

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI AGREGAT HALUS ALTERNATIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL



DISUSUN OLEH:

NAMA : ARNANDA DESTIA FITRI
NIM : 1922201016

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI
RIAU
2023**

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI AGREGAT HALUS ALTERNATIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL



DISUSUN OLEH:

NAMA : ARNANDA DESTIA FITRI
NIM : 1922201016

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Persyaratan untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana S1 Teknik Sipil*

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI
RIAU
2023**

LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Tugas Akhir Berjudul:
ANALISIS PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI ALTERNATIF
AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

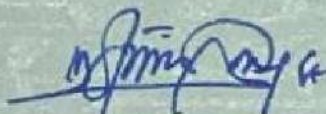
Disusun oleh:

NAMA : **ARNANDA DESTIA FITRI**
NIM : **1922201016**
Program Studi : **SI TEKNIK SIPIL**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji,
Pada Tanggal 25 Bulan Juli Tahun 2023
dan dinyatakan lulus.

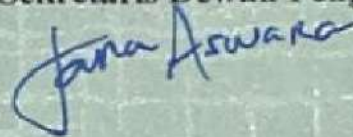
Susunan Dewan Penguji:

Ketua Dewan Penguji,



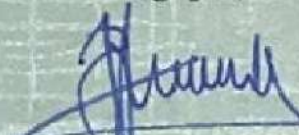
Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902

Sekretaris Dewan Penguji,



Dana Aswara, S.T., M.S.
NIDN. 1021029402

Penguji I,



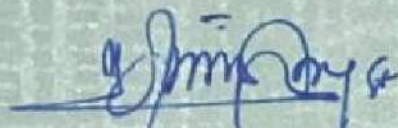
Ir. Mhd. Islah, S.T., M.T.
NIDN. 1005036502

Penguji II,



Deddy Gusman, S.Kom., M.T.I.
NIDN. 1005088602

Mengetahui:
Program Studi Teknik Sipil



Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir yang Berjudul:

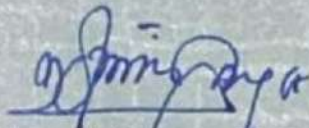
ANALISIS PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI AGREGAT HALUS ALTERNATIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

Disusun Oleh:

Nama : Arnanda Destia Fitri
NIM : 1922201016
Program Studi : S1 Teknik Sipil

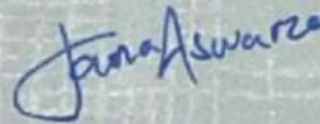
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



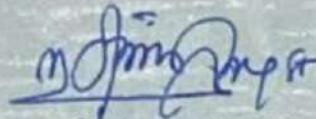
Beny Setiawan, M.T
NIDN. 1005048902

Pembimbing II



Dana Aswara, S.T., M.S.
NIDN. 1021029402

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dapat
dipertanggungjawabkan di hadapan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai
Bangkinang, 22 Juli 2023
Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil



Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertanda tanga dibawah ini menyatakan bahwa :

1. Penelitian Tugas Akhir yang penulis susun ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akedemik baik di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Penelitian Tugas Akhir ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan penulis sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari pembimbing.
3. Penelitian Tugas Akhir ini tidak memuat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dangan menyebutkan nama pengarangnya dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini penulis buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan sesuatu yang tidak sesuai dengan kebenaran dalam pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang penulis peroleh karena Penelitian Skripsi/Tugas Akhir ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Bangkinang, 22 Juli 2023
Saya yang Menyatakan

Arnanda Destia Fitri

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

**Seminar Hasil Penelitian Tugas Akhir,
ARNANDA DESTIA FITRI**

**ANALISIS PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI AGREGAT
HALUS ALTERNATIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL
xiv+ 76 Page + 18 Tabel + 23 Picture + 9 Lampiran**

ABSTRACT

Ceramics are one of the materials commonly used for various household crafts such as plates, glasses, flower vases, and others. Ceramics have become a very popular material in the world of construction industry. Research on ceramic waste for concrete has been conducted by many researchers, aiming to find alternative ways to utilize ceramic waste and reduce the amount of waste that is not properly utilized. In this research, ceramic waste is used as an alternative mix in normal concrete. The type of research used in this study is to examine the effect of ceramic waste as an alternative fine aggregate mix on the slump, density, and compressive strength of normal concrete. The results of the research show that the testing of concrete density with the addition of ceramic waste at variations of 5% and 10% does not affect the density of normal concrete and has met the standard density of normal concrete that has been set. This is proven by the test results, each variation ranging from 2.312-2.384 kg/m³. The compressive strength test results as an alternative mix at a 5% variation at 7 days did not meet the predetermined target of 12 MPa. It reached 11.64 MPa at 28 days, while with the addition of 10% variation, it achieved 7.71 MPa at 7 days and 11 MPa at 28 days.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

**Seminar Hasil Penelitian Tugas Akhir,
ARNANDA DESTIA FITRI**

**ANALISIS PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI AGREGAT
HALUS ALTERNATIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL
xiv+ 76 Halaman + 18 Tabel + 23 Gambar + 8 Lampiran**

ABSTRAK

Keramik merupakan salah satu bahan yang biasa digunakan untuk berbagai kerajinan rumah tangga seperti piring, gelas, vas bunga dan lain sebagainya. keramik telah menjadi bahan yang sangat populer dalam dunia industri konstruksi. Penelitian limbah keramik untuk beton telah dilakukan banyak peneliti, tujuannya adalah untuk mencari cara alternatif untuk memanfaatkan limbah keramik dan mengurangi jumlah limbah yang tidak dimanfaatkan dengan baik. Pada penelitian ini limbah keramik dimanfaatkan sebagai alternatif campuran pada beton normal. Jenis penelitian yang digunakan dalam peneliti ini adalah bagaimana pengaruh limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap *slump*, berat jenis beton dan kuat tekan beton normal. hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian berat jenis beton dengan penambahan limbah keramik dengan variasi sebesar 5% dan 10% tidak mempengaruhi berat jenis pada beton normal dan telah memenuhi standar berat jenis beton normal yang telah ditetapkan. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian yang masing-masing variasi berkisaran antara 2.312-2.384 kg/m³. Hasil pengujian kuat tekan sebagai alternatif campuran di variasi 5% umur 7 hari tidak memenuhi target yang sudah ditentukan yaitu 12 Mpa. pada umur 28 hari 11,64 MPa, sedangkan pada penambahan 10% umur 7 hari 7,71 MPa dan umur 28 hari 11 Mpa.

Kata kunci : Beton normal, limbah keramik.
daftar bacaan : 20 (1971-2022)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya peneliti menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Alternatif Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal**”.

Penelitian ini diajukan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. Dalam penyelesaian tugas akhir ini, peneliti mengucapkan banyak terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Keluarga tercinta terutama seseorang yang telah melahirkan dan membesarkan anakmu ini. yang selalu mendoakan dan memberi semangat demi keberhasilan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Amir Luthfi selaku Rektor Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
3. Bapak Emon Azriadi, S.T., M.Sc.E. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
4. Bapak Beny Setiawan, M.T. selaku Ketua Prodi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, sekaligus pembimbing I yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan petunjuk dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.
5. Ibuk Dana Aswara, M.S. selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan petunjuk dan bersusah payah

membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.

6. Bapak dan Ibu dosen Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan bagi peneliti dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh keluarga besar mahasiswa Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai Riau Angkatan Tahun 2018, 2019, 2020, 2021 dan 2022 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Kepada J.Rendra Suharlis,S.Pd yang telah memberi suport dan meluangkan waktu untuk menemani penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Kepada Desi Afrilia,S.Fram, Pretty Melani Khairunnisa,S.E dan Khairun Aniisya,S.T yang memberikan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh pihak yang terlibat yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1. Latar Belakang Penelitian	1
1. 2. Rumusan Penelitian	3
1. 3. Batasan Penelitian	3
1. 4. Tujuan Penelitian	4
1. 5. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2. 1. Penelitian Relevan	6
2. 2. Kajian Teori	9
2. 2. 1. Definisi dan Jenis Beton	9
2. 2. 2. Bahan Penyusun Beton	11
2. 2. 3. Pemeriksaan Material Agregat Halus	13
2. 2. 4. Pemeriksaan Material Agregat Kasar	17
2. 2. 5. Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>) Beton Normal	19
2. 2. 6. Perawatan Beton	22
2. 2. 7. Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3. 1. Jenis Penelitian	26
3. 2. Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3. 2. 1. Lokasi Penelitian	26
3. 2. 2. Waktu Penelitian	27
3. 3. Data dan Sumber Data	27
3. 4. Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	28
3. 4. 1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	28

3. 4. 2.	Pemeriksaan Analisa Saringan.	30
3. 4. 3.	Pemeriksaan Kadar Lumpur.	30
3. 4. 4.	Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus	32
3. 4. 5.	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	33
3. 4. 6.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat kasar	34
3. 4. 7.	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	35
3. 4. 8.	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	36
3. 4. 9.	Prosedur Campuran Bahan (<i>Mix Design</i>)	37
3. 4. 10.	Pengujian <i>Slump Test</i> Beton	38
3. 4. 11.	Prosedur Percobaan Mencetak Mortar Kubus	39
3. 4. 12.	Prosedur Pengujian Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton.....	41
3. 5.	Bagan Alir Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		44
4. 1.	Pemeriksaan Agregat Halus	44
4. 1. 1.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	44
4. 1. 2.	Pemeriksaan Analisa Saringan	48
4. 1. 3.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	51
4. 1. 4.	Pemeriksaan Kadar Organik	54
4. 1. 5.	Pemeriksaan Berat Isi	56
4. 2.	Pemeriksaan Agregat Kasar	59
4. 2. 1.	Pemeriksaan Berat jenis dan peyerapan air	59
4. 2. 2.	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	62
4. 2. 3.	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	64
4. 3.	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>) Beton Normal.....	67
4. 4.	Pengujian <i>Slump</i> Beton.....	70
4. 5.	Pengujian Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton	71
BAB V PENUTUP.....		75
5. 1.	Kesimpulan	75
5. 2.	Saran	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel Daerah Gradasi Agregat Halus	16
Tabel 2. 2. Batas-batas Gradasi Agregat Kasar	18
Tabel 2. 3. Nilai <i>Slump</i> yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi	19
Tabel 2. 4. Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur	20
Tabel 2. 5. Rasio Air Semen Rencana	20
Tabel 2. 6. Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton.....	21
Tabel 2. 7. Perkiraan Awal Berat Beton Segar	22
Tabel 4. 1 Penyerapan Berat Jenis.....	48
Tabel 4. 2 Rekap hasil perhitungan	48
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	49
Tabel 4.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur	53
Tabel 4.5 Pemeriksaan Berat Isi.....	58
Tabel 4. 6 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar	61
Tabel 4. 7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	63
Tabel 4. 8 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	66
Tabel 4. 9 Pengujian <i>Slump</i> Tes Beton	71
Tabel 4. 10 Pemeriksaan Berat jenis	72
Tabel 4. 11 Kuat tekan beton.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Bagan Alir Penelitian	43
Gambar 4. 1 Piknometer berisi air	44
Gambar 4. 2 Piknometer berisi air dan pasir.....	45
Gambar 4. 3 Pikometer berisi air	45
Gambar 4. 4. Pemeriksaan analisa saringan.....	49
Gambar 4. 5 Grafik daerah gradasi	50
Gambar 4. 6 Pasir dalam tabung plastik.....	51
Gambar 4. 7 Pendiaman pasir yang sudah melalui proses pengadukan.....	52
Gambar 4. 8 Pembacaan tinggi pasir.....	52
Gambar 4. 9 Pembacaan tinggi lumpur.....	53
Gambar 4. 10 wadah/botol dan larutan NaOH.....	54
Gambar 4. 11 Pasir dan larutan NaOH.....	54
Gambar 4. 12 Pembagian 3 sampel.....	56
Gambar 4. 13 Proses pemadatan pengujian berat isi.....	57
Gambar 4. 14 Proses meratakan pasir menggunakan mistar perata.....	58
Gambar 4. 15 Proses pengovenan agregat kasar	60
Gambar 4. 16 Proses pengeringan agregat kasar	61
Gambar 4. 17 Alat pengguncangan saringan.....	63
Gambar 4. 18 Pengovenan agregat kasar	64
Gambar 4. 19 Proses meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar.....	66
Gambar 4. 20 Grafik Berat Jenis Beton	72
Gambar 4. 21 Grafik Kuat Tekan Beton	74

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang Penelitian

Keramik merupakan salah satu bahan yang biasa digunakan untuk berbagai kerajinan rumah tangga seperti piring, gelas, vas bunga dan lain sebagainya. Keramik telah menjadi bahan yang sangat populer dalam dunia industri konstruksi. Bahan ini digunakan dalam berbagai macam aplikasi, seperti lantai, dinding, dan dekorasi. Keramik umumnya dibuat dari bahan-bahan mineral seperti tanah liat, feldspar, kaolin, kuarsa, dan batu kapur. Bahan-bahan tersebut dicampur, kemudian dibentuk dan kemudian dipanaskan pada suhu tinggi. Proses pemanasan tersebut disebut dengan istilah *sintering*, yang menyebabkan bahan dasar mineral tersebut menjadi keras dan tahan lama (zeisel, 2018).

