



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KEPUTUSAN DEKAN

Nomor: 122 Tahun 2023

Tentang:

DOSEN PENGUJI TA
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
TAHUN AKADEMIK 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta

- Menimbang : a. bahwa TA merupakan mata kuliah wajib di dalam kurikulum Program Studi S1 Teknik Sipil, yang dalam pelaksanaannya melibatkan proses pengujian terhadap mahasiswa.
b. bahwa berdasarkan butir a tersebut di atas, perlu ditetapkan dosen penguji untuk setiap mahasiswa.
c. bahwa nama-nama yang tercantum pada lampiran keputusan ini dipandang mampu melaksanakan tugas sebagai dosen penguji TA Prodi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik UMJ.
d. bahwa untuk itu perlu ditetapkan dengan Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang-undang Republik Indonesia, Nomor: 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor: 12 Tahun 2012 tanggal 10 Agustus 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah Nomor: 04 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
4. Undang-undang Replublik Indonesia Nomor: 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.
5. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor: 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
6. Pedoman Pimpinan Pusat Muhammadiyah Nomor: 02/PED/I.0/B/2012 tanggal 16 April 2012 tentang Perguruan Tinggi Muhammadiyah;
7. Statuta Universitas Muhammadiyah Jakarta Tahun 2022;
8. Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Jakarta Nomor: 364 Tahun 2020 tanggal 9 Juli 2020 tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta masa jabatan 2020-2024.
- Memperhatikan : Surat dari Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil tentang dosen penguji TA Prodi Teknik Sipil Tahun Akademik 2023/2024.

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan : Keputusan Dekan tentang Dosen Penguji TA Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta Tahun Akademik 2023/2024.
- Pertama : Mengangkat nama-nama sebagaimana tercantum dalam lampiran keputusan ini sebagai dosen Penguji TA Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Kedua : Salinan keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan dan pihak-pihak terkait untuk diketahui, dipedomani, dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dan apabila di kemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di: Jakarta

Pada tanggal: 26 Shafar 1445

11 September 2023

Dekan,

Irfan Purnawan, S.T., M.Chem.Eng.
NID: 20.773

Tembusan:

1. Dekanat
2. Kaprodi Teknik Sipil

Lampiran Keputusan Dekan FT-UMJ
Nomor : 122 Tahun 2023
Tanggal : 26 Shafar 1445 / 11 September 2023

**DOSEN PENGUJI TA
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
TAHUN AKADEMIK 2023/2024**

No.	N a m a	Jabatan Akademik
1	Prof. Dr. Ir. Sarwono Hardjomuljadi, M.T., M.H.	Guru Besar
2	Dr. Ir. Saihul Anwar, M.Eng, M.M.	Lektor Kepala
3	Ir. Andi Maddeppungeng, M.T.	Lektor Kepala
4	Dr. Ir. Haryo Koco Buwono, M.T.	Lektor
5	Dr. Nurlaelah, S.T., M.T.	Lektor
6	Dr. Mohammad Imamuddin, S.T., M.T.	Lektor
7	Ir. Trijeti, M.T.	Lektor
8	Tanjung Rahayu Raswitaningrum, S.T., M.T.	Lektor
9	Ir. Harwidyo Eko Prasetyo, S.T., M.T.	Lektor
10	Dr. Ir. Heri Khoeri, M.T.	Asisten Ahli
11	Ir. Muhammad Aswanto, ST., M.T.	Asisten Ahli
12	Budi Satiawan, S.T., M.T.	Asisten Ahli
13	Ir. Hidayat Mughnie, M.T.	Asisten Ahli
14	Andika Setiawan, S.T., M.T.	Asisten Ahli
15	Ir. Basit Al Hanif, S.T., M.T.	Asisten Ahli
16	Budiman, S.T., M.T.	Asisten Ahli
17	Ir. Irnanda Satya Soerjatmodjo, S.T., M.Sc.	Asisten Ahli
18	Rachmad Irwanto, S.T., M.Sc., M.Pet.Eng.	Asisten Ahli

Dekan,

Kifan Purnawan, S.T., M.Chem.Eng. 
NID: 20.773

TUGAS AKHIR

**RASIO OPTIMAL BAHAN ADITIF SIKACIM DAN LIMBAH
PECAHAN KERAMIK UNTUK MENCAPAI KUAT TEKAN
BETON MINIMUM 45 MPa**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Sipil



DISUSUN OLEH :

NAMA : WISNU SEGARA H

NIM : 2018410041

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA**

2024

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, hidayah dan ridho-Nya maka Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum 45 MPa” disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menempuh gelar sarjana strata-1 (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuan, bimbingan serta saran yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai. Oleh karena itu dengan segala rasa hormat serta kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan support baik materi, moril dan motivasi agar saya bisa cepat lulus.
2. Ir. Trijeti, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
3. Tanjung Rahayu, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dorongan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
4. Andika Setiawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dorongan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
5. Basit Al Hanif, ST., MT. selaku kepala laboratorium Prodi Teknik Sipil FT-UMJ
6. Jajaran *management* dan *staff* PT. Pionirbeton Industri Kasablanka atas pemberian material penyusun beton.
7. Dosen-dosen Teknik Sipil FT-UMJ
8. Yusran Imasuli, Haikal Ghazwan, Muhammad Adnan Yufi dan Rafi Zufar yang telah membantu penelitian Tugas Akhir ini.
9. Seluruh teman-teman Angkatan 2018 Teknik Sipil FT-UMJ
10. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Laporan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Jakarta, Februari 2024

(penyusun)

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia mengalami peningkatan, hal ini mendorong adanya kebutuhan akan teknologi konstruksi yang tepat dan baik, maka dari itu diperlukannya bahan yang dapat dijadikan inovasi terbaru. Salah satunya pemanfaatan limbah pecahan keramik, sisa material ini sering ditemukan yang menimbulkan permasalahan baru terhadap lingkungan. Tujuan penelitian ini ialah mengkombinasikan bahan tambah sikacim *concrete additive* dan limbah pecahan keramik untuk mengetahui limbah pecahan keramik berpengaruh terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Komposisi campuran limbah pecahan keramik dengan variasi 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 % terhadap agregat kasar dan sikacim *concrete additive* dengan variasi 0,7 % dari berat semen. Penelitian ini mengalami peningkatan nilai *slump* pada komposisi yang menggunakan limbah pecahan keramik. Hasil uji ini menunjukkan terjadi peningkatan dari kuat tekan rencana, nilai kuat tekan beton normal yaitu sebesar 50,19 MPa. Penambahan campuran limbah pecahan keramik dengan variasi 15 %, 20 %, 25 %, 30 % dan sikacim *concrete additive* 0,7 % memperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 54,97 MPa, 55,14 MPa, 48,54 MPa, dan 47,60 MPa.

Kata kunci: limbah pecahan keramik, sikacim *concrete additive*, kuat tekan

ABSTRACT

Technological developments in the construction sector in Indonesia have increased, this has encouraged the need for appropriate and good construction technology, therefore materials are needed that can be used as the latest innovations. One of them is the use of ceramic shard waste, the remains of this material are often found which cause new problems for the environment. The aim of this research is to combine the added material Sikasim concrete additive and ceramic shard waste to determine the effect of ceramic shard waste on the compressive strength of high quality concrete. The composition of the mixture of ceramic shard waste with variations of 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 % of coarse concrete additive aggregate and sicakim with variations of 0.7 % of the cement weight. This research experienced an increase in slump values in compositions that used ceramic shard waste. The results of this test show an increase in the design compressive strength, the normal concrete compressive strength value is 50.19 MPa. The addition of a mixture of ceramic shard waste with variations of 15 %, 20 %, 25 %, 30 % and 0.7 % sikacim concrete additive obtained concrete compressive strength values of 54,97 MPa, 55,14 MPa, 48,54 MPa, and 47.60 MPa.

Keywords: ceramic shard waste, sikacim concrete additive, compressive strength

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Identifikasi Masalah	I-3
1.3. Rumusan Masalah	I-3
1.4. Batasan Masalah	I-3
1.5. Tujuan Penelitian	I-4
1.6. Hipotesis.....	I-4
1.7. Fishbone.....	I-5
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1. Pengertian Beton	II-1
2.2. Agregat	II-1
2.2.1. Agregat Halus.....	II-2
2.2.2. Agregat Kasar.....	II-3
2.2.3. Gradasi.....	II-3
2.2.4. Bentuk Butiran	II-3
2.2.5. Bahan Tambah (<i>Admixture</i>).....	II-5
2.3. Limbah Pecahan Keramik	II-9
2.4. Sikacim Concrete Additive	II-9
2.5. Air	II-10
2.6. Semen	II-11
2.7. Faktor Air Semen	II-13
2.8. <i>Mix Design</i>	II-13
2.9. <i>Slump</i>	II-21

2.10.	Kuat Tekan Beton	II-22
2.11.	Benda Uji	II-22
2.12.	Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	II-22
2.13.	<i>Student-T</i>	II-23
2.14.	Penelitian Terkait.....	II-25
2.15.	Kajian Islami	II-26

BAB III METODE PENELITIAN III-1

3.1.	<i>Flowchart Penelitian</i>	III-1
3.2.	Ruang Lingkup Penelitian	III-3
3.3.	Tempat Penelitian	III-4
3.4.	Metode Penelitian	III-4
3.5.	Variasi Rasio Campuran Benda Uji	III-4
3.6.	Material	III-5
3.7.	Pengujian Material	III-5
3.7.1.	Pengujian Berat Jenis (BJ) Agregat.....	III-5
3.7.2.	Pengujian Kadar Air Agregat	III-9
3.7.3.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat.....	III-11
3.7.4.	Analisa Saringan	III-13
3.8.	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	III-14
3.9.	Pengujian Kuat Tekan Benda Uji	III-15
3.10.	Analisis Data.....	III-16

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN IV-1

4.1.	Pengujian Material	IV-1
4.1.1.	Pengujian Kadar Air Agregat	IV-1
4.1.2.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat.....	IV-2
4.1.3.	Analisa Saringan	IV-3
4.1.4.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.....	IV-8
4.2.	<i>Mix Design</i>	IV-9
4.3.	Nilai <i>Slump</i>	IV-12
4.4.	Analisa Pengujian Kuat Tekan	IV-13
4.5.	Analisa Uji <i>Student-T</i>	IV-15

BAB V KESIMPULAN	V-1
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Fisbone</i>	I-5
Gambar 2.1 Klasifikasi bentuk agregat.....	II-4
Gambar 2.2 Bentuk agregat.....	II-4
Gambar 2.3 Limbah pecahan keramik	II-9
Gambar 2.4 Sikacim <i>concrete additive</i>	II-10
Gambar 2.5 Grafik 1 hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	II-16
Gambar 2.6 Grafik gradasi pasir zona 1.....	II-18
Gambar 2.7 Grafik gradasi pasir zona 2.....	II-18
Gambar 2.8 Grafik gradasi pasir zona 3.....	II-19
Gambar 2.9 Grafik gradasi pasir zona 4.....	II-19
Gambar 2.10 Grafik persentase agregat halus dan kasar	II-20
Gambar 2.11 Grafik berat beton segar.....	II-20
Gambar 2.12 Kerucut <i>abrams</i>	II-22
Gambar 2.13 Grafik penyebaran <i>student-T</i>	II-24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian	III-1
Gambar 4.1 Grafik <i>zone I</i> gradasi agregat halus	IV-5
Gambar 4.2 Grafik <i>zone III</i> gradasi agregat kasar.....	IV-8
Gambar 4.3 Grafik nilai <i>slump</i>	IV-13
Gambar 4.4 Gaya sebaran berdasarkan nilai T tabel	IV-16
Gambar 4.5 Grafik hasil kuat tekan beton dengan uji <i>student-T</i>	IV-21
Gambar 4.6 Grafik peningkatan kuat tekan.....	IV-22

