnal Elektronik Laut, Sipil, Tambang (JeLAST)*, 6(3).
- Mulyadi, A., & Sanutra, A. (2017). Analisis Limbah Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton K.200. *Teknik Sipil*, 200, 8–14.
- Rancang, S. P., & Santoso, A. (2017). Studi Perbandingan Rancang Campur Beton Normal Menurut Sni 03-2834-2000 Dan Sni 7656:2012. *Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 13(2), 105–115.
- Revisdah, & Utari, R. (2018). Pemanfaatn Limbah Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Semnastek*, 1–10.
- Rifai, A. L., Arnandha, Y., & ... (2019). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Campuran Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa ...*, 39.
- Suria, A., MB Neneng, I., & Alamsyah, W. (2012). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton. *Jurnal Ilmiah JURUTERA*, 4(1), 16–24.
- Suwarno, & Nursandah, F. (2019). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Koral Pada Campuran Beton Mutu Tinggi. *Jurnal CIVILLA*, 4(2), 256–261.
- Wahyudi, Irwan, & Nurmaidah. (2017). Pengaruh Pematatan Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan K 175 Effect of Compacting Concrete Combination Against Strong Press K 175. *Journal of Civil Engineering, Building and*

Transportation, 1(1), 37–53.

Widodo, A., & Basith, M. A. (2017). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Rooving Pada Beton Non Pasir. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 19(2), 115–120. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v19i2.12138>