Keramik memiliki keuntungan utama dalam dunia konstruksi, yaitu kekuatan dan daya tahan tinggi, serta kemampuan untuk menahan suhu tinggi dan zat kimia. Selain itu, penggunaan keramik pada bangunan juga berkontribusi dalam meningkatkan estetika visual. Sebagai bahan yang mudah ditemukan, keramik berpotensi menjadi alternatif yang baik bagi bahan konstruksi yang lebih mahal dan sulit didapat. Oleh karena itu, terus mengeksplorasi pemanfaatan keramik dalam dunia konstruksi sangat penting, baik melalui penggunaan bahan baru maupun pengolahan limbah keramik menjadi bahan baru yang berguna.

Salah satu fakta lapangan mengenai bongkaran keramik pada bangunan adalah bahwa bongkaran keramik sering terjadi pada bangunan yang telah berumur cukup lama atau pada bangunan yang akan direnovasi. Saat dilakukan pembongkaran keramik, sering kali terjadi kerusakan pada bagian keramik itu sendiri. Limbah keramik dari bongkaran tersebut menjadi limbah konstruksi yang sering dihasilkan dalam pembangunan atau renovasi bangunan.

Pemanfaatan umum dari limbah keramik bekas bongkaran lantai adalah sebagai hiasan atau ornamen pada dinding atau lantai, seperti mozaik. Beberapa orang juga memanfaatkan limbah keramik bekas bongkaran lantai sebagai bahan kerajinan tangan, seperti pot bunga atau hiasan dinding. Namun pemanfaatan limbah keramik ini masih terbatas dan belum optimal, sehingga perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut untuk menemukan pemanfaatan yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah keramik untuk beton telah banyak dilakukan oleh para peneliti dengan tujuan mencari cara alternatif untuk mengurangi limbah yang tidak termanfaatkan dengan baik. Beton sendiri merupakan campuran yang terdiri dari semen, air, agregat kasar, dan agregat halus, membentuk massa yang mirip batuan. Melalui penelitian ini, penulis tertarik untuk menginvestigasi pengaruh limbah keramik sebagai agregat halus alternatif terhadap *slump*, kuat tekan dan berat jenis beton normal.

1. 2. Rumusan Penelitian

Rumusan penelitian merupakan pedoman pada penelitian yang akan dilakukan dan menegaskan hal-hal utama yang akan diteliti dari suatu kajian. Rumusan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap *slump* (kemerosotan) campuran beton normal?
2. Bagaimana pengaruh limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap berat jenis beton normal?
3. Bagaimana pengaruh limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap kuat tekan beton normal?

1. 3. Batasan Penelitian

Batasan penelitian dibuat agar penelitian tetap fokus dan tetap pada ruang lingkup sehingga dapat memberikan hasil penelitian yang terarah, sistematis dan efektif. Berikut adalah batasan penelitian ini:

1. Pengujian ini mengacu dan berpedoman pada SNI 7654-2012 tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa (Badan Standarisasi Nasional, 2012)
2. Penelitian ini hanya memfokuskan kepada pengaruh limbah keramik sebagai alternatif agregat halus.
3. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan tidak melibatkan penerapan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus pada proyek konstruksi skala besar.

4. Variasi limbah keramik untuk benda uji adalah 5% dan 10% dengan f_c' 18 MPa .
5. Benda uji menggunakan cetakan kubus 15x15x15 cm dengan umur pengujian 7 dan 28 hari metode *water curing*.

1. 4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah jawaban yang ada dalam rumusan penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengkaji pengaruh dari limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap *slump* (kemerosotan) campuran beton normal.
2. Mengkaji pengaruh dari limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap berat jenis beton normal.
3. Mengkaji pengaruh dari limbah keramik sebagai alternatif campuran agregat halus terhadap kuat tekan beton normal.

1. 5. Manfaat Penelitian

Penulis mengharapkan memberikan manfaat, berkontribusi, dan menghasilkan inovasi baru yang bermanfaat bagi masyarakat. Berikut manfaat penelitian ini:

1. Bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang konstruksi, dengan mengeksplorasi potensi penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus alternatif pada campuran beton sehingga dapat memperluas opsi material konstruksi yang ramah lingkungan.

2. Manfaat untuk institusi Universitas, dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran di program studi teknik sipil dan bidang terkait lainnya, selain itu hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi mahasiswa dalam melakukan penelitian lebih lanjut di bidang konstruksi.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif material yang lebih murah dan ramah lingkungan untuk digunakan oleh masyarakat, dengan demikian penelitian ini dapat membantu menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2. 1. Penelitian Relevan

Penelitian relevan dibutuhkan untuk memperoleh informasi yang akurat dan terpercaya mengenai topik yang diteliti, dan juga membantu memperkaya pengetahuan dalam bidang yang diteliti dan memberikan kontribusi pada penelitian yang akan dilakukan. Berikut penelitian yang relevan dengan penelitian ini:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Karimah & Rusdianto (2021) menjelaskan tentang memeriksa pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus terhadap massa dan berat jenis beton .penyerapan air (*absorption*) dan kuat tekan beton. Penelitian menggunakan 36 silinder beton berukuran 15 x 30 cm, dengan persentase limbah keramik bervariasi di angka 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dari total kebutuhan agregat halus. Spesimen beton dengan 0% limbah keramik memiliki densitas sekitar 2570 kg/m^3 , sedangkan spesimen dengan 15% limbah keramik memiliki densitas sekitar 2520 kg/m^3 . Hasil ini konsisten dengan berat jenis limbah keramik yang cenderung lebih kecil dibandingkan pasir. Semakin banyak limbah keramik yang menggantikan pasir, maka *unit weight* beton secara keseluruhan akan menurun. Spesimen beton diuji kekuatannya saat berumur 28 hari kuat tekan mengalami

peningkatan seiring penambahan persentase penggantian pasir dengan limbah keramik sebagai agregat halus hingga level penggantian 9%. Di level penggantian yang lebih tinggi, tren kuat tekan mengalami penurunan. Kuat tekan tertinggi dicapai saat level penggantian 9% (37 MPa) dan kuat tekan terendah dialami spesimen dengan level penggantian 15% (29 MPa).

2. Penelitian yang dilakukan oleh Amiruddin et al. (2020) bertujuan mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah berupa cangkang kerang sebagai substitusi sebagian agregat halus dan limbah keramik lantai sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Campuran limbah cangkang kerang dengan persentase 5% ditambah limbah keramik dengan persentase yang digunakan masing-masing adalah 13,75%, 27,5%, 41,25%, dan 54%. Pengujian material agregat kasar dan halus yang dilakukan adalah pengujian analisis saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, bobot isi dan abrasi. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 7, 28 dan 35 hari dengan benda uji silinder 10 x 20 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa substitusi limbah cangkang kerang dan keramik mempengaruhi kekuatan tekan dan nilai *slump* beton. Terjadi penurunan kekuatan tekan beton campuran limbah cangkang kerang dan keramik sebesar 10,94%, 3,80%, 23,60%, dan 25,88% terhadap campuran beton normal. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa substitusi limbah cangkang kerang sebagai substitusi sebagian

agregat halus dan limbah keramik sebagai substitusi agregat kasar dengan proporsi tersebut tidak dapat menaikkan kuat tekan beton.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhoni & Ridwan (2019) untuk mengetahui kuat tekan dan perbedaan dan pengaruh penambahan volume campuran keramik dan bata merah yang bervariasi (21% keramik dan 14% bata merah, 4% keramik dan 10% bata merah) limbah keramik sebagai pengganti agregat kasar dan bata merah sebagai pengganti agregat halus. Beton yang menggunakan campuran keramik 21% dan bata merah 7% sampel (1) mempunyai kuat tekan 177,911 kg/cm², beton yang menggunakan campuran Keramik 21% dan bata merah 7% sampel (2) mempunyai kuat tekan 189,778 kg/cm², beton yang menggunakan campuran keramik 10% dan bata merah 4% sampel (1) mempunyai kuat tekan 204,667 kg/cm², beton yang menggunakan campuran keramik 10% dan bata merah 4% sampel (2) mempunyai kuat tekan 137,333 kg/cm². Menunjukkan bahwa kuat tekan beton menurun dari menambah volume keramik, dikarenakan permukaan keramik tidak bisa mengikat dengan sempurna. Paling tinggi K- 204,667 dengan campuran keramik 10% dan bata merah 4% dan beton berumur 28 hari, sedangkan untuk mencapai K-250 sangat jauh sekali. Dari 6 sampel, rata-rata mencapai K-195,807.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk penambahan limbah keramik sebagai agregat kasar pada beton tidak

dapat menaikkan kuat tekan beton sedangkan untuk penambahan agregat halus tidak boleh melebihi 9%. Penelitian ini merujuk pada apa yang ada pada penelitian di atas, namun yang membedakannya adalah penggunaan limbah keramik sebagai alternatif agregat halus dengan campuran variasi 5% dan 10 % dengan kuat tekan rencana ($f'c$) adalah 18 MPa.

2. 2. Kajian Teori

2. 2. 1. Definisi dan Jenis Beton

Tjokrodimuljo (1996) sebagai mana dikutip oleh simanjuntak (2020) menyatakan bahwa beton terdiri dari semen portland, udara, agregat halus dan kasar, serta terkadang bahan tambahan seperti bahan kimia tambahan, serat, ataupun bahan buangan non-kimia. Bahan penyusun beton dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Bahan aktif berfungsi sebagai pengikat atau perekat adalah semen dan air, sedangkan bahan pasif yang berperan sebagai pengisi adalah agregat halus dan agregat kasar. SNI 7656-2012 membedakan beton menjadi 4 jenis (Badan Standarisasi Nasional, 2012):

1. Beton normal adalah beton yang memiliki berat isi 2.200 kg/m^3 sampai dengan 2.500 kg/m^3 .
2. Beton berat ialah beton yang memiliki berat isi lebih besar 2500 kg/m^3 .

3. Beton massa adalah beton yang memiliki ukuran penampang komponen besar, sehingga memerlukan perlakuan untuk mengatasi panas hidrasi dari semen serta menjaga perubahan volume yang dapat menimbulkan keretakan.
4. Beton ringan merupakan beton yang mengandung agregat ringan dan setimbang (*equilibrium density*) sebagai mana di tetapkan oleh ASTM C567 antara 1.140 sampai dengan 1.840 kg/m³. (Badan Standarisasi Nasional, 2019)

Merencanakan dan memperoleh beton yang kaku karakteristik dan fungsinya sesuai dengan tujuan tertentu, kita perlu mengetahui karakteristik yang baik. (Arafuru Zainal, 2022) memaparkan karakteristik beton yang baik adalah sebagai berikut:

1. Beton memiliki tegangan tarik yang rendah dan kuat tekan yang tinggi.
2. Kekuatan beton dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang dipakai.
3. Beton akan mencapai kekuatan penuh pada umur 28 hari.
4. Beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.
5. Beton mempunyai daya ketahanan yang baik terhadap api.
6. Seiring berjalannya waktu, volume beton akan berkurang akibat susut dan rengkak.
7. Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki bobot termasuk sangat berat.

8. Struktur yang terbuat dari beton mampu bertahan hingga mencapai lebih dari 50 tahun
9. Pada masa perkerasan beton rentan mengalami keretakan.
10. Tulangan baja yang ditanamkan dalam beton akan meningkatkan kekuatan tarik.