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-2000	II-2
Tabel 2.2 Gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000	II-3
Tabel 2.3 Faktor pengkali untuk deviasi standar	II-15
Tabel 2.4 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan .	II-15
Tabel 2.5 Perkiraan kadar air bebas (kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa....	II-16
Tabel 2.6 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang.....	II-17
Tabel 2.7 Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar.....	II-17
Tabel 2.8 Batas gradasi pasir	II-18
Tabel 2.9 Formula <i>mix design</i>	II-21
Tabel 2.10 Tabel distribusi <i>student-T</i>	II-24
Tabel 3.1 Perbandingan variasi campuran benda uji.....	III-4
Tabel 3.2 Daftar benda uji minimum	III-10
Tabel 3.3 Daftar berat contoh agregat kering minimum.....	III-11
Tabel 4.1 Kadar air agregat halus	IV-1
Tabel 4.2 Kadar air agregat kasar.....	IV-1
Tabel 4.3 Kadar lumpur agregat halus	IV-2
Tabel 4.4 Kadar lumpur agregat kasar	IV-2
Tabel 4.5 Analisa saringan agregat halus sampel 1	IV-3
Tabel 4.6 Analisa saringan agregat halus sampel 2.....	IV-4
Tabel 4.7 Analisa saringan agregat halus sampel 3.....	IV-4
Tabel 4.8 Analisa saringan agregat halus sampel 4.....	IV-4
Tabel 4.9 Analisa saringan agregat kasar sampel 1.....	IV-5
Tabel 4.10 Analisa saringan agregat kasar sampel 2.....	IV-6
Tabel 4.11 Analisa saringan agregat kasar sampel 3.....	IV-7
Tabel 4.12 Analisa saringan agregat kasar sampel 4.....	IV-7
Tabel 4.13 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar	IV-8
Tabel 4.14 Berat jenis dan penyerapan agregat halus	IV-9
Tabel 4.15 <i>Mix design</i> beton f_c' 45 MPa	IV-10
Tabel 4.16 Proporsi campuran beton 0 % (1 m ³)	IV-11
Tabel 4.17 Campuran beton normal, 8 (silinder)	IV-11

Tabel 4.18 Campuran beton limbah pecahan keramik 15 % dan Sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-11
Tabel 4.19 Campuran beton limbah pecahan keramik 20 % dan Sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-11
Tabel 4.20 Campuran beton limbah pecahan keramik 25 % dan Sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-12
Tabel 4.21 Campuran beton limbah pecahan keramik 30 % dan Sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-12
Tabel 4.22 Hasil uji <i>slump</i>	IV-13
Tabel 4.23 Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari.....	IV-14
Tabel 4.24 Konversi umur beton	IV-14
Tabel 4.25 Data hasil konversi umur pengujian kuat tekan beton	IV-14
Tabel 4.26 Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari.....	IV-14
Tabel 4.27 Distribusi ambang batas nilai T tabel (<i>two tail</i>)	IV-16
Tabel 4.28 Analisa nilai kuat tekan beton dengan uji <i>student-T</i> beton normal	IV-17
Tabel 4.29 Analisa nilai kuat tekan dengan uji <i>student-T</i> campuran beton limbah pecahan keramik 15 % dan sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-18
Tabel 4.30 Analisa nilai kuat tekan dengan uji <i>student-T</i> campuran beton limbah pecahan keramik 20 % dan sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-18
Tabel 4.31 Analisa nilai kuat tekan dengan uji <i>student-T</i> campuran beton limbah pecahan keramik 25 % dan sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-19
Tabel 4.32 Analisa nilai kuat tekan dengan uji <i>student-T</i> campuran beton limbah pecahan keramik 30 % dan sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	IV-19
Tabel 4.33 Rekapitulasi hasil <i>student-T</i> yang diterima	IV-20
Tabel 4.34 Persentase perubahan kuat tekan rata-rata	IV-22

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang diperlukan dalam pembangunan sarana dan prasarana seperti jalan, jembatan, gedung, dermaga, bandara dan lain sebagainya. Maka dari itu beton harus memenuhi persyaratan teknis kekuatan agar tidak membahayakan bangunan bahkan untuk masyarakat itu sendiri. Beton merupakan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar.

Beton merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan serta mudah dikerjakan dengan cara mencampur semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan lain bila diperlukan dengan perbandingan tertentu. Kelebihan beton yang lain adalah ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan dasar lokal yang mudah diperoleh) dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, kuat terhadap tekan dengan baik, tahan haus, rapat air dan mudah perawatannya. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diolah (*workability*), mempunyai keawetan (*durability*), dan kekuatan (*strength*) yang diperlukan dalam suatu konstruksi (Setiawan et al., 2013).

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia mengalami peningkatan, hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur. Hal ini mendorong adanya kebutuhan akan teknologi konstruksi yang tepat baik secara teknis maupun jika ditinjau dari sisi ekonomis, maka dari itu diperlukannya bahan yang dapat dijadikan sebagai inovasi terbaru. Salah satunya ialah pemanfaatan limbah bangunan pecahan keramik. Keramik bukan merupakan hal yang asing bagi kebanyakan orang. Keramik adalah material yang kuat, keras dan juga tahan korosi, dengan perkembangan dan pengetahuan keramik merupakan material yang dibuat dari bahan anorganik non logam pada suhu yang tinggi, dan sebagai solusi untuk limbah yang tidak terpakai atau dibuang begitu saja.

(Suwarno & Nursandah, 2019) mempresentasikan dengan modifikasi menggunakan limbah pecahan keramik sebagai agregat kasar. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hasil kuat tekan beton dengan menggunakan campuran agregat kasar limbah keramik. Pecahan limbah keramik digunakan sebagai bahan pengganti parsial agregat kasar dengan variasi sebesar 0 %, 25 %, 50 %, dan 75 %. Kuat tekan yang direncanakan adalah K-300. Kuat tekan rata-rata pada penambahan limbah keramik pada variasi adalah (0 % : 329,259), (25 % : 342,374), (50 % : 312,703) dan (75 % : 282,267). Penelitian ini mencapai kuat tekan K-343 pada penambahan limbah keramik sebanyak 25 %. Penambahan limbah keramik mencapai hasil optimum pada saat penambahan limbah keramik sebanyak 25 %.

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan cara memberikan bahan tambah zat aditif. Salah satunya menambahkan bahan tambah *admixture* Sikacim *concrete additive*. Sikacim adalah obat beton yang diformulasikan khusus untuk industri beton karena sangat efektif untuk mempercepat proses pengerasan dengan karakteristik *workability* tinggi pada beton.

(Mulyati & Arafan, 2019) melakukan penelitian cangkang kemiri sebagai penambahan agregat kasar dikombinasikan dengan Sikacim *concrete additive*. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh aditif sikacim terhadap campuran beton ditinjau dari kuat tekan. Pada penelitian campuran cangkang kemiri dan sikacim *concrete additive* ini, kuat tekan beton mengalami peningkatan di umur 28 hari dengan variasi cangkang kemiri sebesar 0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1 % dan variasi Sikacim *concrete additive* sebesar 0,7 %. Dengan kuat tekan rata-rata secara berturut-turut sebesar 253,93 kg/cm², 261,52 kg/cm², 266,07 kg/cm², 271,85 kg/cm², 277,74 kg/cm², 284,14 kg/cm². Berdasarkan hasil penelitian ini, bahwa penggunaan aditif Sikacim dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan.

Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa Sikacim *concrete additive* ini meningkatkan kuat tekan beton dan fungsi dari limbah pecahan keramik sebagai bahan tambah agregat kasar. Keterbaruan penelitian ini ialah mengkombinasikan antara bahan tambah *admixture* Sikacim dan limbah pecahan keramik dengan variasi persentase sikacim *concrete additive* 0,7 % dan limbah pecahan keramik 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % yang diharapkan dapat mencapai nilai kuat tekan minimum 45 MPa dengan memanfaatkan rasio optimal dari bahan aditif Sikacim dan limbah pecahan keramik untuk campuran beton mutu tinggi.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Perkembangan dibidang pembangunan yang mengalami peningkatan dengan penggunaan dari material keramik sehingga membuat limbah keramik menjadi tumpukan sampah
2. Pecahan keramik sulit didaur ulang karena komposisi dan sifatnya yang keras sehingga menyebabkan volume limbah meningkat
3. Rendahnya pemanfaatan pada sisa pecahan keramik

1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah limbah pecahan keramik sebagai bahan pengganti dari agregat kasar dalam campuran beton dapat mempengaruhi nilai *slump* beton?
2. Berapa rasio optimal campuran Sikacim *concrete additive* dan limbah pecahan keramik untuk mencapai kuat tekan minimum 45 MPa?
3. Bagaimana perbandingan antara nilai kuat tekan yang didapatkan dari masing-masing variasi yang sudah direncanakan?

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta.
2. Mutu beton yang ditargetkan pada umur 28 hari adalah f_c 45 MPa
3. Bahan penambah limbah pecahan keramik dengan variasi 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % terhadap agregat kasar.
4. Bahan penambah sikacim *concrete additive* dengan variasi 0,7 % dari berat semen.
5. Limbah pecahan keramik adalah limbah yang dihasilkan dari potongan proses atau limbah dari pekerjaan konstruksi dan bahan baku limbah pecahan keramik, yaitu menggunakan keramik lantai dengan besar butiran lolos saringan 40 mm
6. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Tayan
7. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dari Pamoyanan Bogor
8. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe I dengan merk Tiga Roda.

9. Cetak benda uji berbentuk silinder ($d=15\text{cm}$, $t=30\text{cm}$).
10. Metode *mix design* menggunakan beton mutu tinggi dengan ketentuan SNI 03-6468-2000 dan SNI 03-2834-2000.
11. Pembuatan benda uji menggunakan ketentuan dari ASTM C31 dengan memberikan persyaratan standar untuk merawat dan melindungi benda uji di bawah kondisi lapangan.
12. Benda uji dibuat 5 variasi dengan total 8 buah sampel beton dari masing-masing variasi rasio.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

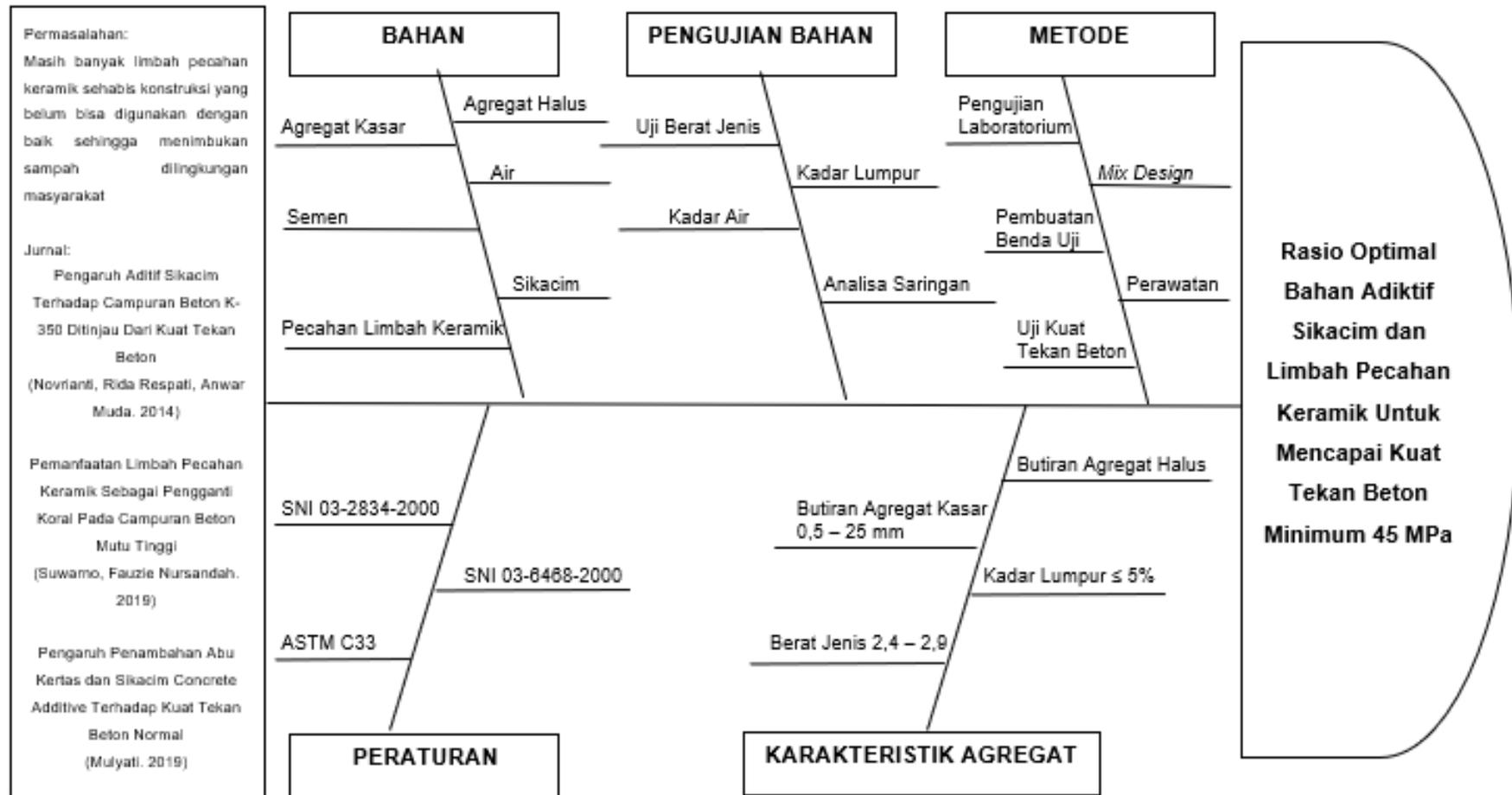
1. Mengetahui pengaruh dari penambahan limbah pecahan keramik dan sikacim *concrete additive* terhadap nilai *slump*
2. Menganalisis nilai kuat tekan tertinggi berdasarkan persentase beton campuran yang dapat mencapai kuat tekan minimum 45 MPa.
3. Mengetahui persentase antara nilai kuat tekan yang didapatkan dari masing-masing variasi yang sudah direncanakan.