2. 2. 2. Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton pada umumnya terdiri dari tiga bahan utama yaitu semen, agregat dan air, jika perlu dapat ditambahkan bahan tambahan (*admixture*) untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Adapun bahan penyusun beton normal yaitu:

1. Semen portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling kerak semen portland, terutama yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, dan digiling dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan dapat ditambahkan bahan tambahan lainnya SNI-15-2049-2004 (Badan Standarisasi Nasional, 2004)

2. Agregat Halus

Agregat halus atau biasa disebut sebagai pasir alam merupakan pecahan-pecahan kecil batu dengan ukuran terbesar tidak lebih dari 5,0 mm. Tujuan penggunaan agregat halus dalam campuran beton adalah untuk menghemat pemakaian semen, meningkatkan kekuatan beton dan mengurangi penyusutan pada pengerasan

beton (Badan Standarisasi Nasional, 1991). Menurut (PBI, 1971) agregat halus harus memenuhi syarat:

- a. Terdiri dari butiran-butiran yang tajam, keras, dan tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari, hujan, dan lain-lain.
- b. Maksimum kadar lumpur yang terkandung di permukaan pasir adalah 5%, jika lebih besar maka harus dilakukan proses pencucian terlebih dahulu sebelum digunakan.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *ABRAMS-HARDER* dengan larutan *NaOH* 3%.
- d. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam (heterogen) besarnya. Angka kehalusan (*fineness Modulus*) antara 2,2-3,2.

3. Air

Pembuatan beton sangat bergantung pada air untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan tetapi dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau biasa disebut faktor air Semen (*water cement ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik dan asam organik, dalam hal ini air yang dapat

dikonsumsi sebagai air minum dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

4. Bahan Tambahan (*Admixture*)

Material ini merupakan bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah sifat-sifat tertentu. Fungsi bahan-bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifatnya agar cocok untuk pekerjaan tertentu, ekonomis atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Penelitian ini menggunakan bahan tambahan limbah pecahan keramik yang pada dasarnya keramik adalah produk yang dibuat menggunakan tanah liat sebagai bahan dasarnya. Produk ini dibentuk sedemikian rupa dan kemudian melalui proses pembakaran pada suhu 600°C hingga lebih dari 1300 °C terjadilah perubahan pada sifatnya, tanah liat yang sebelumnya lembek berubah menjadi sangat keras (MartKlop, 2018).

2. 2. 3. Pemeriksaan Material Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus bertujuan untuk menjamin kualitasnya. Berikut ini merupakan pengujian agregat halus yang meliputi:

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air.

Pemeriksaan ini mengacu pada SNI 1970-2016 (Badan Standarisasi Nasional, 2016) yang mana standar ini digunakan

untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis jenuh kering permukaan, dan penyerapan air. Data-data pada standar ini akan dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$S_d = A / (B + S - C) \dots\dots\dots(1)$$

$$S_s = S / (B + S - C) \dots\dots\dots(2)$$

$$S_a = A / (B + A - C) \dots\dots\dots(3)$$

$$A_w = \left[(S - A) / A \right] \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

S_d = Berat jenis curah

S_s = Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)

S_a = Berat jenis semu

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

2. Pemeriksaan Analisa Saringan.

Pemeriksaan ini menggunakan SNI 03-1968-1990 (Badan Standardisasi Nasional, 1990) sebagai acuan, tujuan pemeriksaan ini untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase

butiran baik agregat halus atau kasar dengan menggunakan rumus berikut:

$$\%T = (E/W) \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

$$\%Tk = \%Tk \text{ sebelumnya} + \%T \dots\dots\dots (6)$$

$$\%Lk = 100 - \%Tk \dots\dots\dots (7)$$

$$FM = \%Tk \text{ total} / 100 \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

$\%T$ = Persentase tertahan

E = berat total benda uji

W = Berat benda uji tertahan per saringan

$\%Tk$ = Persentase tertahan kumulatif

$\%Lk$ = Persentase lolos kumulatif

FM = Modulus kehalusan (*fine modulus*)

Pemeriksaan ini juga mengacu kepada SNI 03-2834-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000) untuk menentukan gradasi agregat yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan sebagaimana pada tabel berikut:

Tabel 2. 1. Tabel Daerah Gradasi Agregat Halus

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Butiran Agregat Lolos Saringan (%)			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber: SNI-03-2834-2000(Badan Standardisasi Nasional, 2000)

3. Pemeriksaan Kadar Lumpur.

Pemeriksaan ini mengacu pada SNI 03-4142-1996 (Badan Standardisasi Nasional, 1996) yang mana bertujuan untuk menentukan kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang diambil dari uji bahan di laboratorium. Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan butiran agregat dan lolos ayakan nomor 200. Kandungan kadar lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Kadar lumpur agregat halus dapat dihitung dengan Persamaan berikut ini:

$$SP = \left(\frac{B}{A} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

A = Skala pembacaan pasir

B = Skala pembacaan permukaan lumpur

4. Pemeriksaan Kadar Organik.

Berdasarkan SNI 2816-2014 (Badan Standarisasi Nasional, 2014) standar kandungan zat organik pada agregat halus adalah No.2 pada *organic plate*. Kandungan zat organik yang tinggi dapat mempengaruhi proses hidrasi beton. Salah satu cara pengujian adanya zat organik dalam agregat halus adalah dengan menggunakan larutan natrium hidroksida (*NaOH*) 3%, di mana zat organik didiamkan dalam larutan *NaOH* selama ± 24 jam.

Tingkat kadar organik dapat dibedakan menjadi 5 tingkatan :

- a. Tingkat pertama warna kuning muda No.1 (dapat digunakan)
- b. Tingkat kedua warna No.2 agak merah muda (dapat digunakan)
- c. Tingkat ketiga warna merah No.3 (dapat digunakan dengan catatan harus dicuci sebelum digunakan)
- d. Tingkat keempat warna merah tua agak pekat No.4 (tidak dapat digunakan)
- e. Tingkat kelima warna merah tua pekat No.5 (tidak dapat digunakan)

2. 2. 4. Pemeriksaan Material Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar pada penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan perencanaan campuran, berikut pengujian yang digunakan:

1. Pemeriksaan Analisa Saringan.

Prosedur pemeriksaan ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 (Badan Standarisasi Nasional, 1990) ,namun pada agregat kasar ini distribusi butiran akan menentukan ukuran butir nominal dengan berpatokan pada tabel berikut:

Tabel 2. 2. Batas-batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	Pemisah Ukuran			
	Persen Berat yang Terlewat Masing-masing Ayakan			
	47,5-19 mm	19-37,5 mm	37,5-75 mm	75-100 mm
177				100
150				90 - 100
100			100	20 - 55
75			90 - 100	0 - 15
50		100	20 - 55	0 - 5
37,5		90 - 100	0 - 15	
25	100	20 - 55	0 - 5	
19	90 - 100	0 - 15		
9,5	20 - 55	0 - 5		
4,75	0 - 15			

Sumber: SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air.

Pemeriksaan ini mengacu pada SNI 1969-2016 (Badan Standarisasi Nasional, 2016) data-data pada standar ini akan dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$S_d = A/(B - C) \dots\dots\dots (10)$$

$$S_s = B/(B - C) \dots\dots\dots (11)$$

$$S_a = A/(A - C) \dots\dots\dots (12)$$

$$A_w = \left[(B - A)/A \right] \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

S_d = Berat jenis curah

S_s = Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)

S_a = Berat jenis semu

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara
(gr)

C = Berat benda uji di dalam air (gr)

2. 2. 5. Perencanaan Campuran (*Mix Design*) Beton Normal

Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012) tentang perencanaan campuran beton normal, beton berta dan beton massa, berikut langkah-langkah perencanaan campuran yang dilakukan:

1. Merencanakan *slump* sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2. 3. Nilai *Slump* yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maks.	Min.
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maks.	Min.
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

Sumber: SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

2. Menentukan kadar air rencana (K_{ar}) dengan menetapkan jenis beton, kemudian sesuaikan dengan ukuran nominal agregat kasar

berdasarkan hasil pemeriksaan saringan agregat kasar. Perhatikan tabel kadar air berikut:

Tabel 2. 4. Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur

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

Sumber: SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

3. Tentukan kuat tekan rencana, untuk mendapatkan rasio air semen (R_{as}) menggunakan tabel berikut:

Tabel 2. 5. Rasio Air Semen Rencana

Kekuatan Beton Umur 28 Hari (MPa)	Rasio Air Semen	
	Beton Tanpa Tambahan Udara	Beton dengan Tambahan Udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Sumber: SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

4. Hitung banyak kadar semen (K_s) yang dibutuhkan menggunakan persamaan berikut:

$$K_s = K_{ar} / R_{as} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

K_s = Kadar semen rencana (kg/m^3)

K_{ar} = Kadar air rencana (kg/m^3)

R_{as} = Rasio air semen

5. Tentukan banyaknya volume agregat kasar rencana (V_{aks}) berdasarkan modulus kehalusan agregat halus dan ukuran nominal maksimum agregat kasar menggunakan tabel berikut:

Tabel 2. 6. Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton

Ukuran Nominal Maksimum Agregat (mm)	Volume Agregat Kasar (m^3) per Modulus Kehalusan Agregat Halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber: SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

6. Hitung kebutuhan agregat kasar (A_{kr}) menggunakan persamaan berikut:

$$A_{kr} = V_{aks} \times \text{Berat kering oven} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

A_{kr} = Agregat kasar rencana (kg)

V_{aks} = Volume agregat kasar rencana (m^3)

7. Perkirakan awal berat 1 m³ beton segar (W_{bs}) berdasarkan ukuran nominal maksimum agregat kasar menggunakan tabel berikut:

Tabel 2. 7. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Ukuran Nominal Maksimum Agregat (mm)	Perkiraan Awal Berat Beton (kg/m ³)	
	Beton Tanpa Tambahan Udara	Beton dengan Tambahan Udara
9,5	2.280	2.200
12,5	2.310	2.230
19	2.345	2.275
25	2.380	2.290
37,5	2.410	2.350
50	2.445	2.345
75	2.490	2.405
150	2.530	2.435

Sumber: SNI 7656-2012 (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

8. Hitung kebutuhan agregat halus rencana (A_{hr}) menggunakan persamaan berikut:

$$A_{hr} = W_{bs} - (K_{ar} + K_s + A_{kr}) \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

A_{hr} = Agregat halus rencana (kg)

W_{bs} = Awal berat beton segar (kg/m³)

9. Kemudian hitung kebutuhan masing-masing bahan penyusun sesuai dengan volume benda uji yang dibutuhkan.

2. 2. 6. Perawatan Beton

Benda uji yang telah diproduksi akan melewati proses perawatan dalam jangka waktu tertentu, hal tersebut dilakukan untuk menjaga kualitasnya sesuai dengan harapan. Proses hidrasi dalam semen terjadi ketika campuran beton terkena air, dalam kondisi ini penting untuk memastikan agar proses reaksi hidrasi kimia berjalan dengan sempurna.

Jika beton terlalu cepat mengering, maka dapat menyebabkan retakan pada permukaan beton dan mengurangi kekuatannya.

Metode yang digunakan untuk menjaga stabilitas suhu dan kelembapan di dalam dan di luar beton adalah dengan *curing* (perawatan) beton. Perawatan beton membantu mempercepat proses hidrasi beton dan mencapai kuat tekan yang telah direncanakan sebelumnya. Setelah beton dituang atau dicor dan saat cetakan dibuka, perawatan beton dilakukan untuk mencegah beton kehilangan air terlalu cepat, menjaga kelembapan dan suhu dalam beton, serta memastikan proses hidrasi berjalan dengan sempurna dan menghindari terbentuknya retakan pada beton.

Secara umum, di lapangan perawatan beton dilakukan selama sekitar 7 hari berturut-turut, mulai dari hari kedua setelah pengecoran atau saat cetakan dibuka. Namun proses pengikatan dan pengerasan beton secara maksimal terjadi pada usia beton sekitar 28 hari. Perawatan beton yang umum digunakan menurut mulyati & arkis 2020 yang dikutip(Mardiah, 2022) oleh adalah sebagai berikut:

1. *Water Curing*

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Beton direndam di dalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut.

2. *Exposed Atmosfer*

Beton dibiarkan setelah dibuka dari cetakan di dalam ruangan menurut temperatur ruangan yang ada.

3. *Sealed* atau *wrapping*

Perawatan beton dengan cara menutupi semua permukaan beton dengan dilindungi menggunakan karung basah agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (perawatan uap)

Perawatan dengan uap sering kali digunakan untuk beton yang dihasilkan dari pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80-150° C dan biasanya lama perawatan satu hari.

5. *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, sehingga mutu yang diinginkan tercapai.

2. 2. 7. Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan saat benda uji memasuki umur pengujian yang direncanakan. Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dikeringkan menggunakan kain hingga kering permukaan, kemudian timbang benda uji untuk mendapatkan berat benda uji kering permukaan (W). Menurut Mardiah (2022) berat jenis beton didapatkan dengan berat benda uji kering permukaan dibagi dengan volume benda uji, dengan persamaan berikut:

$$B_j = W/V \dots \dots \dots (17)$$

Keterangan:

B_j = Berat jenis benda uji (kg/m^3)

W = Berat benda uji dalam kondisi kering permukaan (kg)

V = Volume benda uji (m^3)

Setelah penimbangan, pengujian kekuatan beton langsung dilakukan. Kuat tekan beton (σ) merujuk pada kapasitas beton untuk menerima gaya (P) tekan per unit luas (A). Kuat tekan merupakan indikator penting dalam mengevaluasi mutu sebuah struktur. Tingkat kekuatan yang diinginkan pada struktur secara langsung berkaitan dengan tingkat mutu beton yang dibutuhkan (Arman, 2018).

Proses pengujian kuat tekan yang dilakukan oleh Arman (2018) mengacu pada SNI 03-6805-2002, pengukuran nilai kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin uji yang memberikan beban tekan pada benda uji berbentuk kubus hingga terjadi kerusakan pada benda uji. Perhitungan kuat tekan beton dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = P/A \dots\dots\dots (18)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3. 1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan kuantitatif, yang mana penelitian ini dilakukan dengan mengontrol variabel-variabel tertentu dan mengukur data dalam bentuk angka atau data kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus alternatif terhadap *slump*, berat jenis dan kuat tekan beton normal. Variabel yang dikontrol adalah penggunaan limbah keramik pada campuran beton normal, sedangkan yang diamati adalah *slump*, berat jenis, dan kuat tekan. Pengumpulan data dilakukan dengan menguji sampel-sampel beton dengan variasi penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus. Hasil pengujian akan dianalisis secara statistik untuk melihat pengaruh limbah keramik terhadap variabel yang diamati. Pada penelitian ini, disiapkan dua variasi benda uji yaitu dengan menggunakan 5% dan 10 limbah keramik sebagai agregat halus alternatif untuk menggantikan bobot pasir. Bentuk benda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 15x15x cm.

3. 2. Lokasi dan Waktu Penelitian

3. 2. 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Pahlawan, yang merupakan fasilitas penelitian dan pengembangan di

dalam lingkungan universitas. Laboratorium ini dipilih karena fasilitas sudah memadai untuk melakukan penelitian eksperimen dibidang teknik sipil dan konstruksi.

3. 2. 2. Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung 1 bulan dan 3 minggu, dimulai dari tanggal 07 Juni 2023 hingga tanggal 05 Juli 2023. Pada periode tersebut, penulis melakukan pemeriksaan agregat halus, pemeriksaan agregat kasar, perencanaan campuran, pencetakan benda uji, pengujian berat jenis, dan pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari.

3. 3. Data dan Sumber Data

Data penelitian ini terdiri dari dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh penulis secara langsung dari benda uji, seperti data hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar, nilai *slump*, berat jenis, dan juga kuat tekan benda uji.

Data sekunder adalah data yang telah diolah dan disajikan oleh pihak lain di luar penelitian. Data ini berasal dari buku, artikel, dan standar yang menjadi referensi dalam penelitian. Data sekunder berfungsi sebagai pendukung hasil penelitian dan memberikan landasan teoritis penelitian.

3. 4. Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

3. 4. 1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan dimulai dari timbangan, piknometer, oven, alat pengukur suhu, ayakan dengan ukuran 4,75 mm, talam, dan bejana tempat air.
2. Siapkan agregat halus yang akan diuji kira-kira 1 kg.
3. Keringkan agregat halus dalam wadah menggunakan oven pada temperatur 110 ± 5 °C sampai beratnya tetap. Biarkan dingin sampai dengan suhu yang bisa disentuh tangan kosong, setelah itu basahi dengan air dan rendam selama 15-19 jam.
4. Uji kondisi kering jenuh permukaan dengan melakukan pengujian cetakan kerucut.
5. Timbang agregat dalam kondisi kering jenuh permukaan (S) sebanyak 500 ± 10 gr dan catat pada tabel pengujian.
6. Isi piknometer dengan air 50% dari piknometer, setelah itu masukkan agregat yang telah ditimbang sebelumnya.
7. Setelah itu, tambahkan lagi air hingga 90% kapasitas piknometer dan guncang atau putar piknometer selama ± 20 menit untuk mengurangi gelembung udara yang terperangkap pada agregat.
8. Sesuaikan suhu piknometer, air, dan agregat dengan suhu ruang.

9. Setelah dirasa suhu piknometer, air, dan agregat sesuai dengan suhu ruang, penuhkan piknometer sampai batas bacaan pengukuran.
10. Timbang berat total piknometer, air, dan agregat (*C*) dan kemudian catat pada tabel pengujian.
11. Keluarkan agregat dari piknometer, keringkan menggunakan oven dengan suhu 110 ± 5 °C selama ± 24 jam.
12. Dinginkan agregat pada suhu ruangan selama $1 \pm 0,5$ jam, kemudian timbang berat agregat kering oven (*A*), kemudian catat pada tabel pengujian.
13. Timbanglah berat piknometer pada saat terisi air saja (*B*) sampai batas bacaan, dengan suhu sesuai dengan suhu ruangan saat menimbang berat *A* dan catat pada tabel pengujian.
14. Setelah seluruh data diperoleh, hitung berat jenis curah agregat menggunakan persamaan 1.
15. Hitung berat jenis jenuh kering permukaan dengan menggunakan persamaan 2.
16. Hitung berat jenis semu dengan menggunakan persamaan 3.
17. Hitung penyerapan air dengan menggunakan persamaan 4.
18. Lakukan langkah 5 sampai dengan langkah 17 untuk sampel berikutnya.

3. 4. 2. Pemeriksaan Analisa Saringan.

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Menyiapkan peralatan Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji, satu set saringan, oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, mesin pengguncang saringan, talam,kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.
2. Bahan agregat halus terdiri dari, ukuran maksimum 4,76 mm berat minimum 500 gram, ukuran maksimum 2,38 mm berat minimum 100 gram.
3. Setelah itu benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
4. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit. (% TK).

3. 4. 3. Pemeriksaan Kadar Lumpur.

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan tiga kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Menyiapkan peralatan tabung plastik atau gelas tembus pandang dan tidak berwarna, diameter bagian dalam 31,8 mm, diameter

bagian luar 38,1 mm, tinggi 432 mm, permukaan luar tabung dengan skala 0 sampai 15 inci untuk pembacaan indikator pasir, bagian dasar tabung dengan bahan yang sama berukuran 100 mm × 100 mm × 12,5 mm, tutup selinder dari karet atau gabus atau bahan lain yang tidak larut dalam larutan *Calcium Chloride*, *USP Glycerine* atau formalin. Pipa pengalir, beban pemberat, 2 buah botol kapasitas 3,79 liter, saringan no 4 (4,76 mm), tabung penakar, corong, panci lebar, arloji, alat pengaduk dan oven, alat pengocok.

2. Bahan-bahan yang dibutuhkan 454 gram *technical anhydrous CaCl₂*, 250 gram (± 160 ml) *USP glycerine*, 47 gram (± 45 ml) *formaldehyde* dengan kepekatan 40% isi dalam larutan, air suling ± 1890 ml, saringan watten nomor 12, larutan baku sebanyak (85 ± 5) ml air suling ± 3780 ml, agregat halus. Setelah itu ambil benda uji sebanyak 85 ml, keringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap kemudian dinginkan pada suhu ruang, isi tabung plastik kerja sampai skala 5, masukan benda uji yang sudah dikeringkan dan lolos saringan 4 (4,76 mm) ke dalam tabung plastik, ketuk-ketukkan untuk beberapa saat kemudian diamkan selama 10 menit tutup tabung, kemudian miringkan sampai hampir memadat dan kocok dengan salah satu alat pengocok, tambahkan larutan kerja dengan cara mengalirkan larutan melalui pipa pengalir, mulai dari bagian

bawah pasir bergerak ke atas, sehingga lumpur yang terdapat di bawah permukaan pasir naik ke atas lapisan pasir, tambahkan larutan kerja sampai skala 15, kemudian biarkan selama 20 menit. Baca dan catat skala pembacaan permukaan koloid (A) sampai satu angka di belakang koma, masukkan beban perlahan-lahan sampai permukaan lapisan pasir, baca skala pembacaan pasir (B) yang ditunjukkan oleh *keeping* skala pembacaan pasir dikurangi dengan tinggi tangkai penunjuk (pada umumnya 10 skala), sampai satu angka di belakang koma.

3. 4. 4. Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan tiga kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Mempersiapkan wadah/botol, standart warna kaca.
2. Siapkan pasir, larutan NaOH.
3. Setelah itu isi botol kaca dengan sampel agregat halus yang akan diuji sebanyak 130 ml, tambahkan larutan natrium hidroksida sampai volume agregat halus dan larutan, ditunjukkan setelah dikocok, kira-kira 200 ml, tutup botol dan kocok kuat-kuat, kemudian diamkan selama 24 jam.

3. 4. 5. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan tiga kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Mempersiapkan bahan uji berupa agregat halus dan pengujian dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian, oven, timbangan, talam/wadah. tongkat pemadat dengan diameter 15 mm panjang 60 cm, yang diujungnya bulat terbuat dari baja tahan karat, mistar perata, sendok semen, *mould* (cetakan).
2. Setelah itu Material agregat halus diambil sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas *mould* (cetakan), selanjutnya mengeringkan agregat dengan oven yang memiliki suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap.
3. Setelah itu material agregat halus diambil sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas *mould* (cetakan), selanjutnya mengeringkan agregat dengan oven yang memiliki suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap.
4. Menimbang berat *mould* (W1), memasukkan benda uji dengan hati-hati ke dalam *mould* menggunakan sendok atau skop sampai penuh, meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).

5. Memasukkan benda uji ke dalam *mould* sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh.
6. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).
7. Pengujian berat isi kondisi padat menimbang berat *mould* (W1) memasukkan benda uji ke dalam *mould* sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).

3. 4. 6. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat kasar

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Mempersiapkan oven, timbangan, keranjang besi, alat penggantung untuk keranjang, tempat air untuk timbangan, kain atau handuk.
2. Setelah itu merendam benda uji ke dalam air selama 24 jam.
3. Setelah perendaman kemudian keringkan dalam kondisi (SSD). Benda uji dikeringkan dengan menggunakan kain atau handuk,

menghitung berat contoh SSD (A), memasukkan benda uji ke keranjang dan merendam kembali ke air agar menjaga temperatur 25°C dan menggoyang keranjang ke dalam air untuk melepaskan udara terperangkap.

4. Hitung jenuh (B), benda uji dikeringkan dalam oven memmert dengan suhu $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat benda uji tetap, benda uji yang sudah di oven selanjutnya ditimbang beratnya

3. 4. 7. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Menyiapkan bahan uji berupa agregat kasar yang disesuaikan dengan ukuran maksimum agregat kasar. Penelitian ini menggunakan ukuran maksimum 3/8 dengan berat benda uji adalah 1,0 kg, timbangan,
2. Satu set saringan untuk agregat kasar dan nomor saringan yang dipakai adalah nomor 3/4 (19 mm), nomor 3/8 (9,5 mm), nomor 4 (4,75 mm), nomor 8 (2,36 mm), nomor 16 (1,18 mm), nomor 40 (0,43 mm), nomor 60 (0,25 mm), nomor 100 (0,150 mm) dan nomor 200 (0,075 mm)
3. *Oven memmert*, mesin pengguncang saringan (*Electronic Sieve Shaker*) talam, kuas, sendok/sekop kecil dan peralatan lainnya.

4. setelah itu mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap, benda uji dimasukkan ke dalam saringan, dan susun saringan mulai dari saringan paling besar diatas, saringan diguncang dengan menggunakan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3. 4. 8. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang akan penulis lakukan:

1. Mempersiapkan oven, timbangan, talam/wadah.
2. Bahan uji berupa agregat kasar dan pengujian dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian. tongkat pemadat dengan diameter 15 mm panjang 60 cm, yang diujungnya bulat terbuat dari baja tahan karat, mistar perata, sendok semen, *mould* (cetakan)
3. Setelah itu material agregat kasae diambil sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas *mould* (cetakan), selanjutnya mengeringkan agregat dengan oven yang memiliki suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap.
4. Menimbang berat *mould* (W1), memasukkan benda uji dengan hati-hati ke dalam *mould* menggunakan sendok atau skop sampai penuh, meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).