1.6. Hipotesis

Dari penjelasan di atas maka didapat hipotesis sebagai berikut:

1. Semakin tinggi campuran limbah pecahan keramik dan sikacim *concrete additive* dalam beton maka semakin tinggi nilai *slump*
2. Campuran dari sikacim *concrete additive* dan limbah pecahan keramik mendapatkan nilai kuat tekan yang optimal di variasi 15 % dan mencapai kuat tekan minimum 45 MPa.
3. Semakin tinggi persentase campuran variasi limbah pecahan keramik maka semakin rendah mutu betonnya.

1.7. Fishbone



Gambar 1.1 Fisbone

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah satu elemen dalam konstruksi yang merupakan struktur sederhana yang dibentuk oleh campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar yang berupa batu pecah atau kerikil, udara serta bahan campuran lainnya. Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 Mpa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam (Badan Standardisasi Nasional, 2000) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 Mpa.

Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Dalam suatu perencanaan diusahakan membuat campuran yang ekonomis namun tetap diusahakan untuk mencapai kekuatan yang disyaratkan dan kemudahan didalam pelaksanaan serta keawetannya. Agregat didapat dari beberapa jenis bahan yang umumnya menggunakan bahan alam seperti batu gunung, batu kali, yang mana bahan ini dapat mudah dijumpai dimana-mana. Agregat dibagi menjadi agregat kasar (batu pecah/kerikil) dan agregat halus (pasir). Demikian juga semen dibagi menjadi beberapa jenis yang dibedakan dari unsur-unsur kimia yang terkandung didalamnya. Beton yang bermutu baik ialah yang sesuai dengan perencanaan dan material yang sangat awet serta bebas pemeliharaan untuk beberapa tahun dan beton dapat dicetak sesuai dengan bentuk yang direncanakan.

2.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Volume agregat pada campuran beton adalah ± 70 % volume beton, oleh karena itu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, serta memberi pengaruh terhadap kekuatan pada beton. Sehingga kualitas dari agregat sangat

berpengaruh terhadap mutu beton yang dihasilkan. Umumnya agregat dipisahkan menurut ukuran butirannya, yaitu:

1. ukuran butir > 40 mm, disebut batu,
2. ukuran butir 4.80 – 5.00 mm, disebut agregat kasar atau kerikil, dan
3. ukuran butir ≤ 4.8 mm, disebut agregat halus atau pasir.

Berdasarkan ukuran butir-butirnya, agregat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang memiliki butiran yang besar (lebih besar dari 4,8 mm) disebut agregat kasar dan agregat yang memiliki butiran kecil (lebih kecil dari 4,8 mm) disebut agregat halus. Agregat yang digunakan sebagai bahan pengisi beton harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, kuat, keras, ulet dan gradasinya baik.

2.2.1. Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir yang didapat dari desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu, agregat halus harus memenuhi beberapa syarat yaitu, terdiri dari butir-butir tajam dan keras, bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan dari berat kering), yang diartikan adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,03 mm, apabila kadar lumpur melampaui 5 %, maka agregat harus dicuci. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik. Menurut (Tjokorordimuljo, 2007), agregat halus mempunyai ukuran butir 0,15 mm – 5 mm. Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000), kekasaran pasir dapat dibedakan menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu *zone I* (pasir kasar), *zone II* (pasir agak kasar), *zone III* (pasir agak halus), *zone IV* (pasir halus).

Tabel 2.1 Gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-2000

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan				
				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
mm	SNI	ASTM	inch	Pasir Kasar Gradasi No. 1	Pasir Sedang Gradasi No. 2	Pasir Agak Halus Gradasi No. 3	Pasir Halus Gradasi No. 4	Fine Aggregate Sieve Analysis
9,50	9,6	¾ in	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10

Tabel Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33)

The fine aggregate shall have not more than 45 % passing any sieve and retained on the next consecutive sieve

2.2.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm, agregat kasar harus memiliki besar butiran 4,75 mm - 40 mm. Agregat harus bersifat kekal, tidak pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca, tidak mengandung bahan-bahan organik yang dapat merusak beton, agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari agregat seluruhnya. Syarat gradasi agregat kasar (kerikil) menurut SNI-03-2834-2000 pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000

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

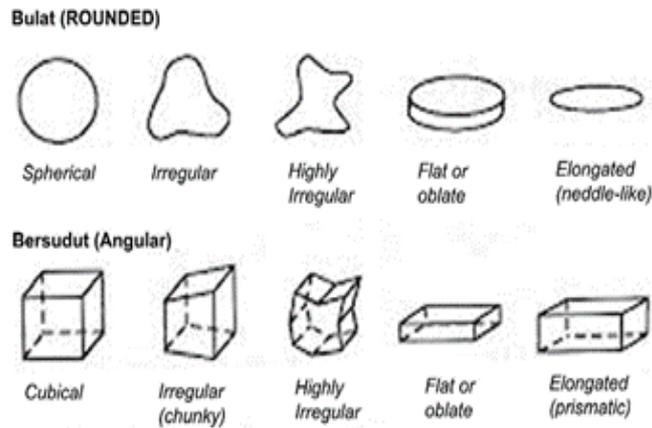
Tabel Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)

2.2.3. Gradasi

Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*) dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak sesuai dengan standar dari BS 812, ASTM C33, C 136, ASHTO T.26 ataupun SNI 03-1968-1990.

2.2.4. Bentuk Butiran

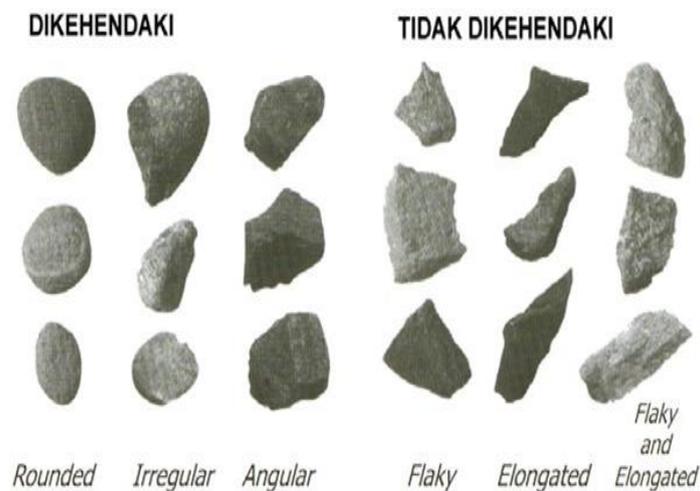
Selain ukuran gradasi, penting juga mempelajari bentuk dan tekstur permukaan butir. Ada bermacam-macam bentuk butir agregat seperti di gambar.



Gambar 2.1 Klasifikasi bentuk agregat

Angular berarti tidak ada kehausan, sedangkan *well rounded* berarti bulat, wajah aslinya sudah tidak terlihat lagi. Selain itu ada bentuk pipih (*flaky*), bentuk memanjang (*elongated*) dan bentuk pipih memanjang (*flaky & elongated*).

Batu pecah berbentuk *angular*, sedangkan kerikil dari sungai berbentuk bulat dan kadang agak pipih. Bentuk akan mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton. Secara umum yang terbaik untuk *workability* adalah yang berbentuk bulat sedangkan untuk kekuatan yang tinggi adalah yang *angular* karena luas permukaan lebih besar. Bentuk yang pipih dan memanjang kurang baik karena sulit dipadatkan, agregat berbentuk pipih memanjang tidak boleh lebih dari 20 % berat. Bentuk yang dikehendaki adalah bentuk tidak pipih seperti pada gambar.



Gambar 2.2 Bentuk agregat

Bentuk agregat yang dikehendaki dan tidak dikehendaki bentuk butir diukur dengan indeks pipih (*flakiness index*), indeks panjang (*elongation index*) dan angka *angularis*. Berikut adalah beberapa indeks agregat kasar yaitu:

1. Indeks pipih

Suatu butir disebut pipih jika tebalnya (dimensi terkecil) kurang dari 0,6 ukuran nominal (ukuran rata-rata dari ayakan pembatasnya). Sebagai contoh, ukuran nominal lolos 28 mm dan tertahan 20 mm adalah 24 mm. Jika ketebalan butir kurang dari 14,4 mm maka butir tersebut pipih. Batas Index adalah 35 untuk beton gradasi 20 ke atas. Butir pipih mempunyai luas permukaan spesifik yang lebih besar daripada butir bulat. Ini akan menambah kebutuhan air untuk *workability* tertentu. Mereka juga cenderung berorientasi posisi horizontal, selama pemadatan dengan vibrator. Ini menyebabkan terjebaknya air dan buih udara dibawahnya, yang disebut *water gain*. Hal ini akan mengurangi ketahanan karena merupakan kelemahan.

2. Indeks panjang

Suatu butir disebut panjang bila panjangnya (dimensi terbesar) lebih dari 1,8 kali ukuran nominal, Prinsipnya sama dengan indeks pipih. Penanganan diperlukan, apalagi jika butirnya pipih dan memanjang.

3. Angka angularis

Angka angularis ditentukan dari proporsi ruang kosong agregat serta ukuran setelah dipadatkan dengan cara tertentu. Ini mengindikasikan deviasi dari kebulatan butir. Jadi sejauh mana butir terjadi *interlocking*.