5. Memasukkan benda uji ke dalam *mould* sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh.
6. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).
7. Pengujian berat isi kondisi padat menimbang berat *mould* (W1) memasukkan benda uji ke dalam *mould* sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).

3. 4. 9. Prosedur Campuran Bahan (*Mix Design*)

Komposisi beton normal dilakukan dengan menambahkan bahan tambahan pada campuran beton, bahan tambahan tersebut berupa limbah keramik dari sisa pemasangan lantai ataupun dinding rumah hunian warga. Sebagai bahan tambahan dengan persentase 5% dan 10% dari bobot pasir. Adapun peralatan, bahan yang diperlukan dengan prosedur pengujian sebagai berikut :

1. Menyiapkan Timbangan kapasitas 100 kg, takaran air, ember, cetok, mesin molen, sarung tangan, semen potland (semen padang) type 1, pasir, air, limbah keramik, agregat kasar.

2. Setelah itu siapkan semua bahan yang di perlukan, semen, pasir, air, pecahan keramik.
3. Masukkan pasir ke dalam media bak, sebanyak persentase yang telah di tentukan, setelah itu aduk dengan rata.
4. Masukkan semen sebanyak persentase yang di tentukan.
5. Setelah itu masukan pecahan keramik sebanyak persentase yang telah di tentukan untuk substitusi pasir.
6. Tuangkan air ke dalam media bak yang telah berisi, pasir, semen dan pecahan keramik.
7. Masukkan pecahan keramik sesuai variasi persentase ke dalam bak, kemudian masukkan bahan material tersebut ke dalam mesin molen, setelah merata masukan adukan tersebut ke dalam media cetak kubus yang telah tersedia.

3. 4. 10. Pengujian *Slump Test* Beton

1. Menyiapkan cetakan yang terbuat dari logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh kecil dari 1,5 mm dan bila dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*) tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm, cetakan harus berbentuk kerucut dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 100 mm dan tinggi 315 mm, permukaan dasar dan permukaan kerucut harus sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap

sumbu kerucut, cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki.

2. Setelah itu beton segar dimasukkan ke dalam cetakan yang memiliki bentuk seperti kerucut terpancung dan dipadatkan dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
3. Cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton
4. Jarak antara posisi permukaan semula dan posisi setelah penurunan pada pusat permukaan atas beton diukur dan dilaporkan sebagai nilai *slump* beton.

3. 4. 11. Prosedur Percobaan Mencetak Mortar Kubus

Tujuan dari percobaan ini membuat mortar kubus untuk mengevaluasi mutu mortar yang direncanakan. Adapun peralatan, bahan yang diperlukan dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Menyiapkan Alas untuk cetakan kubus, cetakan Kubus dengan ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm, tongkat pemadat, oli pelumas, spidol anti air/stipo, sarung tangan. Mortar segar hasil campuran yang di rencanakan.
2. Setelah itu siapkan cetakan kubus sesuai ukuran yang ditentukan , siapkan alas untuk cetakan.
3. Cetakan kubus di bersihkan setelah itu oleskan oli pelumas di seluruh permukaan bagian dalam cetakan untuk mempermudah pada proses pelepasan.

4. Isi cetakan kubus dengan mortar yang sudah di aduk dalam 3 lapis, setiap lapis di padatkan secara merata.
5. Setelah selesai proses mengisi cetakan, ketuklah bagian sisi cetakan perlahan agar bagian tepi terisi mortar.
6. Ratakan permukaan mortar pada cetakan kubus.
7. Kunci seluruh bagian sisi cetakan kubus yang telah disediakan.
8. Letakkan cetakan mortar pada tempat yang telah di lakukan, hindari dari tempat yang mengganggu proses pengeringan dan bebas dari getaran.
9. Diamkan mortar tersebut sesuai dengan variasi waktu yang telah ditentukan.
10. Lepaskan benda uji dari cetakan setelah berumur ± 24 jam.
11. Berilah tanda pada mortar menggunakan spidol untuk mengetahui pengujian supaya tidak keliru dengan benda uji.

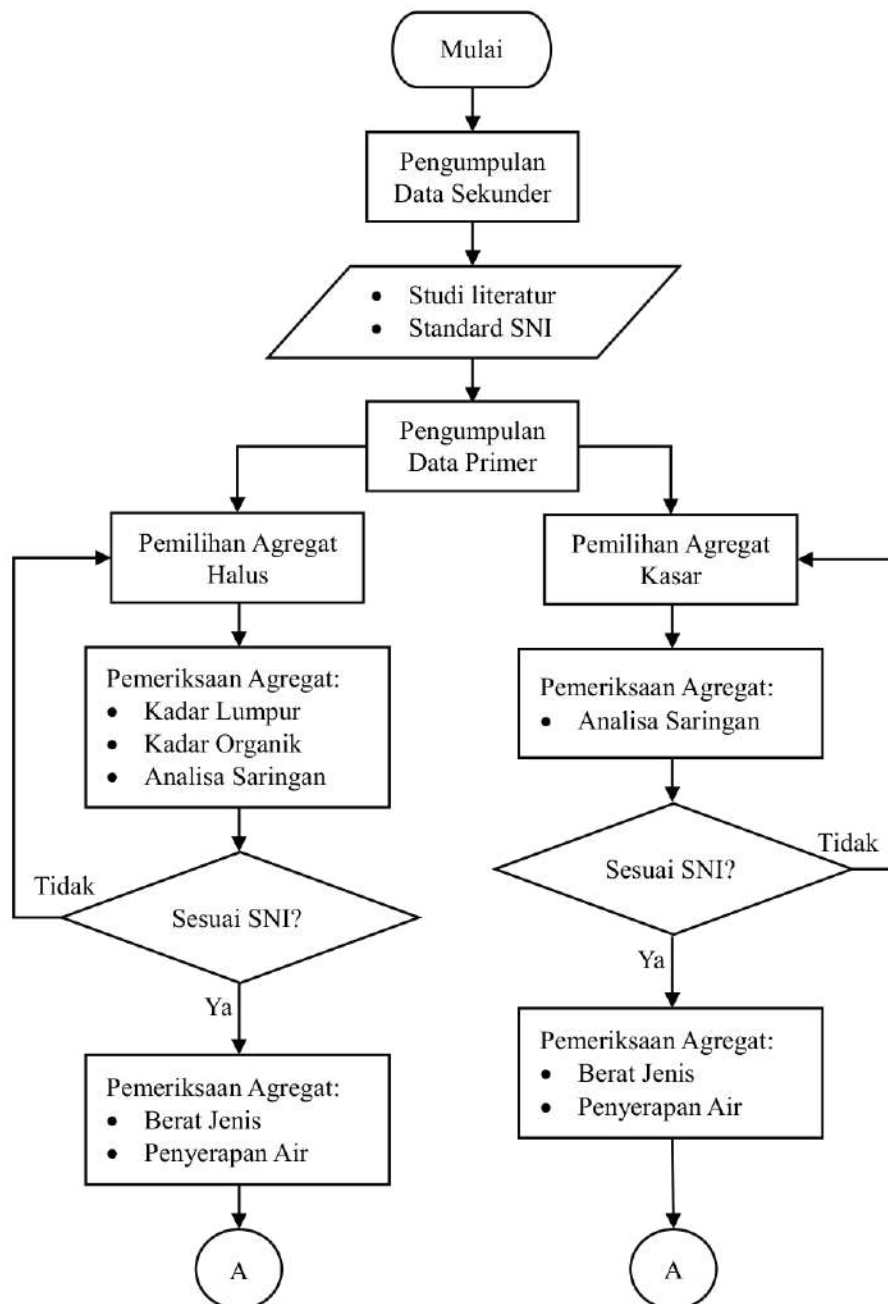
3. 4. 12. Prosedur Perawatan Beton

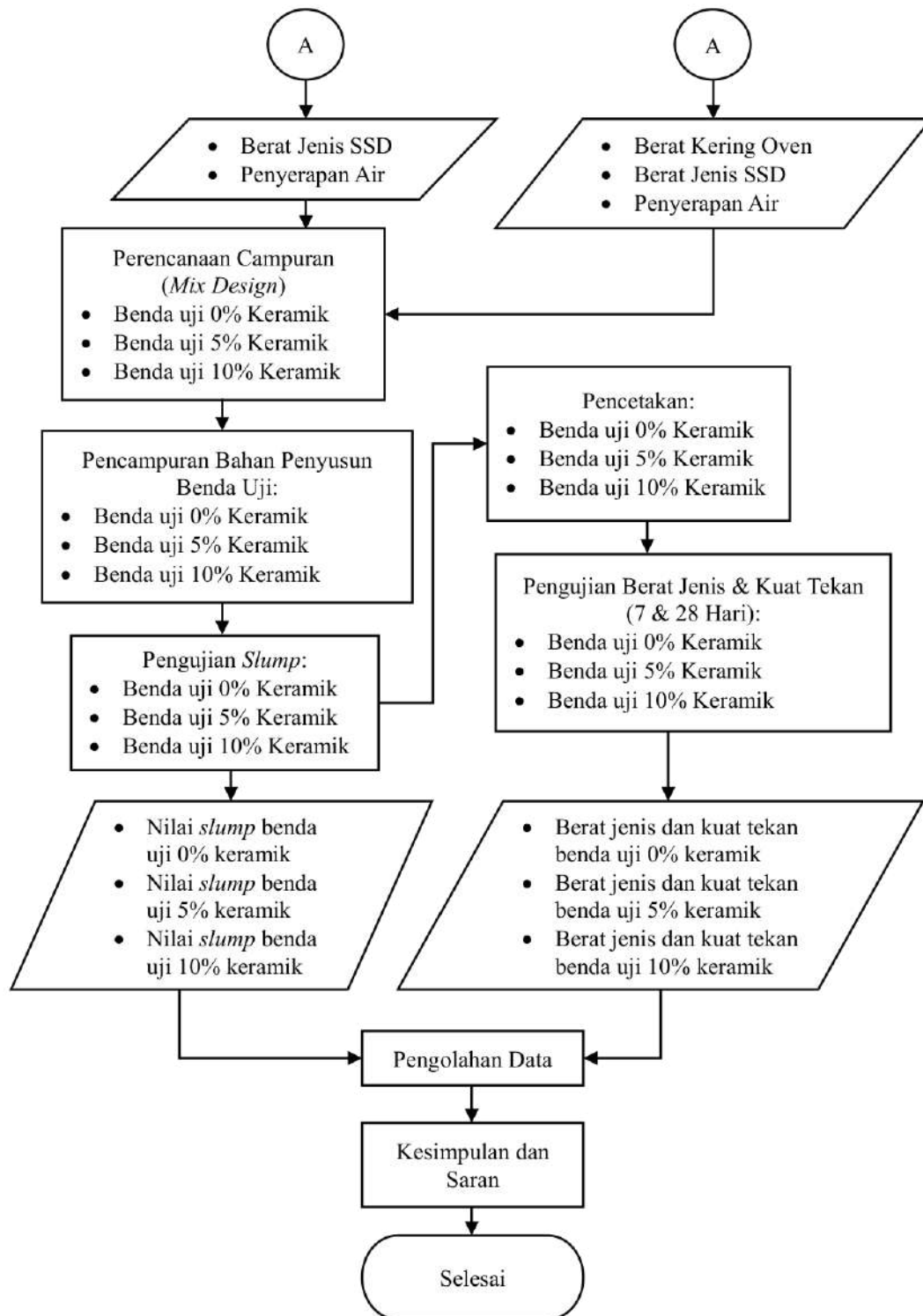
1. Menyiapkan beton yang telah dikeluarkan dari cetakan kubus
2. Tempat perendaman beton
3. Setelah itu beton dimasukkan ditempat perendaman yang telah di isi dengan air, pastikan semua beton terendam dengan sempurna
4. keluarkan beton setelah umur beton sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan untuk dilakukan pengujian kuat tekan.

3. 4. 13. Prosedur Pengujian Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton

1. Menyiapkan timbangan beton dan mesin uji kuat tekan yang telah melalui tahap perawatan dengan merendam beton sesuai dengan waktu yang ditentukan.
2. Setelah itu benda uji atau beton ditimbang dengan timbangan, mencatat berat beton yang didapatkan.
3. Mengambil benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekannya dari baki perendaman, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan.
4. Benda uji yang sudah dikeringkan selanjutnya siap diuji kuat tekan dengan mesin kuat tekan beton.
5. Mencatat bacaan alat.