2.2.5. Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran beton berlangsung. Fungsi bahan ini adalah mengubah sifat-sifat beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk kemudahan pengerjaan atau untuk lain yaitu penghematan energi. Di Indonesia bahan tambah telah banyak digunakan. Bahan tambah yang digunakan harus memenuhi ketentuan yang diberikan SNI. Bahan tambah (*admixture*) didefinisikan dalam *Standart Definition of Terminology*

Relating to Concrete and Concrete Aggregates (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Berikut adalah beberapa jenis bahan tambah yang dipakai pada beton campuran:

1. Jenis A pengurangan air (*water reducer*)

Pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Bahan tambah pengurang air dapat berasal dari bahan organik ataupun campuran anorganik untuk beton tanpa udara (*non-air-entrained*) atau dengan udara dalam hal mengurangi kandungan air campuran. Selain itu bahan tambah ini dapat digunakan untuk memodifikasi waktu pengikatan beton atau mortar sebagai dampak perubahan faktor air semen. Komposisi kimia jenis yang biasa pada dasarnya mengandung lignosulfonat, dan yang hi-green mengandung sulfonat *naftalin formaldehyde* atau sulfonat melamin *formaldehyde*. Bahan kimia diketahui sebagai agen permukaan aktif dan aksi darinya adalah melalui absorpsinya pada permukaan butiran semen, sehingga menciptakan muatan negatif pada permukaan. Ini menghasilkan tolak-menolak antara butiran sehingga mengakibatkan aksi penyebaran pada struktur butiran semen yang merumpun (*flocculated*) yang umumnya terjadi bila bertemu dengan air. Air yang terperangkap dilepaskan sehingga membantu melemaskan campuran dan memperbaiki *workability*.

2. Jenis B memperlambat pengikat (*retarder*)

Retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pematatan untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.

3. Jenis C mempercepat pengikat (*accelerator*)

Accelerator adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan beton. *Accelerator* yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Bahan kimia lain yang berfungsi sebagai pemercepat antara

lain adalah senyawa-senyawa garam klorida, bromida, karbonat, silika dan terkadang senyawa *organic* seperti tri-etanolamin. Perlu ditekan bahwa kalsium klorida jangan digunakan jika korosi progresif dari tulangan baja dapat terjadi. Dosis maksimum adalah 2 % dari berat semen yang digunakan.

4. Jenis D *water reducing & retarding*

Water reducing & retarding yaitu pengurangan air dan pengontrolan pengeringan. *Water reducing & retarding* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air. Bahan ini hampir semua berwujud cair. Air yang terkandung dalam bahan ini menjadi bagian dari air campuran beton. Jadi, dalam perencanaan air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam campuran beton. Perlu ditekankan bahwa perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah. Perubahan kandungan air, atau udara, atau semen harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah.

5. Jenis E *water reducing & accelerating*

Water reducing & accelerating adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistennya tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air artinya faktor air semen (FAS) yang digunakan tetap dengan mengurangi kadar air. Bahan ini hampir semua berwujud cair. Air yang terkandung dalam bahan ini menjadi bagian dari air campuran beton. Jadi dalam perencanaan air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam campuran beton. Perlu ditekankan bahwa perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah. Perubahan kandungan air, atau udara, atau semen harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah. Pemercepat waktu pengikat di dalam bahan tambah kimia ini akan dihasilkan waktu pengikatan cepat

dan kadar air yang rendah dalam FAS. Kondisi yang dikehendaki adalah kuat tekan beton yang tinggi tetapi kecepatan pengikatan dang diinginkan lebih tinggi.

6. Jenis F *water reducing & high range*

Water reducing & high range adalah bahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih. Fungsinya untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang lebih sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan juga lebih tinggi. Jenis bahan ini dapat berupa superplasticizer. Bahan ini pun termasuk dalam bahan kimia tambahan baru. Tiga jenis *superplasticizer* yang dikenal adalah :

- a. *Kondesi sulfonate* melamin *formadehid* dengan kandungan klorida sebesar 0.005 %
- b. *Sulfonat nafthalin formaldehid* dengan kandungan klorida yang diabaikan
- c. Modifikasi *lignosulfat* tanpa kandungan klorida.

Ketiga jenis bahan tambahan tersebut dibuat dari sulfonat *organic* dan disebut *superplasticizer*, karena dapat mengurangi pemakaian air pada campuran beton dan meningkatkan *slump* beton sampai 8 inch (208 mm) atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1 % - 2 % dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton. Semua *superplasticizer* juga memiliki kelemahan yang cukup menghawatirkan. *Flowability* yang tinggi pada campuran beton mengandung *superplasticizer* umumnya dapat bertahan sekitar 30 - 60 menit dan setelah itu akan berkurang dengan cepat. Kita sering menyebut hal ini dengan *slump loss*.

7. Jenis G *water reducer high range & retarder*

Water reducer high range & retarder adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih juga untuk menghambat pengikat beton. Jenis bahan tambah ini merupakan

gabungan dari superplasticizer dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan keterbatasan ruang kerja.

2.3. Limbah Pecahan Keramik

Limbah pecahan keramik merupakan limbah yang dihasilkan dari potongan proses pekerjaan konstruksi yang bahannya sudah tidak bisa digunakan. Limbah keramik terbuat dari tanah liat yang dibentuk dan dibakar dengan suhu 600 °C hingga lebih dari 1300 °C sehingga terjadi perubahan sifat tanah liat menjadi lebih kuat. Material keramik adalah material non logam dan inorganik yang terdiri atas unsur-unsur logam dan non logam yang terikat bersamaan secara primer. Komposisi kimia keramik bervariasi dari senyawa sederhana hingga campuran dari berbagai fasa kompleks yang terikat bersamaan. Pada umumnya keramik memiliki sifat keras, getas dengan ketangguhan dan keuletan yang rendah sehingga material keramik memiliki suhu cair yang tinggi dan kestabilan kimia yang tinggi dalam lingkungan yang ekstrem karena stabilitas ikatan-ikatan atomnya.



Gambar 2.3 Limbah pecahan keramik

2.4. Sikacim Concrete Additive

Sikacim *concrete additive* yaitu bahan aditif yang berfungsi sebagai bahan tambah *admixture* dengan formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses

pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran dan dapat meningkatkan mutu atau kekuatan beton. Dalam mempersingkat proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat, serta mengurangi pemakaian air sebesar 20 % sehingga menjadikan beton lebih solid dan plastis.

Sikacim *concrete additive* ditambahkan ke dalam beton untuk mempercepat proses pengerasan beton dan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.

Percepatan pencampuran adalah pencampuran yang mempercepat pengerasan atau pengembangan kekuatan awal beton. Sebuah *water reducing & high range* ditambahkan untuk beton dengan tujuan waktu penyetlen lebih cepat dan pencapaian kuat tekan awal lebih tinggi.



Gambar 2.4 Sikacim *concrete additive*

2.5. Air

Air adalah salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air tawar yang digunakan berupa air dari

sungai, danau, telaga, kolam dan lain-lain. Persyaratan air dalam campuran beton sebagai berikut (SNI-03-2834-2002):

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90 % dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis.

2.6. Semen

Semen merupakan suatu bahan perekat kimia yang memberikan perkerasan terhadap material campuran lain menjadi suatu bentuk yang tahan lama dan kaku. Kapur dan tanah liat merupakan bahan alami yang memiliki banyak keterbatasan, oleh sebab itu dalam semen diproduksi dengan kondisi terkontrol yang kemudian dikemas serta dapat diangkut ke tempat yang diperlukan dengan mudah. Pembuatan semen menggunakan bahan baku utama batu kapur dan tanah Liat yang diambil dari proses penambangan di quarry milik perseroan. Penambangan batu kapur dilakukan dengan cara peledakan dan surface minner, sedangkan untuk memperoleh tanah liat dilakukan dengan cara pengerukan. Secara umum komponen utama dalam pembuatan semen adalah oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃), dan oksida besi (Fe₂O₃).

Jenis-jenis Semen

Adanya perbedaan persentase senyawa kimia semen akan menyebabkan perbedaan sifat semen. Kandungan senyawa yang ada pada semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Dilihat dari susunan senyawanya, semen dibagi 5 jenis yaitu:

1. Tipe I

Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Kegunaan semen *portland type I* diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristik semen *portland type I* ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

2. Tipe II

Kondisi letak geografis ternyata menyebabkan perbedaan kadar asam sulfat dalam air dan tanah dan juga tingkat hidrasi. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Kegunaan semen *portland type II* pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik semen *portland type II* yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang.

3. Tipe III

Kegunaan semen *portland type III* memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik semen *portland type III* diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Jenis semen *portland type III* digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat. Ketahanannya semen *portland type III* menyamai kekuatan umur 28 hari beton yang menggunakan semen *portland type I*.

4. Tipe IV

Karakteristik semen *portland type IV* adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen *portland type IV* diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan semen *portland type IV* digunakan untuk dan hingga lapangan udara.

5. Tipe V

Karakteristik semen *portland type V* untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan semen *portland type V* dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir.

2.7. Faktor Air Semen

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya.

2.8. Mix Design

Mix design adalah merencanakan komposisi campuran beton sesuai dengan jenis material yang digunakan dan mutu beton yang direncanakan. *Mix design* menggunakan SNI 03-2834-2000 adalah:

1. Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat

2. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah
3. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm
4. Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm
5. Kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c , adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (berdasarkan benda uji berbentuk *cylinder* diameter 150 mm, tinggi 300 mm)
6. kuat tekan beton yang ditargetkan f_{cr} adalah kuat tekan rata rata yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari f'_c
7. kadar air bebas adalah jumlah air yang dicampur ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat
8. kadar air bebas adalah jumlah air yang dicampur ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat
9. *Slump* adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abram (SNI-1972, 2008) tentang Metode Pengujian *Slump* Beton Semen *Portland*.
10. *Pozzolan* adalah bahan yang mengandung silika amorf, apabila dicampur dengan kapur dan air akan membentuk benda padat yang keras dan bahan yang tergolongkan *pozzolan* adalah tras, semen merah, abu terbang, dan bubuk terak tanur tinggi
11. Semen *portland-pozzolan* adalah campuran semen *portland* dengan *pozzolan* antara 15 % - 40 % berat total campuran dan kandungan SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ dalam *pozzolan* minimum 70 %
12. Semen *portland* tipe I adalah semen *portland* untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus
13. Semen *Portland* tipe II adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang

14. Semen *portland* tipe III adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi
15. Semen *portland* tipe V adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat
16. Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan pada campuran bahan pembuatan beton untuk tujuan tertentu.

Berikut adalah data-data yang digunakan dalam proses mix design menurut SNI 03-2834-2000:

a. Deviasi standar

Deviasi standar adalah statistik yang mengukur penyebaran kumpulan data relatif terhadap rata-rata dan dihitung sebagai akar kuadrat dari varian.

Tabel 2.3 Faktor pengkali untuk deviasi standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengkali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

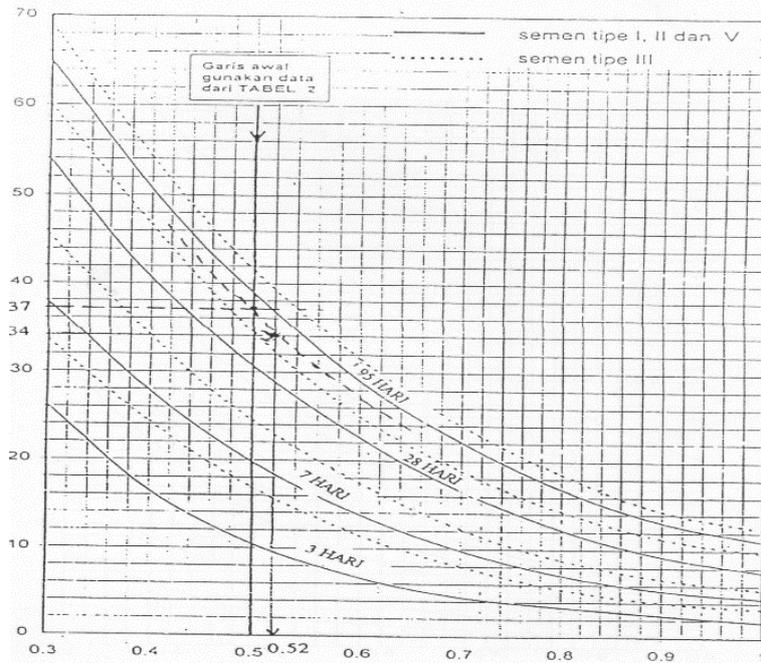
b. Faktor air semen bebas

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton

Tabel 2.4 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen ...	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan Batu pecah	25 30	31 40	46 53	53 60	Kubus

Sumber: SNI 03-2834-2000



Gambar 2.5 Grafik 1 hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

c. Faktor air semen maksimum

Tabel 2.5 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara :

Untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

Sumber: SNI 03-2834-2000

d. Kadar air bebas

Kadar air bebas adalah jumlah air yang dicampur ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat.

Tabel 2.6 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat Sebagai SO ₃			Tipe semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M ³)			Factor air semen
	Dalam tanah		Sulfat (SO ₃) Dalam air Tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l						
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tip ell atau Tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tip ell atau Tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tip ell atau Tipe V	330	370	420	0,45

Sumber: SNI 03-2834-2000

e. Susunan Agregat

Tabel 2.7 Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38-4,76	19,0-4,76	9,6-4,76
38,1	95-100	100	
19,0	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

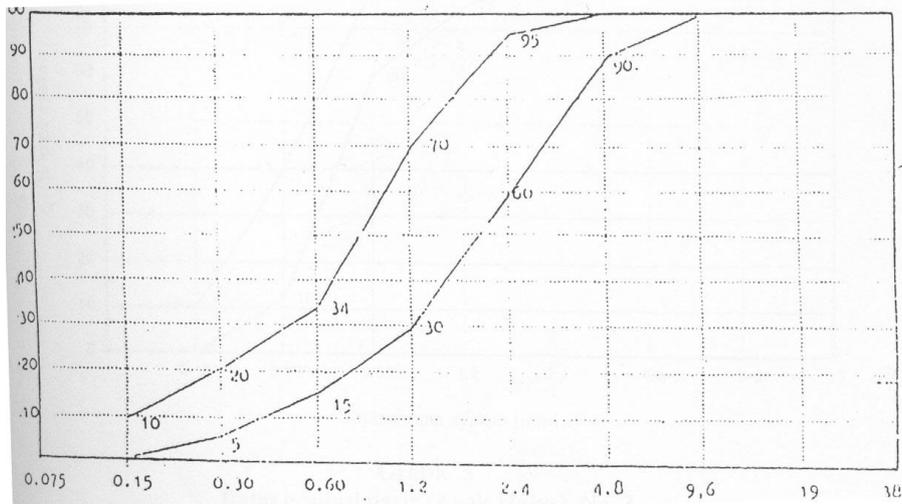
Sumber: SNI 03-2834-2000

f. Gradasi

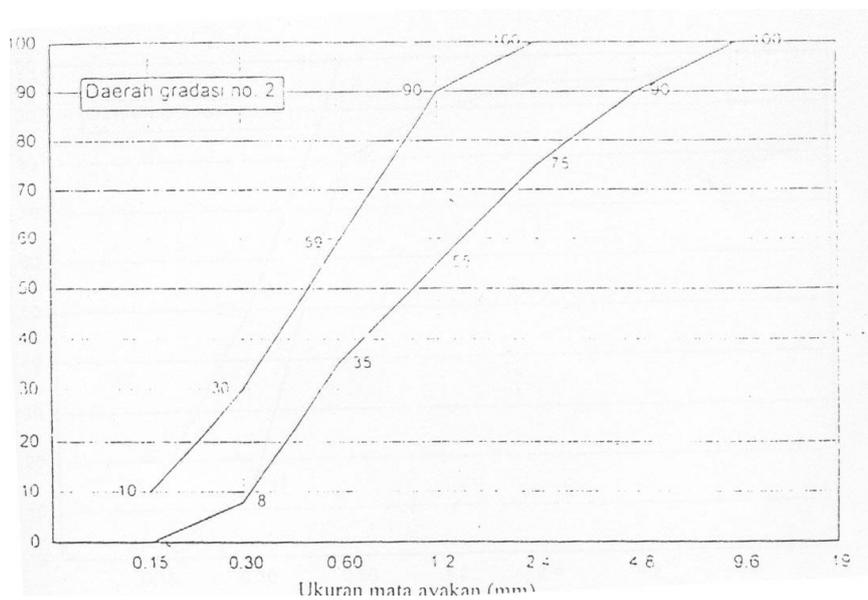
Tabel 2.8 Batas gradasi pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	zona 1	zona 2	zona 3	zona 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