3. 5. Bagan Alir Penelitian





Gambar 3. 1. Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1. Pemeriksaan Agregat Halus

4. 1. 1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dalam 2 tahap. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat sebagai berikut yang telah dilaksanakan oleh penulis :

1. Penentuan dan pencatatan berat harus sampai ketelitian 0, 1 gram.
2. Isi piknometer dengan air sebagian saja. Masukkan agregat halus (500 ± 10) gram dalam kondisi jenuh kering permukaan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Tambahkan air 90% kapasitas piknometer. Putar dan guncangkan.



Gambar 4. 1 Piknometer berisi air



Gambar 4. 2 Píknometer berisi air dan pasir

3. Keluarkan agregat halus dari dalam piknometer, keringkan sampai berat tetap pada temperatur $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, dinginkan pada temperatur ruang selama $(1,0 \pm 0,5)$ jam dan timbang beratnya.
4. Timbang berat piknometer pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang ditentukan pada temperatur $(23 \pm 1,7)^\circ\text{C}$.



Gambar 4. 3 Píknometer berisi air

Pemeriksaan berat jenis curah (S_d) dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (1), untuk berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) dapat di hitung dengan persamaan (2) berat jenis semu dapat

dihitung dengan persamaan (3) penyerapan air dapat dihitug dengan persamaan (4). Hasil perhitungan yang di peroleh sebagai berikut:

(1). Berat jenis curah(S_d)

a. Sampel 1

$$(S_d) = \frac{493,5}{(669+500-978)} = \frac{493,5}{191} = 2,584$$

Maka berdasarkan hasil perhitungan di peroleh S_d sampel 1, 2,584.

b. Sampel 2

$$(S_d) = \frac{495}{(665+500-975,5)} = \frac{495}{189,5} = 2,612$$

Maka berdasarkan hasil perhitungan di peroleh S_d sampel 2, 2632. Berdasrkan hasil perhitungan dari pengujian S_d , maka didapatkan nilai rata-rata berat jenis curah (S_d) = (2,584 + 2,612 ÷ 2) = 2,598 di bulatkan **2,6**.

(2). Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)

a. Sampel 1

$$(S_s) = \frac{500}{(669+500-978)} = \frac{500}{191} = 2,617$$

Maka berdasarkan hasil perhitungan di peroleh (S_s) sampel 1, 2,617.

b. Sampel 2

$$(S_s) = \frac{500}{(665+500-975,5)} = \frac{500}{189,5} = 2,638$$

Maka berdasarkan hasil perhitungan di peroleh (S_s) sampel

2, 2,638. Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian (S_s), maka didapatkan Nilai rata-rata (S_s)= $(2,617 + 2,638 \div 2) = 2,627$ di bulatkan 2,623.

(3). Berat jenis semu (S_a)

a. Sampel 1

$$(S_a) = \frac{493.5}{(669+500-978)} = 2.67gr$$

Maka berdasarkan hasil hitungan diperoleh (S_a) 2.67gr

b. Sampel 2

$$(S_a) = \frac{495}{(665+500-975.5)} = 2.68g$$

Maka berdasarkan hasil perhitungan di peroleh (S_a) sampel 2, 2,68.

Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian (S_a) maka didapatkan Nilai rata-rata (S_a) $(2,67+2,68 \div 2)=2,678$.

(4). Penyerapan air (A_w)

a. Sampel 1

$$(A_w) = \frac{500 - 493.5}{493.5} \times 100\% = 1.317 \%$$

Hasil dari hitungan diperoleh 1.317 %

b. Sampel 2

$$(A_w) = \frac{500 - 495}{495} \times 100\% = 1.010 \%$$

Maka berdasarkan hasil perhitungan di peroleh (A_w) sampel 2, 1.010% . Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian (A_w) maka didapatkan Nilai rata-rata (A_w) $(1.317 + 1.010 \div 2)= 1.163 \%$.

Rangkuman keseluruhan hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus dapat di lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Penyerapan Berat Jenis

No	Keterangan	Notasi	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
1	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	gram
2	Berat benda uji kering oven	A	493,5	495	gram
3	Berat piknometer berisi air	B	669	665	gram
4	Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	978	978,5	gram

Sumber : hasil pengujian

Tabel 4. 2 Rekap hasil perhitungan

No	Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Berat jenis (S_d)	2,584	2,612	2,6
2	Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	2,617	2,638	2,623
3	Berat jenis semu (S_a)	2,67	2,68	2,67
4	Penyerapan air (A_w)	1,317	1,010	1,163

Sumber : hasil pengujian

Berdasarkan hasil perhitungan dari pengujian berat jenis agregat halus seperti terlihat pada Tabel 4.2 di dapat nilai S_d 2,6 dan (S_s) dengan nilai 2,623 akan dibutuhkan untuk perhitungan perencanaan campuran benda uji. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air bisa dilihat pada tabel 4.1

4. 1. 2. Pemeriksaan Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dalam 2 tahap. tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat sebagai berikut yang telah dilaksanakan oleh penulis :

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



Gambar 4. 4. Pemeriksaan analisa saringan

Hasil pemeriksaan keseluruhan analisa saringan dapat di lihat pada tabel 4.3. Pemeriksaan analisa saringan dilakukan dengan menggunakan 2 buah sampel pengujian untuk mendapatkan nilai rata-rata dari setiap sampel. Hasil pemeriksaan analisa saringan ini berupa tabel 4.3 dan grafik berikut ini:

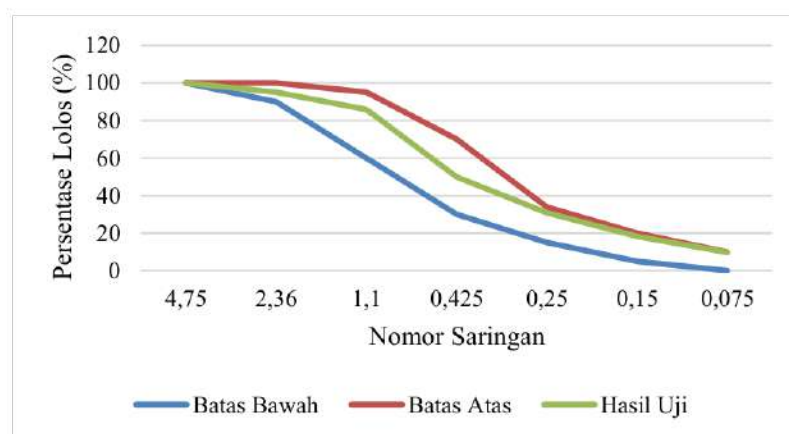
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Laboratorium Teknik Terpadu Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus			
No. Contoh	: Hasil rata – rata	Sumber Contoh	:
Tanggal Uji	:	Jenis Contoh	: Agregat Halus
Pelaksanaan	:	Kegunaan	: Penelitian

No Ayakan	Lubang Ayakan	Berat Tertahan	Persentase Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
	(mm)	(gram)	%	%	%
No. 4	4,75	0	0	0	100
No.8	2,36	0,0005	0,1	0,1	95
No.16	1,18	0,07	14	14,1	85,9
No. 40	0,43	0,18	36	50,1	49,9
No. 60	0,25	0,064	12,8	62,9	30,9
No. 100	0,15	0,094	16,9	81,7	18,3
No. 200	0,075	0,016	5	84,9	9,8
	Sisa/Pan Cover	0,08	-	-	-
	TOTAL				
	FINE MODULUS =2,938				

Sumber : hasil pengujian

Menunjukkan hasil modulus kehalusan sebesar 2,938. Maka nilai modulus kehalusan agregat ini telah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 03-1968-1990 (Badan Standardisasi Nasional, 1990). Sedangkan menurut pembagian zona gradasi agregat halus berdasarkan SNI 03-2834-2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002) pengujian analisa saringan pada penelitian ini berada di zona 1. Grafik garis agregat halus pada zona 1 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik daerah gradasi

4. 1. 3. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dalam 3 tahap. tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat sebagai berikut yang telah dilaksanakan oleh penulis :

1. Ambil benda uji sebanyak 85 ml, keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian dinginkan pada suhu ruang.
2. Isi tabung plastik kerja sampai skala 5.
3. Masukkan benda uji yang sudah dikeringkan dan lolos saringan 4 (4,76 mm) ke dalam tabung plastik, ketuk-ketukkan untuk beberapa saat kemudian diamkan selama 10 menit.



Gambar 4. 6 Pasir dalam tabung plastik

4. Tutup tabung, kemudian miringkan sampai hampir padat dan kocok dengan salah satu alat pengocok.
5. Tambahkan larutan kerja dengan cara mengalirkan larutan melalui pipa pengalir, mulai dari bagian bawah pasir bergerak ke atas, sehingga lumpur yang terdapat di bawah permukaan pasir naik ke

atas lapisan pasir, tambahkan larutan kerja sampai skala 15, kemudian biarkan selama 20 menit.



Gambar 4. 7 Pendiaman pasir yang sudah melalui proses pengadukan

6. Baca dan catat skala pembacaan permukaan koloid (A) sampai satu angka dibelakang koma



Gambar 4. 8 Pembacaan tinggi pasir

7. Masukkan beban perlahan-lahan sampai permukaan lapisan pasir, baca skala pembacaan pasir (B) yang ditunjukkan oleh keeping skala pembacaan pasir dikurangi dengan tinggi

tangkai penunjuk (pada umumnya 10 skala), sampai satu angka dibelakang koma.



Gambar 4. 9 Pembacaan tinggi lumpur

Perhitungan kadar lumpur dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Hasil pengujian yang di dapat dari pemeriksaan kadar lumpur sebagai berikut:

Tabel 4.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur

No	Keterangan	Notasi	Sampel			Rata-rata	Satuan
			1	2	3		
1	Tinggi pasir	A	10,2	10,4	10,3	10,3	cm
2	Tinggi lumpur	B	0,2	0,3	0,3	0,23	cm
3	Kadar lumpur	SP	1,961	2,885	2,913	2,586	%

Sumber : hasil pengujian

Berdasarkan hasil perhitungan rekap kadar lumpur diperoleh rata-rata tinggi pasir 10,3 cm dan tinggi lumpur 0,23 cm dengan kadar lumpur dari agregat halus rata-rata nilai kadar lumpur 2,586 1 %. Maka

kadar lumpur dari agregat halus yang di gunakan memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu kurang dari 5%.

4. 1. 4. Pemeriksaan Kadar Organik

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan tiga kali pelaksanaan, berikut tahapan yang telah penulis lakukan:

1. Mempersiapkan wadah/botol, standart warna kaca.



Gambar 4. 10 wadah/botol dan larutan NaOH

2. Siapkan pasir, dan larutan NaOH



Gambar 4. 11 Pasir dan larutan NaOH

3. Setelah itu isi botol kaca dengan sampel agregat halus yang akan diuji sebanyak 130 ml, tambahkan larutan natrium hidroksida sampai volume agregat halus dan larutan, ditunjukkan setelah dikocok, kira-kira 200 ml, tutup botol dan kocok kuat-kuat, kemudian diamkan selama 24 jam.

Hasil kadar organik yang di peroleh dengan membandingkan warna cairan NaOH 3% yang merendam agregat halus dengan nomor warna pada *organic plate*, pada pengujian ini maka di dapat warna No 2. Maka kadar organik dari agregat halus yang di gunakan memenuhi standar. gambar menunjukkan warna cairan NaOH 3% sesuai dengan warna no 2 pada *organic plate*.



Gambar 4. 12 Hasil Pemeriksaan Kadar Organik

4. 1. 5. Pemeriksaan Berat Isi

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang telah penulis lakukan:

1. Mempersiapkan bahan uji berupa agregat halus dan pengujian dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian, oven, timbangan, talam/wadah. tongkat pemadat dengan diameter 15 mm panjang 60 cm, yang diujungnya bulat terbuat dari baja tahan karat, mistar perata, sendok semen. *mould* (cetakan)..



Gambar 4. 13 Pembagian 3 sampel

1. Setelah itu Material agregat halus diambil sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas *mould* (cetakan), selanjutnya mengeringkan agregat dengan oven yang memiliki suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap.
3. Setelah itu material agregat halus diambil sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas *mould* (cetakan), selanjutnya mengeringkan

agregat dengan oven yang memiliki suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap.

4. Menimbang berat *mould* (W1), memasukkan benda uji dengan hati-hati ke dalam *mould* menggunakan sendok atau skop sampai penuh, meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).
5. Memasukkan benda uji ke dalam *mould* sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. ulangi langkah tersebut hingga penuh.