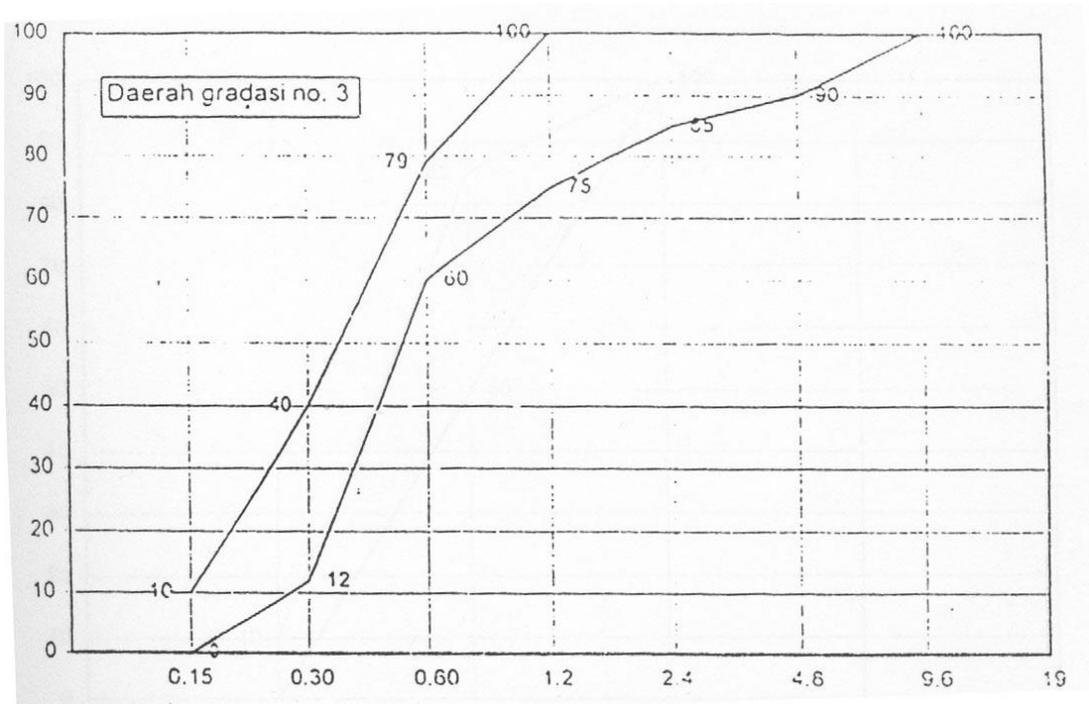
Sumber: SNI 03-2834-2000



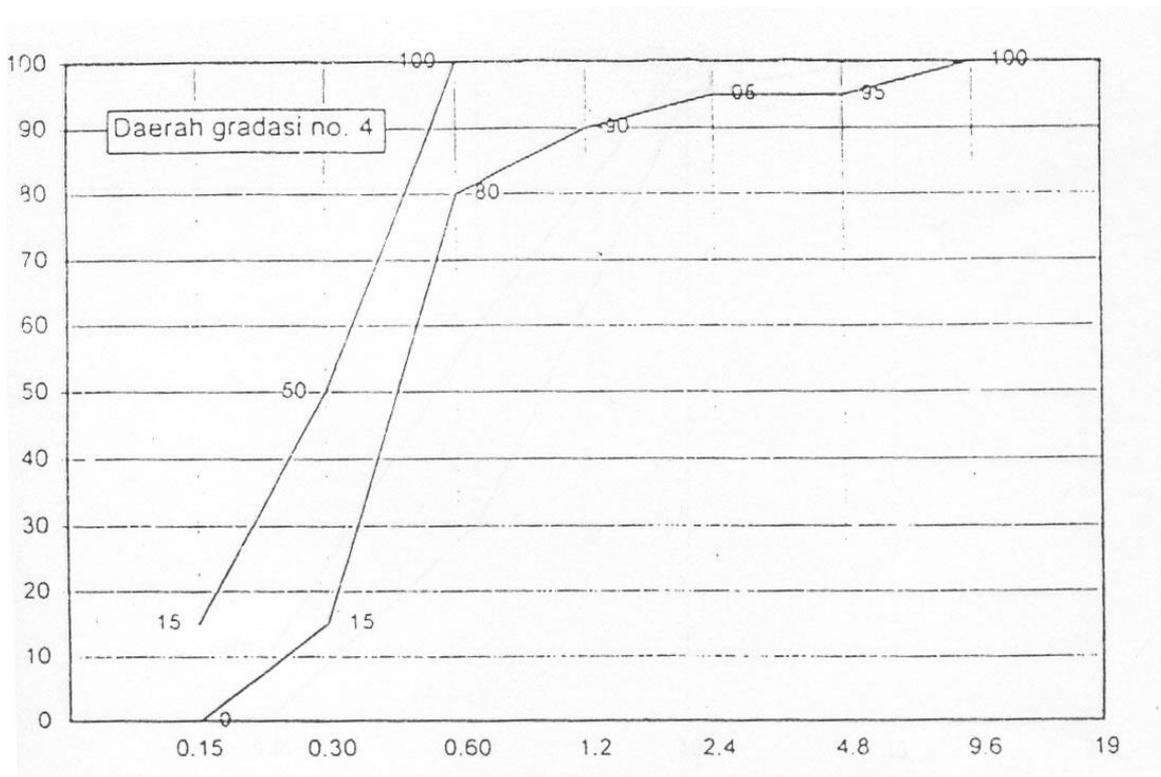
Gambar 2.6 Grafik gradasi pasir zona 1



Gambar 2.7 Grafik gradasi pasir zona 2

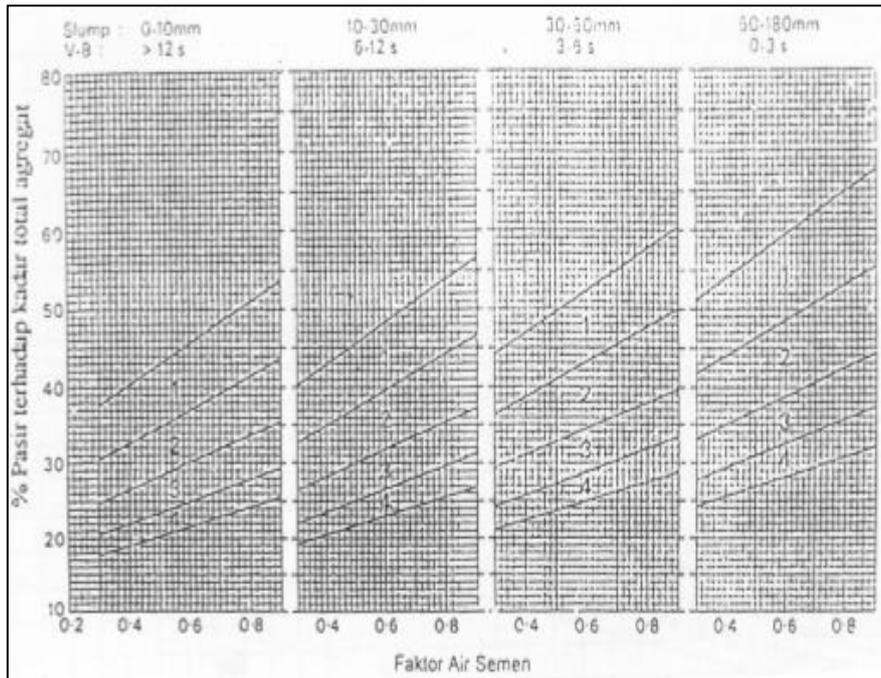


Gambar 2.8 Grafik gradasi pasir zona 3



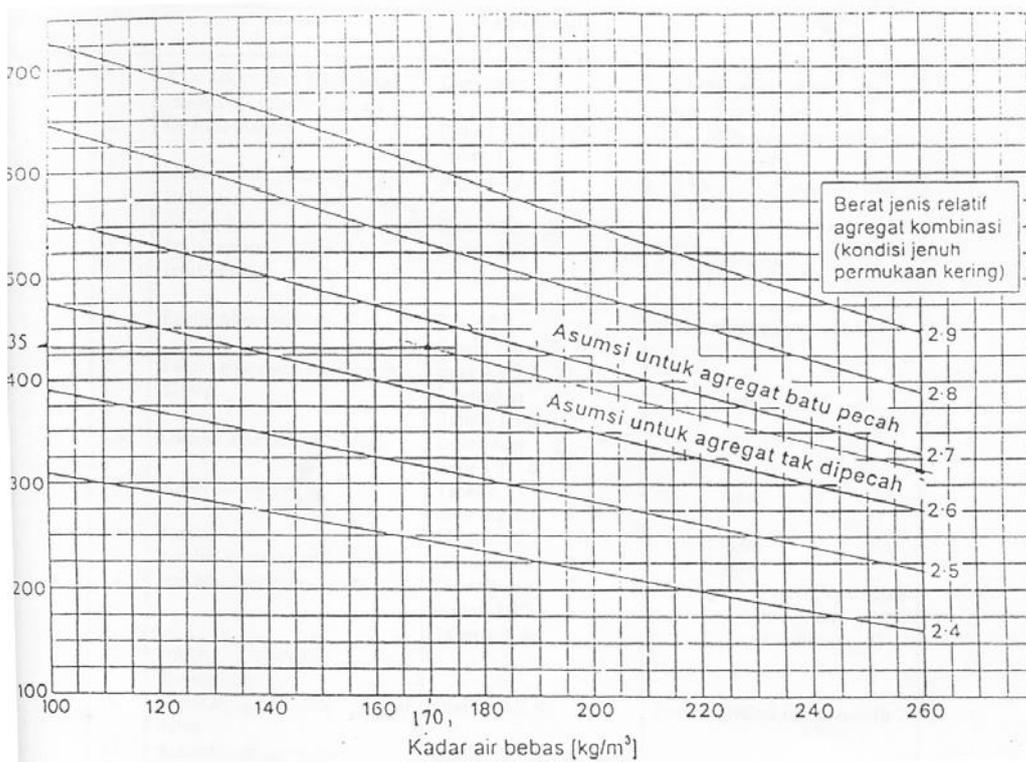
Gambar 2.9 Grafik gradasi pasir zona 4

g. Perbandingan agregat halus dan kasar



Gambar 2.10 Grafik persentase agregat halus dan kasar

h. Grafik berat beton segar



Gambar 2.11 Grafik berat beton segar

i. Tabel formula *mix design*

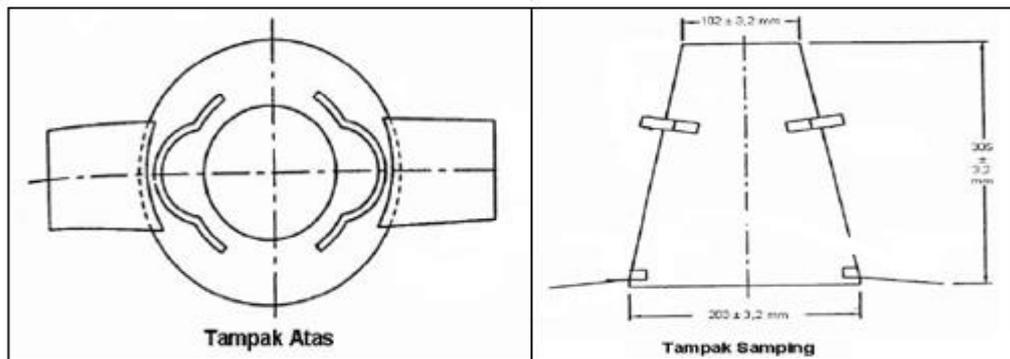
Tabel 2.9 Formula *mix design*

No	URAIAN	TABEL/GRAFIK HITUNGAN	NILAI
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	Mpa pada 28 hari
2	Deviasi standar	Tabel 1 / Diketahui	
3	Nilai tambah (margin)	1,64 x SD	Mpa
4	Target kuat tekan rata-rata	1+3	
5	Jenis semen <i>portland</i>	Ditetapkan	
6	Jenis agregat kasar	Alami/Batu Pecah	
	Jenis agregat halus	Alami/Batu Pecah	
7	Faktor air semen (FAS) bebas	Tabel 2, Grafik 1	
8	Faktor air semen maksimum	Tabel 3, ambil nilai terkecil	
9	<i>Slump</i>	Ditetapkan	Mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	Mm
11	Kadar air bebas	Tabel 5	Ltr
12	Kadar semen	11/8	Kg
13	Kadar semen minimum	Ditetapkan	Kg
14	FAS yang disesuaikan		Ltr
15	Susunan butir agregat	Tabel 7	
16	Perbandingan agregat halus dan kasar	Grafik 2a, b, c	%
17	Berat jenis agregat campuran	Dihitung	
18	Berat beton segar	Grafik 3	Kg/ m ³
19	Kadar agregat gabungan	18 - 11 - 12	Kg/ m ³
20	Kadar agregat halus	16 x 19	Kg/ m ³
21	Kadar agregat kasar	19 -20	Kg/ m ³

Sumber: SNI 03-2834-2000

2.9. *Slump*

Slump adalah ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam milimeter, ditentukan dengan alat kerucut *abrams* (SNI 03-1972-1990 tentang metode pengujian *slump* beton semen *portland*)



Gambar 2.12 Kerucut *abrams*

2.10. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian ini untuk menentukan kuat tekan beton (*compressive strength*) beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) di laboratorium maupun di lapangan.

2.11. Benda Uji

Benda uji atau sampel beton di ambil dari beton segar yang akan digunakan untuk pengecoran, yang dimasukan kedalam cetakan berupa cetakan berbentuk bulat (*cylinder*) dan berbentuk kotak (kubus) dengan ukuran yang berbeda. Dari pengambilan sampel benda uji ini akan di lakukan pengetesan di dalam laboratorium untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tekan beton, apakah sesuai dengan rencana atau tidak.

2.12. Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras yang bertujuan untuk menjaga agar beton tidak cepat kehilangan air dan sebagai tindakan menjaga kelembaban/suhu beton sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan. Pelaksanaan perawatan beton dilakukan setelah beton mengalami atau memasuki fase *hardening* (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah bekisting beton dilakukan bongkaran dengan durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton. Proses *curing* pada beton memainkan peran

penting pada pengembangan kekuatan dan daya tahan beton. Proses *curing* ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu, baik dalam beton maupun di permukaan beton dalam periode waktu tertentu. Proses *curing* yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan cara merendam beton selama 28 hari.

2.13. Student-T

Untuk membandingkan nilai tengah sampel dengan nilai tertentu atau dengan nilai tengah sampel lainnya bisa dilakukan dengan uji z. Namun uji z hanya bisa digunakan apabila data berdistribusi normal serta ragam sampel diketahui, pada kenyataannya jarang sekali bisa mengetahui nilai parameter suatu sampel dengan pasti. Sehingga hanya bisa menduga parameter sampel tersebut dari sampel yang ambil, karena tidak mengetahui berapa simpangan baku sampel, maka nilai ini di taksir dengan simpangan kecil. Bukan nilai taksiran yang akurat, sehingga tidak valid lagi apabila menggunakan uji z. Untuk ukuran sampel yang kecil kita bisa mendekatinya dengan uji *student-T*.

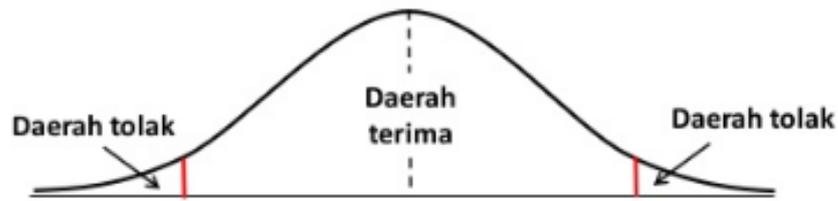
Student-T adalah uji yang mengukur tingkat signifikan perbedaan *mean* sekelompok data dengan sebuah nilai *mean* dari kelompok tertentu, atau *mean* yang telah ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

Rumus *student-T* adalah:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

Keterangan:

t	:	t hitung
x	:	Nilai sampel
Xi	:	Nilai x ke-i
\bar{x}	:	Rata-rata sampel
μ_0	:	Rata-rata spesifik (yang menjadi perbandingan)
S	:	Standar deviasi sampel
N	:	Jumlah sampel



Gambar 2. 13 Grafik penyebaran *student-T*

Penolakan dan penerimaan suatu sampel pengujian *student-T* ditentukan oleh pemilihan angka dari T tabel sesuai dengan jumlah sampel yang di uji. T hitung dapat diterima apabila nilai datanya diantara yang sudah ditetapkan pada nilai T tabel jika sebaliknya apabila nilai datanya kurang atau lebih dari batas yang ditetapkan maka data ditolak.

Tabel 2.10 Tabel distribusi *student-T*

t Table											
cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850

2.14. Penelitian Terkait

Jurnal berkaitan dengan limbah pecahan keramik dan sikacim *concrete additive*

1. Mulyati, Bryan Fhati Arafan (2019) dengan penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Kertas dan Sikacim *Concrete Additive* Terhadap Kuat Tekan Beton Normal” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kertas dan Sikacim *concrete additive* terhadap kuat tekan beton normal dengan menggunakan agregat alam sebagai material penyusun beton. penambahan abu kertas dan sikacim *concrete additive* pada campuran adukan beton normal meningkatkan kuat tekan beton sampai 15,91 % yaitu pada penambahan abu kertas 0,25 % dari berat semen dan sikacim *concrete additive* 0,7 % dari volume air.
2. Suwarno, Fauzie Nursanda (2019) dengan penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Korala Pada Campuran Beton Mutu Tinggi” hasil penelitian dengan variasi penambahan limbah keramik 0 %, 25 %, 50 %, dan 75 % didapatkan mencapai kuat tekan K-343 dan mendapatkan hasil optimum pada saat penambahan limbah keramik sebanyak 25 %.
3. Mulyati, Aidi Adman (2019) dengan penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim *Concrete Additive* Terhadap Kuat Tekan Beton”. Pada penelitian campuran cangkang kemiri dan sikacim *concrete additive* ini, kuat tekan beton mengalami peningkatan di umur 28 hari dengan variasi 0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1 % dan 0,7 %. Dengan kuat tekan rata-rata secara berturut-turut sebesar 253,93 kg/cm², 261,52 kg/cm², 266,07 kg/cm², 271,85 kg/cm², 277,74 kg/cm², 284,14 kg/cm². Berdasarkan hasil penelitian ini, bahwa penggunaan aditif sikacim dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan.

2.15. Kajian Islami

وَأَمَّا الْجِدَارُ فَكَانَ لِغُلَامَيْنِ يَتِيمَيْنِ فِي الْمَدِينَةِ وَكَانَ تَحْتَهُ كَنْزٌ لَهُمَا وَكَانَ أَبُوهُمَا صَالِحًا فَأَرَادَ رَبُّكَ أَنْ يَبْلُغَا أَشُدَّهُمَا وَيَسْتَخْرِجَا كَنْزَهُمَا رَحْمَةً مِنْ رَبِّكَ ۗ وَمَا فَعَلْتُهُ عَنْ أَمْرِي ۗ ذَلِكَ تَأْوِيلُ مَا لَمْ تَسْطِعْ عَلَيْهِ صَبْرًا

Artinya :

Adapun dinding rumah adalah kepunyaan dua orang anak yatim di kota itu, dan di bawahnya ada harta benda simpanan bagi mereka berdua, sedang ayahnya adalah seorang yang saleh, maka Tuhanmu menghendaki agar supaya mereka sampai kepada kedewasaannya dan mengeluarkan simpanannya itu, sebagai rahmat dari Tuhanmu; dan bukanlah aku melakukannya itu menurut kemauanku sendiri. Demikian itu adalah tujuan perbuatan-perbuatan yang kamu tidak dapat sabar terhadapnya"

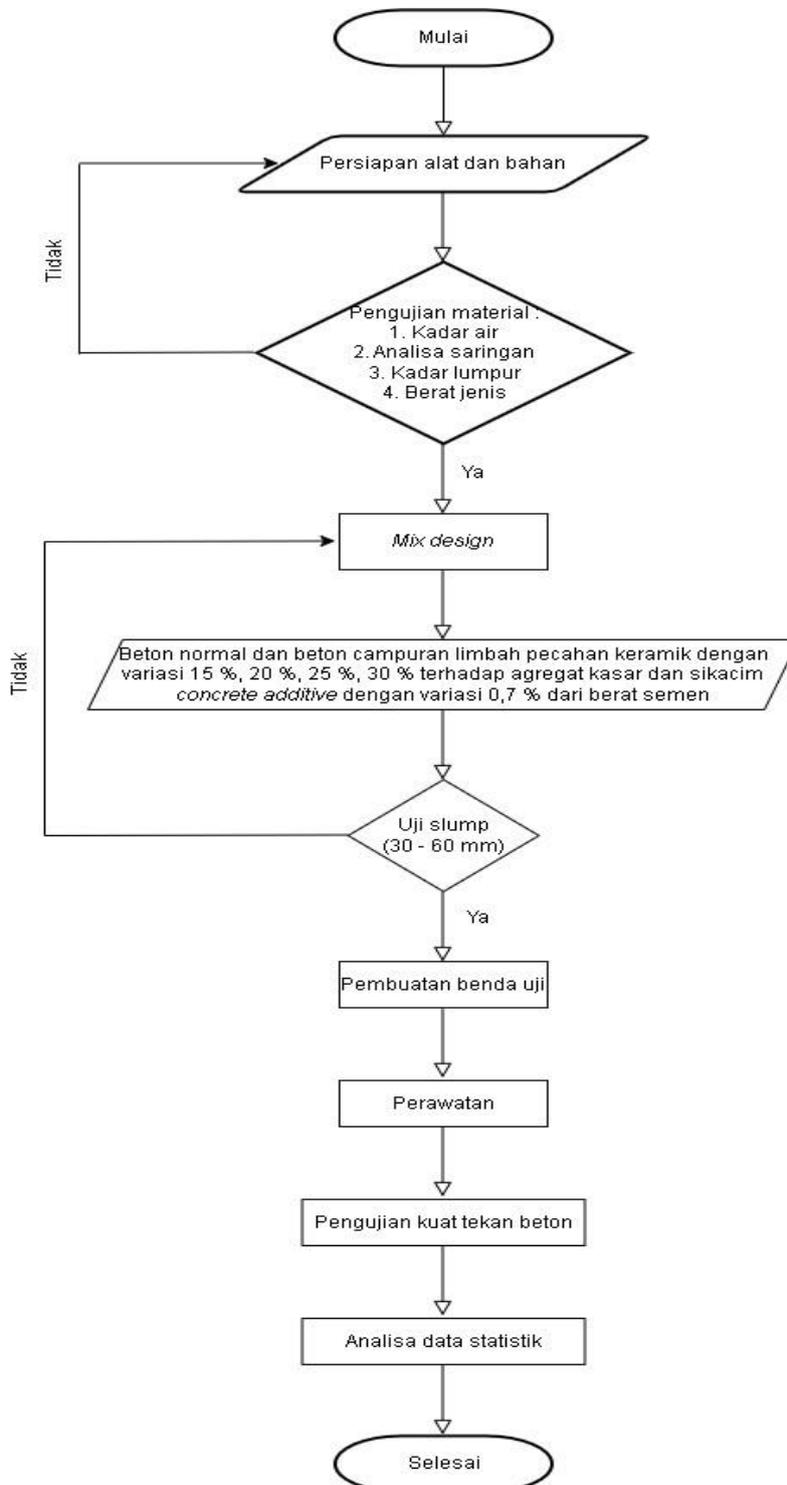
(Surat Al-Kahfi Ayat 82)

Adapun dinding rumah yang aku perbaiki, dan yang engkau ingkari perbaikannya, maka ia adalah milik dua anak kecil di kota yang kita datang, dan ayah mereka sudah wafat, sedangkan di bawah dinding itu terdapat harta peninggalan ayah mereka untuk mereka berdua. Ayahnya mereka dahulu adalah orang saleh, maka Tuhanmu -wahai Musa- menghendaki agar keduanya mencapai usia dewasa dan besar, dan mengeluarkan harta mereka yang tersimpan di bawah dinding tersebut, sebab apabila dinding tersebut roboh niscaya harta yang tersimpan tersebut akan terlihat dan kemungkinan akan hilang. Sungguh pengaturan ini merupakan rahmat dari Tuhanmu atas mereka, dan apa yang kuperbuat bukanlah atas kehendakku sendiri. Itulah keterangan dan maksud perbuatan-perbuatanku yang engkau tidak sanggup bersabar terhadapnya. (Tafsir Al-Mukhtashar / Markaz Tafsir Riyadh, di bawah pengawasan Syaikh Dr. Shalih bin Abdullah bin Humaid, Imam Masjidil Haram)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

Penjelasan alur kegiatan:

1. Tahap pertama

Pada tahap pertama dilakukan persiapan meliputi bahan maupun peralatan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Bahan-bahan yang akan digunakan antara lain pasir Bangka, batu pecah dari Rumpin Bogor, limbah pecahan keramik sebagai bahan tambah dan bahan aditif sikacim *concrete additive*. Setelah alat dan bahan tersedia kemudian dilakukan pengujian karakteristik bahan, meliputi uji fisik pada bahan yang akan digunakan.

2. Tahap kedua

Pada tahap ini dilakukan pengujian kadar air dan analisa saringan. Jika pengujian kadar air dan analisa saringan terpenuhi maka lanjut ke pengujian selanjutnya. Apabila persyaratan tidak terpenuhi maka kembali pada tahap persiapan.

3. Tahap ketiga

Pada tahap ketiga dilakukan pengujian kadar lumpur untuk perbaikan mutu, kadar lumpur maksimal 1 % untuk agregat kasar dan maksimal 5 % untuk agregat halus. Jika pengujian melebihi kadar lumpur maksimum maka agregat harus dicuci terlebih dahulu. Jika kadar lumpur kurang dari batas maksimal maka dapat dilakukan tahap selanjutnya.

4. Tahap keempat

Pada tahap keempat dilakukan uji berat jenis agregat kasar dan halus, diharuskan mendapat data berat jenis antara 2,5 - 3,2. Jika persyaratan telah terpenuhi maka dilanjutkan tahap selanjutnya. Apabila persyaratan tidak terpenuhi maka kembali lagi ke persiapan, yaitu mencari agregat sesuai persyaratan.

5. Tahap kelima

Pada tahap kelima adalah pembuatan *mix design* dengan metode SNI 03-2834-2000, ditetapkan mutu beton f_c' 45 MPa.

6. Tahap keenam

Pada tahap keenam pembuatan benda uji dengan variasi rasio benda uji sebagai berikut:

- a. Beton normal
- b. Beton campuran limbah pecahan keramik 15 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %
- c. Beton campuran limbah pecahan keramik 20 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %
- d. Beton campuran limbah pecahan keramik 25 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %
- e. Beton campuran limbah pecahan keramik 30 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %

7. Tahap ketujuh

Pada tahap ini dilakukan pengujian slump dengan syarat tinggi 30-60 mm. Apabila pengujian *slump* terpenuhi maka pengujian dilanjutkan ke tahap berikutnya, jika tidak terpenuhi maka kembali pada *mix design*.

8. Tahap kedelapan

Pembuatan sampel uji sebanyak 8 buah dari masing-masing variasi rasio benda uji berbentuk silinder ($d=15\text{cm}$, $t=30\text{cm}$)

9. Tahap kesembilan

Pada tahap kesembilan merupakan perawatan (*curing*) benda uji dengan cara perendaman selama 28 hari di dalam air

10. Tahap kesepuluh

Pada tahap ini yaitu melakukan pengujian kuat tekan pada beton normal dan beton campuran.

11. Tahap kesebelas

Pada tahap kesebelas ini dilakukan analisa data dengan statistik *student-T*.

3.2. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu percobaan di laboratorium yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh limbah pecahan keramik dan bahan aditif Sikacim *concrete additive*. Dengan cara mencampur agregat halus, agregat kasar, semen, bahan tambah limbah pecahan keramik dan bahan aditif Sikacim *concrete additive*. Dilihat dari nilai kuat tekan beton yang diuji pada saat umur perawatan 28 hari.

3.3. Tempat Penelitian

Pengujian material dan kuat tekan beton penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

3.4. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen di laboratorium, yaitu mencari nilai kuat tekan beton dari masing-masing sampel beton dengan menggunakan limbah pecahan keramik dan bahan aditif Sikacim *concrete additive*. Untuk peralatan maupun persyaratan-persyaratan yang digunakan mengacu pada peraturan-peraturan konstruksi yang digunakan di Indonesia, seperti SNI 03-6468-2000 dalam perencanaan *mix design* beton mutu tinggi.

3.5. Variasi Rasio Campuran Benda Uji

Dalam penelitian ini adalah beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah berupa limbah pecahan keramik dengan variasi 15 %, 20 % 25 % dan 30 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 % dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton akan dilakukan sebanyak 40 sampel uji, yang terbagi menjadi 8 sampel uji pada setiap variasi rasio campuran. Dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, kemudian pengujian akan dilakukan pada umur rencana beton 28 hari.

Tabel 3.1 Perbandingan variasi campuran benda uji

No	Kode Benda Uji	Semen (%)	Agregat Kasar (%)	Limbah Pecahan Keramik (%)	Air (%)	Sikacim Concrete Additive (%)	Jumlah Sampel
1	BN	100	100	0	0	0	8
2	BKS 15	99,3	85	15	99,3	0,7	8
3	BKS 20	99,3	80	20	99,3	0,7	8
4	BKS 25	99,3	75	25	99,3	0,7	8
5	BKS 30	99,3	70	30	99,3	0,7	8
Total Sampel							40 Buah

3.6. Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe I produksi PT. Tiga Roda

2. Agregat

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Tayan sedangkan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini ialah batu pecah dari Pamoyanan Bogor.

3. Air

Air yang digunakan dalam pencampuran beton pada penelitian ini adalah air tawar yang tersedia di lingkungan laboratorium.

4. Limbah pecahan keramik

Pada penelitian ini limbah pecahan keramik berfungsi sebagai bahan tambah dari agregat kasar. Penggunaan limbah pecahan keramik ini dengan variasi rasio 15 %, 20 %, 25 % dan 30 %. Limbah pecahan keramik yang digunakan ialah berasal dari potongan proses atau limbah dari pekerjaan konstruksi.

5. Sikacim *concrete additive*

Pada penelitian ini Sikacim *concrete additive* berfungsi sebagai *admixture* dengan variasi 0,7 % dari berat semen sehingga dapat mempercepat proses pengerasan dengan karakteristik *workability* tinggi pada beton.

3.7. Pengujian Material

Sebelum melakukan *mix design* perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap material yang akan digunakan seperti agregat halus, agregat kasar, penyerapan agregat, pengujian kadar lumpur, kadar air dan gradasi.