Gambar 4. 14 Proses pemadatan pengujian berat isi

6. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).



Gambar 4. 15 Proses meratakan pasir menggunakan mistar perata

7. Pengujian berat isi kondisi padat menimbang berat *mould* (W1) memasukkan benda uji ke dalam mould sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).

Hasil pemeriksaan atau pengujian berat isi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Pemeriksaan Berat Isi

Laboratorium Teknik Terpadu Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus			
No.Contoh	:Hasil Rata – Rata	Sumber Contoh	PT.UJK
Tgl Uji	:	Jenis Contoh	Agregat Halus
Pelaksana	:	Kegunaan	Penelitian
Uraian		Gembur	Padat

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Volume Wadah (m ³)	5.6714	5.6714	5.6714	5.6714	5.6714	5.6714
Berat Wadah (kg)	3.1805	3.1805	3.1805	3.1805	3.1805	3.1805
Berat Benda Uji + Wadah (kg)	8.544	8.591	8.562	9.398	9.356	9.409
Berat Benda Uji (kg)	5.3635	5.4105	5.3815	6.2175	6.1755	6.2285
Berat Isi (kg/m ³)	0.9457101	0.953997	0.9488839	1.0962902	1.0888846	1.0982297
Rata-rata	0.949530			1.094468		

Sumber : hasil pengujian

Hasil pemeriksaan berat isi sesuai dengan tabel 4.5 bahwa berat isi dalam keadaan padat sebesar 1.094468 kg/m³, sedangkan dalam keadaan gembur berat isi yang didapatkan sebesar 0.949530 kg/m³.

4. 2. Pemeriksaan Agregat Kasar

4. 2. 1. Pemeriksaan Berat jenis dan peyerapan air

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dengan 2 tahap. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat sebagai berikut yang telah dilaksanakan :

1. Mempersiapkan *oven memmert*, timbangan, keranjang besi, alat penggantung untuk keranjang, tempat air untuk timbangan, kain atau handuk.



Gambar 4. 16 Proses pengovenan agregat kasar

2. Setelah itu merendam benda uji ke dalam air selama 24 jam.
3. Setelah perendaman kemudian keringkan dalam kondisi (SSD). Benda uji dikeringkan dengan menggunakan kain atau handuk, menghitung berat contoh SSD (A), memasukkan benda uji ke keranjang dan merendam kembali ke air agar menjaga temperatur 25°C dan menggoyang keranjang ke dalam air untuk melepaskan udara terperangkap.



Gambar 4. 17 Proses pengeringan agregat kasar

4. Hitung jenuh (B), benda uji dikeringkan dalam oven memmert dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap, benda uji yang sudah di oven selanjutnya ditimbang beratnya.

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. 6 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Laboratorium Teknik Terpadu			
Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik			
Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar			
No. Contoh	: Hasil Rata - Rata	Sumber Contoh	:
Tanggal Uji	:	Jenis Contoh	: Agregat Kasar
Pelaksanaan	:	Kegunaan	: Penelitian
Uraian	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Rata - Rata
Berat Benda Uji Kondisi SSD	2000	2000	
Berat Piknometer + Air	1200	1200	
Berat Benda Uji Kering Oven	1949,5	1952,5	

<i>Apparent Specific Gravity</i> (Berat Jenis Semu)	2.601	2.594	2.597
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (Berat Jenis Curah)	2.436	2.440	2.4387
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan)	2.5	2.5	2.5
Persentase <i>Absorpsi</i> (Penyerapan) Air	2.59	2.432	2.51

Sumber : hasil pengujian

Berdasarkan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai:

Apparent Specific Gravity = 2.597 gram

Bulk Specific Gravity kondisi kering = 2.4387 gram

Bulk Specific Gravity kondisi SSD = 2.5 gram

Persentase *Absorption* air = 2.51%

4. 2. 2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dengan 2 tahap. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat sebagai berikut yang telah dilaksanakan :

1. Menyiapkan bahan uji berupa agregat kasar yang disesuaikan dengan ukuran maksimum agregat kasar. Penelitian ini menggunakan ukuran maksimum 3/8 dengan berat benda uji adalah 1,0 kg, timbangan,
2. Satu set saringan untuk agregat kasar dan nomor saringan yang dipakai adalah nomor 3/4 (19 mm), nomor 3/8 (9,5 mm), nomor 4 (4,75 mm), nomor 8 (2,36 mm), nomor 16 (1,18 mm), nomor 40 (0,43 mm), nomor 60 (0,25 mm), nomor 100 (0,150 mm) dan nomor 200 (0,075 mm)

3. Oven memmert, mesin pengguncang saringan (*Electronic Sieve Shaker*) talam, kuas, sendok/sekop kecil dan peralatan lainnya



Gambar 4. 18 Alat pengguncangan saringan

4. setelah itu mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap, benda uji dimasukkan ke dalam saringan, dan susun saringan mulai dari saringan paling besar diatas, saringan diguncang dengan menggunakan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

Tabel 4. 7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Laboratorium Teknik Terpadu Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus					
No. Contoh	: Hasil rata – rata	Sumber Contoh	:		
Tanggal Uji	:	Jenis Contoh	:	Agregat kasar	
Pelaksanaan	:	Kegunaan	:	Penelitian	
No Ayakan	Lubang Ayakan	Berat Tertahan	Persentase Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
	(mm)	(gram)	%	%	%
No. $\frac{3}{4}$	19	3.699	36,99	36,99	63,01
No. $\frac{1}{2}$	12,7	4.423	44,23	81,22	18.78

No.3/8	9,54	573	5,73	86,95	13,05
No.4	4,75	129,5	1,295	88,22	11,75
No. 8	2,38	12,75	0,1275	88,37	11,63
No. 16	2,36	1,5	0,015	88,38	11,61
No. 30	0,59	6	0,06	88,44	11,55
No. 50	0,297	6,25	0,0625	88,50	11,49
No. 100	0,15	42,75	0,4275	88,93	11,06
No. 200	0.075	36,75	0,3675	89,30	10,69
	Sisa/Pan Cover	1.069,75			
	TOTAL				
				8.253475	

Sumber : hasil pengujian

Hasil dari pemeriksaan analisa saringan agregat kasar didapatkan nilai modulus kehalusan 8.253475 sebesar mm.

4. 2. 3. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Prosedur pengumpulan dan analisis data pada tahap ini dilakukan dengan dua kali pelaksanaan, berikut tahapan yang telah penulis lakukan:

1. Mempersiapkan oven, timbangan, talam/wadah,



Gambar 4. 19 Pengovenan agregat kasar

2. Bahan uji berupa agregat kasar dan pengujian dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian. tongkat pemadat dengan diameter 15 mm panjang 60 cm, yang diujungnya bulat terbuat dari baja tahan karat, mistar perata, sendok semen, *mould* (cetakan)
3. Setelah itu material agregat kasar diambil sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas *mould* (cetakan), selanjutnya mengeringkan agregat dengan oven yang memiliki suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap.
4. Menimbang berat *mould* (W1), memasukkan benda uji dengan hati-hati ke dalam *mould* menggunakan sendok atau skop sampai penuh, meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3).
5. Memasukkan benda uji ke dalam *mould* sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh.
6. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta *mould* (W2), menghitung berat benda uji (W3)



Gambar 4. 20 Proses meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar

7. Pengujian berat isi kondisi padat menimbang berat *mould* (W1) memasukkan benda uji ke dalam mould sebanyak 1/3 bagian, kemudian tusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Ulangi langkah tersebut hingga penuh. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta mould (W2), menghitung berat benda uji (W3).

Tabel 4. 8 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Laboratorium Teknik Terpadu Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus						
No.Contoh	:Hasil Rata Rata	–	Sumber Contoh			PT.UJK
Tgl Uji	:		Jenis Contoh			Agregat Kasar
Pelaksana	:		Kegunaan			Penelitian
Uraian	Gembur			Padat		
	Sampel	Sampel	Sampel	Sampel	Sampel	Sampel

	1	2	3	1	2	3
Volume Wadah (m ³)	5.6714	5.671	5.671	5.6714	5.671	5.671
Berat Wadah (kg)	3.1835	3.1835	3.1835	3.1835	3.1835	3.1835
Berat Benda Uji + Wadah (kg)	7.675	7.6835	7.546	8.432	8.44	8.5095
Berat Benda Uji (kg)	4.914	4.5	4.3625	5.285	5.2565	5.326
Berat Isi (kg/m ³)	0.791868	0.7934549	0.7692104	0.925329	0.9268435	0.9390979
Rata-rata	0.784844			0.930458		

Sumber : hasil pengujian

Hasil pemeriksaan berat isi sesuai dengan tabel 4.8 bahwa berat isi dalam keadaan padat sebesar 0.930458 kg/m³, sedangkan dalam keadaan gembur berat isi yang didapatkan 0.784844 sebesar kg/m³. Jika spesifikasi tidak sesuai maka akan menyebabkan kurangnya kepadatan agregat yang menyebabkan volume pori beton besar dan kekuatan beton akan berkurang.

4.3. Perencanaan Campuran (*Mix Design*) Beton Normal

Beton dipersyaratkan untuk bagian struktur di bawah permukaan tanah pada lokasi yang tidak akan terpapar pada cuaca terlalu buruk atau serangan sulfat. Pertimbangan struktur meminta syarat kekuatan rata-rata pada umur 28 hari sebesar 18 MPa dengan *slump* 75 mm-100 mm. ukuran nominal agregat 19 mm. dengan berat kering oven agregat kasar 1600 kg/m³, semen yang digunakan adalah semen tanpa tambahan udara dengan berat jenis 3,15.

1. Slump yang direncanakan 75-100 mm
2. Rasio air semen untuk beton berkekuatan 18 MPa adalah 0.73 dengan perhitungan sebagai berikut :

3. kadar semen $K_s = \frac{K_{ar}}{R_{as}} = 205 / 0,73 = 280,82 \text{ kg/m}^3$
4. Banyaknya agregat kasar diperkirakan dari tabel 2.4 untuk agregat halus dengan modulus kehalusan 2.9 dan agregat kasar dengan ukuran nominal 19 mm, memberikan angka sebesar 0.61 m^3 untuk setiap m^3 beton. dengan demikian berat keringnya 1600
 $A_{kr} = V_{aks} \times \text{Berat kering oven} = 0,61 \times 1600 = 960 \text{ kg/m}^3$.
5. $A_{hr} = W_{bs} - (K_{ar} + K_s + A_{kr}) = 2345 - (205 + 280,82 + 960) = 899,17 \text{ kg}$
6. Dengan jumlah air, semen dan agregat kasar yang ada, dan perkiraan adanya udara terperangkap sebesar 1% diberikan dalam tabel 2.6 (berlawanan dengan udara yang ditambahkan) maka kadar pasir dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Volume air} = \frac{\text{air(berat bersih)}}{1000} = \frac{205}{1000} = 0.25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume padat semen} = \frac{\text{semen}}{3.15 \times 1000} = \frac{280.82}{3.15 \times 1000} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume absolut ag. kasar} = \frac{\text{ag.kasar}}{2.68 \times 1000} = \frac{960}{2.68 \times 1000} = 0.358 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume udara terperangkap} = 0.01 \times 1000 = 0.010 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah volume padat bahan selain agregat halus} = 0.653 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume agregat halus dibutuhkan} = 1,000 - 0.653 = 0.347 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat halus yang dibutuhkan} &= 0.347 \times 2.63 \times 1000 \\ &= 767.96 \text{ kg.} \end{aligned}$$

7. Kemudian hitung masing-masing benda uji yang dibutuhkan untuk setiap variasi benda uji perlu mengetahui :

- a. volume benda uji = 0,02
- b. Perkiraan air pencampur 205 kg
- c. perkiraan semen 280,82 kg
- d. Perkiraan kadar ag. halus 899,17 kg
- e. Perkiraan kadar ag. kasar 960 kg

8. Kebutuhan variasi 0%, 5% dan 10% untuk 1 sampel dapat dihitung sebagai berikut:

a. Variasi 0%

air = volume benda uji x perkiraan air pencampuran =

$$0,02 \times 205 = 4,1 \text{ kg}$$

semen = volume benda uji x perkiraan semen =

$$0,02 \times 280,82 = 5,61 \text{ kg}$$

ag. halus = volume benda uji x Perkiraan kadar ag. halus =

$$0,02 \times 899,17 = 17,98 \text{ kg}$$

ag. kasar = volume benda uji x Perkiraan kadar ag. kasar =

$$0,02 \times 960 = 19,2 \text{ kg}$$

keramik = 0 kg

b. Variasi 5%

air = volume benda uji x perkiraan air pencampuran =

$$0,02 \times 205 = 4,1 \text{ kg}$$

semen = volume benda uji x perkiraan semen =

$$0,02 \times 280,82 = 5,61 \text{ kg}$$

$$\text{ag. halus} = \text{ag.halus variasi } 0\% - 5\% = 17,98 - 5\% = 17,08 \text{ kg}$$

$$\text{ag. kasar} = \text{volume benda uji} \times \text{Perkiraan kadar ag. kasar} = 0,02 \times 960 = 19,2 \text{ kg}$$

$$\text{keramik} = \text{ag. halus variasi } 0\% - \text{ag. halus variasi } 5\% = 17,98 - 17,08 = 0,9 \text{ kg}$$

c. Variasi 10%

$$\text{air} = \text{volume benda uji} \times \text{perkiraan air pencampuran} = 0,02 \times 205 = 4,1 \text{ kg}$$

$$\text{semen} = \text{volume benda uji} \times \text{perkiraan semen} = 0,02 \times 280,82 = 5,61 \text{ kg}$$

$$\text{ag. halus} = \text{ag.halus variasi } 5\% - 10\% = 17,08 - 5\% = 15,37 \text{ kg}$$

$$\text{ag. kasar} = \text{volume benda uji} \times \text{Perkiraan kadar ag. kasar} = 0,02 \times 960 = 19,2 \text{ kg}$$

$$\text{keramik} = \text{ag. halus variasi } 5\% - \text{ag. halus variasi } 10\% = 17,08 - 15,37 = 1,71 \text{ kg}$$

4. 4. Pengujian *Slump* Beton

Pemeriksaan *slump* beton dilakukan setelah pencampuran bahan material untuk membuat beton segar telah selesai dilaksanakan. Hasil pemeriksaan *slump* test beton dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4. 9 Pengujian *Slump* Tes Beton

Variasi pecahan keramik	Tanggal buat	Tinggi cetakan(A)	Tinggi rata-rata(B)	Nilai <i>slump</i> (A-B)
		cm	cm	cm
0%	20/6/2023	31	22,87	8,13
5%	21/6/2023	31	25,9	5,1
10%	22/6/2023	31	24	7

Sumber : hasil pengujian

Nilai slump pada variasi penambahan pecahan keramik sebesar 0 %, 5 % dan 10 % memiliki nilai slump sebesar 8,13 cm, 5,1 cm, dan 7 cm. Berdasarkan nilai *slump* test beton yang didapatkan dari hasil pengujian maka masih memenuhi nilai slump test beton yang di anjurkan untuk konstruksi beton yang telah dibahas sebelumnya yaitu berdasarkan pada tabel 2.3

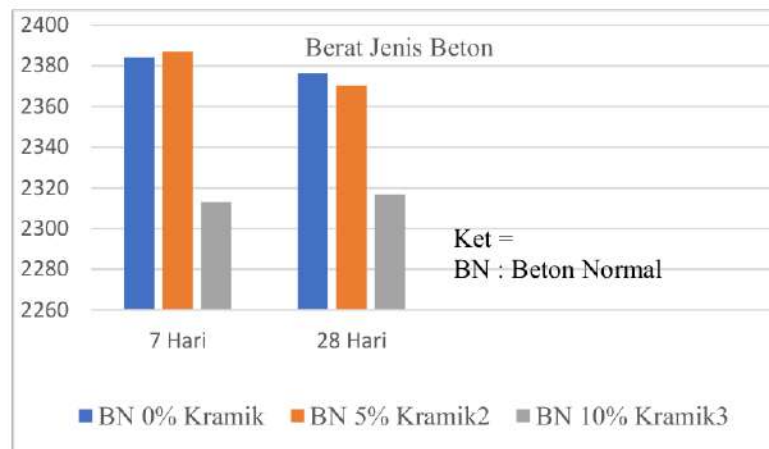
4. 5. Pengujian Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton

Penelitian ini diharapkan memenuhi berat jenis beton normal yang telah ditetapkan oleh SNI yaitu beton normal memiliki berat satuan 2200 – 2500kg/m³ (SNI 7656-2012). Hasil pemeriksaan berat jenis beton normal dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4. 10 Pemeriksaan Berat jenis

Variasi Pecahan Keramik	Berat Jenis Beton Normal					
	Umur Beton	Kode Beton	Berat Beton (A)	Volume Beton(B)	Berat Jenis (A/B)	Rata-Rata
			Kg	m ³	$\frac{kg^3}{m}$	$\frac{kg^3}{m}$
0%	7 Hari	B1	7.858,50	0,0033075	2,375.96	2.384,02
		B2	7.828,50		2,366,89	
		B3	7.968,50		2.409,22	
	28 Hari	B1	7.793		2,356,16	2.376,31
		B2	7.883		2,383,37	
		B3	7.903		2,389,41	
5%	7 Hari	B1	7.858,50	0,0033075	2,328.44	2.387.10
		B2	7.828,50		2,319.56	
		B3	7.968,50		2,361.04	
	28 Hari	B1	7.829,5		2,379,36	2.370,47
		B2	7.857,5		2,375,66	
		B3	7.834		2,367,19	
10%	7 Hari	B1	7.619	0,0033075	2.303,55	2.312,97
		B2	7.666.5		2.317,91	
		B3	7.665		2.17,46	
	28 Hari	B1	7.675,50		2.320,6	2.316,64
		B2	7.659		2.315,64	
		B3	7.652,50		2.313,68	

Sumber : hasil pengujian



Gambar 4. 21 Grafik Berat Jenis Beton

Hasil dari pengujian berat jenis pada umur 28 hari variasi 0% dan 5% tercapai dengan berat 2.376,32 kg/m³ dan 2.370,47 kg/m³. Namun pada variasi 10% bernilai 2.316,64 tidak tercapai dari bobot beton segar yang telah ditetapkan yaitu 2.345 kg/m³.

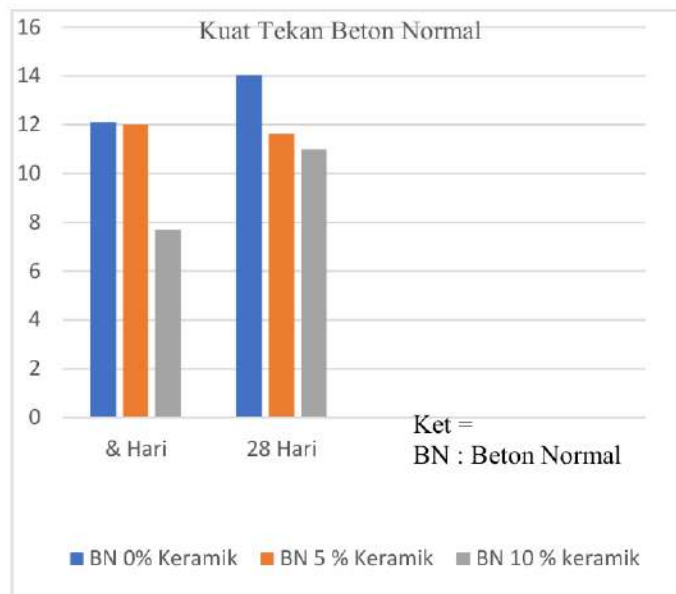
Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan pecahan keramik dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4. 11 Kuat tekan beton

Variasi pecahan keramik	Kuat Tekan Beton Normal							
	Umur Beton	Kode Beton	Luas Penampang (A)	Bacaan Alat (B)	Konversi (C)	Beban Maksimum (D=B*C)	Kuat Tekan (D/A)	Rata-Rata
			mm ²	KN	KN ke N	N	MPa	MPa
0%	7 Hari	B1	22.500	257,5	1.000	257.500	11,56	12,11
		B2		272,5		275.500	12,23	
		B3		287,5		287.500	11,56	
	28 Hari	B1		307		307.000	13,64	14,04
		B2		305		305.000	13,56	
		B3		335		335.000	14,89	
5%	7 Hari	B1	267,5	267.500	11,89	12		
		B2	272,5	272.500	12			
		B3	270	270.000	12,11			
	28 Hari	B1	270	270.000	12	11,64		
		B2	245	245.000	10,89			
		B3	230	230.000	10,22			
7 Hari	B1	175	175.000	7,78	7,71			
	B2	172,5	172.500	7,67				
	B3	172,5	172.500	7,67				

10%	28 Hari	B1	275	275.000	12,22	11
		B2	242,5	242.500	10,78	
		B3	225	225.000	10	

Sumber : hasil pengujian



Gambar 4. 22 Grafik Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan variasi penambahan 0% dan 5% pada umur 7 hari dan 28 hari dengan target 18 MPa tidak tercapai.

BAB V

PENUTUP

5. 1. Kesimpulan

Hasil penelitian dan pengujian kuat tekan beton normal dengan alternatif pecahan keramik variasi penambahan sebesar 5% dan 10% yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Slump

Hasil pengujian dari nilai pengujian *slump* variasi 0%, 5% dan 10% masih tercapai sesuai dengan nilai perencanaan yang ditentukan.

2. Hasil dari pengujian berat jenis pada umur 28 hari variasi 0% dan 5% tercapai dengan berat 2.376,32 kg/m³ dan 2.370,47 kg/m³. Namun pada variasi 10% bernilai 2.316,64 kg/m³ tidak tercapai dari bobot beton segar yang telah ditetapkan yaitu 2.345 kg/m³.

3. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan variasi penambahan 0% 5% dan 10% pada umur 7 hari dan 28 hari dengan target 18 MPa tidak tercapai.

5. 2. Saran

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan agar penelitian yang telah diselesaikan ini mampu untuk dikembangkan menjadi lebih luas lagi serta bermanfaat untuk orang banyak, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi mengenai kuat tekan dengan bahan tambahan lain yang bisa digunakan dalam perencanaan campuran beton.
2. Setiap tahapan pengujian sangat diperlukan ketelitian supaya memperoleh hasil yang maksimal.
3. Bahan campuran yang digunakan untuk beton diharapkan sesuai dengan standar kelayakan sesuai dengan ketentuan yang telah ditentukan, sehingga nilai kuat tekan yang didapatkan tercapai dan tidak mempengaruhi nilai kuat tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, A., Alwi, S., & Purbaningtyas, D. (2020). *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dan Limbah Keramik Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. IX(1), 1–6.
- ArafuruZainal. (2022). *Karakteristik beton. Sifat Beton Keras dan Beton Segar Beserta 15 Karakteristik yang Dimilikinya*. <https://arafuru.com/material/lihat-sifat-dan-karakteristik-dari-beton.html>
- Arman, A. (2018). Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar Sni 7656-2012 dan Astm C 136-06. *Rang Teknik Journal*, 1. <https://www.neliti.com/id/publications/271221/kajian-kuat-tekan-beton-normal-menggunakan-standar-sni-7656-2012-dan-astm-c-136>
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI:1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus. In *Sni 03-1968-1990*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI-03-2834 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*. Irene Lumban Baja. https://www.academia.edu/45603892/SNI_03_1968_1990_Analisa_Saringan_Agregat_Halus_dan_Kasar
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Bahan Tambahan Untuk Beton Spesifik*. <http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI/article/view/1192>
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan nomor 200*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/1780>
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *semen portland*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/2895>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. In *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/5047>
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/6644>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. www.bsn.go.id
- Badan Standardisasi Nasional SNI 2816-2014. (2014). *Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/5759>
- Febby Ramadhoni, S., & Ridwan, A. (2019). Studi Experimen Kuat Tekan Beton dengan Memanfaatkan Limbah Keramik dan Bata Merah. *Jurmateks*, 2. <https://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/article/view/394>
- johan oberlyn simanjuntak, tiurma elita saragih. (2020). *Beton bermutu dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah abu cangkang sawit*.

- Karimah, R., & Rusdianto, Y. (2021). *Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan Utilization of Ceramic Waste as Alternative Fine Aggregate in Green Concrete*. 19(1), 17–23.
- Mardiah, A. (2022). *Analisis Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*.
- MartKlop. (2018). *No Title*. <https://www.klopmart.com/article/detail/pengertian-keramik>
- PBI. (1971). *PBI 1971 Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. https://kupdf.net/download/pbi-1971-pdf_58edb433dc0d60536bda9812_pdf
- zeisel, eva. (2018). *No Title*. <https://www.britannica.com/technology/ceramics>