3.7.1. Pengujian Berat Jenis (BJ) Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan dari agregat.

Berat jenis (*bulk specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Berikut langkah-langkah pengujian berat jenis agregat:

a. Agregat halus

1. Benda uji

Benda uji adalah agregat yang melewati saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah

2. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam pengujian berat jenis agregat halus adalah sebagai berikut:

- a. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0.1 gr.
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- c. Kerucut terpancung (*cone*), diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0.8 mm.
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (350 ± 15) gr, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm
- e. Saringan no 4
- f. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5) °C
- g. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C
- h. Talam
- i. Bejana tempat air
- j. Pompa hampa udara (*vacum pump*) atau tungku

- k. Air
 - l. Desikator
3. Pelaksanaan pengujian
- Urutan proses pengujian adalah sebagai berikut:
- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap, yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %. Dinginkan pada suhu ruang kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
 - b. Buang air perendam hati-hati jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
 - c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
 - d. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gr benda uji ke dalam piknometer. Masukkan air suling sampai mencapai 90 % isi piknometer, puter sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
 - e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standart 25°C .
 - f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
 - g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gr (Bt).
 - h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
 - i. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk).

- j. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25 °C (B).

4. Perhitungan

a. $Berat\ jenis\ curah = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$

b. $Berat\ jenis\ jenuh\ kering\ permukaan = \frac{500}{(B + 500 - Bt)}$

c. $Berat\ jenis\ semu = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$

d. $Penyerapan = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\ %$

b. Agregat kasar

1. Benda uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no 4 yang diperoleh dari alat pemisah.

2. Peralatan

- a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No. 6) atau 2,36 mm (No. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
- b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d. Timbangan SSD.
- e. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- f. Alat pemisah contoh (*splinter*).
- g. Saringan no. 4 (4,75 mm).
- h. Air suling (*aquades*).

3. Jalan percobaan

Langkah-langkah BJ kasar adalah sebagai berikut:

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
 - d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
 - e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
 - f. Timbang benda uji kering-permukaan jenuh (Bj).
 - g. Letakkan benda uji didalam keranjang, goncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).
4. Perhitungan
- a) *Berat jenis (bulk specific gravity)* = $\frac{Bk}{Bj-Ba}$
 - b) *Berat jenis jenuh kering permukaan* = $\frac{Bj}{Bj-Ba}$
 - c) *Berat jenis semu* = $\frac{Bk}{Bk-Ba}$
 - d) *Penyerapan* = $\frac{(500-Bk)}{Bk} \times 100 \%$

3.7.2. Pengujian Kadar Air Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kadar air agregat dan memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Berikut ini langkah-langkah pengujian kadar air agregat halus:

1. Benda Uji

Berat benda uji untuk pemeriksaan agregat minimum tergantung pada ukuran butir maksimum sesuai tabel 3.2.

Tabel 3.2 Daftar benda uji minimum

Ukuran butir maksimum		Berat (W) agregat minimum
mm	inci	(kg)
6,3	1/4	0,5
9,5	3/8	1,5
12,7	1/2	2,0
19,1	3/4	3,0
25,4	1	4,0
38,1	1 1/2	6,0
50,8	2	8,0
63,5	2 1/2	10,0
76,2	3	13,0
88,9	3 1/2	16,0
101,6	4	25
152,4	6	50

Sumber: SNI 03-2834-2000

2. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam pengujian kadar air adalah sebagai berikut:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh.
- b. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji.

3. Jalan percobaan

Urutan proses pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Ambil talam, timbang dan catatlah beratnya (M1).
- b. Masukkan benda uji ke dalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (M2)
- c. Hitunglah berat benda uji ($M3 = M2 - M1$).
- d. Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam (sampai beratnya tetap).
- e. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (M4).
- f. Hitunglah berat benda uji kering ($M5 = M4 - M1$).

4. Perhitungan

$$a) \text{ Kadar air agregat} = \frac{M_3 - M_5}{M_5}$$

3.7.3. Pengujian Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan pasir dengan cara ayakan nomor 200 bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur (tanah liat dan *silt*) dalam split tersebut. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kadar lumpur agregat:

a. Agregat kasar

1. Benda uji

Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai tabel berikut.

Tabel 3. 3 Daftar berat contoh agregat kering minimum

Ukuran Butir Maksimum		Berat contoh kering minimum (gr)
mm	inci	
2,36	No. 8	100
1,18	No. 4	500
9,5	3/8	2000
19,1	3/4	2500
38,1	1,5	5000

Sumber: SNI 03-2834-2000

2. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam pengujian kadar lumpur adalah sebagai berikut:

- Ayakan no. 16 dan no. 200.
- Nampan pencuci.
- Tungku pengering (oven).
- Timbangan dengan ketelitian 0.1% berat pasir contoh.

3. Jalan percobaan

Urutan proses pengujian adalah sebagai berikut:

- Ambil benda uji kering oven (M_1).
- Masukkan ke dalam nampan pencuci dan ditambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam.

- c. Nampan digoncang-goncangkan, kemudian air cucian dituangkan ke dalam ayakan no. 16 dan no. 200 (butir-butir besar dijaga jangan sampai masuk ke ayakan supaya tidak merusak ayakan).
- d. Ulangi langkah (c) sampai cucian tampak bersih.
- e. Benda uji yang tersisa di ayakan no. 16 dan no. 200 di masukkan ke dalam nampan yang sudah diketahui beratnya (M2), kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan kembali.
- f. Setelah kering timbang dan catat (M3)
- g. Hitung berat kering oven ($M4 = M3 - M2$)

4. Perhitungan

a.
$$\text{Jumlah kadar lumpur} = \frac{M1 - M4}{M1} \times 100\%$$

a. Agregat kasar

1. Benda uji

Pasir lolos ayakan 4,8 mm seberat 500 gr.

2. Peralatan

- a. Tabung gelas ukur (500 cc)
- b. Wadah/talam
- c. Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5 °C)
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh.

3. Jalan percobaan

- a. Keringkan pasir kedalam oven selama ± 24 jam.
- b. Ambil pasir kering oven 200 gr (A)
- c. Tuangkan pasir kedalam gelas ukur dan tambahkan air sampai tinggi air tersebut ± 12 cm diatar permukaan pasir
- d. Biarkan selama 1 jam
- e. Aduk pasir selama ± 15 detik.
- f. Tunggu sampai ± 1 menit.
- g. Buang seluruh air dengan hati-hati jangan sampai butiran pasir ikut terbang.
- h. Ulangi percobaan poin 3-7 sampai air bening.
- i. Setelah air bening buang air.
- j. Tuang pasir kedalam wadah yang sudah diketahui beratnya (M1)
- k. Kemudian kering kedalam oven selama ± 24 jam.

- l. Keluarkan pasir kemudian timbang (M2)
- m. Hitung berat pasir kering ($B = M2 - M1$)

4. Perhitungan

a. $Kadar\ lumpur\ pasir = \frac{A-B}{A} \times 100\%$

3.7.4. Analisa Saringan

Metode ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus dan agregat kasar. Langkah-langkah pengujian analisa saringan adalah:

1. Benda uji

Benda uji didapat dari alat pemisah/splitter $\frac{1}{2}$, dan ambil salah satu:

a. Agregat halus:

- 1) Ukuran maksimum No. 4 = massa minimum 500 gr
- 2) Ukuran maksimum No. 8 = massa minimum 100 gr

b. Agregat kasar:

- 1) Ukuran maksimum 3,5" = massa minimum 35 kg
- 2) Ukuran maksimum 3" = massa minimum 30 kg
- 3) Ukuran maksimum 2,5" = massa minimum 25 kg
- 4) Ukuran maksimum 2" = massa minimum 20 kg
- 5) Ukuran maksimum 1,5" = massa minimum 15 kg
- 6) Ukuran maksimum 1" = massa minimum 10 kg
- 7) Ukuran maksimum $\frac{3}{4}$ " = massa minimum 5 kg
- 8) Ukuran maksimum $\frac{1}{2}$ " = massa minimum 2,5 kg
- 9) Ukuran maksimum $\frac{3}{8}$ " = massa minimum 1 kg

2. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji.
- b. Satu set saringan ; 3,75 mm (3"); 63,5 mm (2 $\frac{1}{2}$ "); 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1 $\frac{1}{2}$ "); 25 mm (1"); 19,1 mm ($\frac{3}{4}$ "); 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ "); 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ "); No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,6 mm); No.50 (0,3 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm).

- c. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$.
 - d. Alat pemisah contoh.
 - e. Mesin pengguncang saringan.
 - f. Talam-talam.
 - g. Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.
3. Jalan percobaan
- a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
 - b. Timbang masing-masing saringan.
 - c. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
 - d. Diamkan 5 menit, biarkan debu mengendap.
 - e. Timbang masing-masing saringan berikut isinya.
 - f. Hitung masa agregat tertahan pada masing-masing saringan
4. Perhitungan
- a. Menghitung persentase benda uji tertahan di atas masing-masing saringan terhadap masa total benda uji setelah disaring.
 - b. Modulus kehalusan agregat dihitung dengan rumus:

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{\text{persen massa tertahan saringan no. 200}}{100}$$

3.8. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

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

1. Bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan beton (benda uji) telah dipersiapkan terlebih dahulu
2. Dilakukan pemeriksaan laboratorium terhadap material yang akan digunakan agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan maksimal sesuai dengan perhitungan, yaitu pemeriksaan agregat yang meliputi gradasi agregat (Modulus Halus Butiran), pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan berat volume agregat

3. Merencanakan campuran beton (*mix design*). Setiap ingin melakukan pengadukan maka kadar air material seperti agregat kasar dan pasir diperiksa lagi, agar kebutuhan air yang dipakai dihitung lagi
4. Menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan yang telah ditentukan dalam perencanaan
5. Pengadukan bahan didahului dengan memasukkan pasir dan semen portland kemudian diaduk, masukkan kerikil, air dan bahan tambah (jika menggunakannya) secara bergantian sampai semua bahan habis
6. Setelah adukan homogen, tuang adukan ke alas campuran beton
7. Diukur nilai *slump* dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan masukkan kembali ke dalam bak pengadukan untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air
8. Setelah *slump* yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) sebanyak 25 kali
9. Setelah padat dan cetakan penuh, kemudian permukaannya diratakan,
10. Setelah itu simpan cetakan ditempat yang sejuk, diletakan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Diukur tinggi, diameter dan beratnya serta beri tanda seperlunya. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam kolam perendaman selama 28 hari
11. Pengujian dilakukan dengan mesin desak beton sesuai dengan umur yang telah ditentukan.

3.9. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Alat-alat dan benda uji yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu
2. Benda uji diuji dengan mesin desak. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris (tepat di tengah) lalu diberikan beban tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 – 4 kg/cm² per detik

3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji
4. Perhatikan dan catatlah keadaan benda uji.

3.10. Analisis Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan/korelasi antar satu pengujian dengan pengujian lainnya. Secara umum hasil dari pengujian-pengujian yang dilakukan nantinya akan melihat pengaruh penambahan aditif pada mutu beton. Pengujian penelitian ini menggunakan *student-T* untuk mengukur tingkat signifikan perbedaan *mean* sekelompok data dengan sebuah nilai *mean* dari kelompok tertentu atau *mean* yang telah ditentukan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Material

Pengujian material beton merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas dan kekuatan beton yang digunakan. Agregat yang digunakan sebagai bahan campuran beton pada benda uji diperiksa parameteranya. Parameter agregat yang diuji meliputi kadar air agregat, kadar lumpur agregat, analisis saringan dan berat jenis agregat di Laboratorium Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta.

4.1.1. Pengujian Kadar Air Agregat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar air di dalam agregat halus dan agregat kasar untuk mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat yang akan digunakan. Berikut ini tabel hasil pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar

Tabel 4.1 Kadar air agregat halus

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Massa wadah (M_1)	gr	52	52	54	53
2	Massa wadah + contoh basah (M_2)	gr	1052	1052	1054	1053
3	Massa contoh basah (M_3)	gr	1000	1000	1000	1000
4	Massa wadah + contoh kering (M_4)	gr	1050	1043	1053	1049
5	Massa contoh kering (M_5)	gr	998	991	999	996
6	Kadar air (M_6)	%	0,002	0,009	0,001	0,004
Rata-rata		%	0,004			

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.2 Kadar air agregat kasar

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Massa wadah (M_1)	gr	221	200	155	154
2	Massa wadah + contoh basah (M_2)	gr	1221	1200	1155	1154
3	Massa contoh basah (M_3)	gr	1000	1000	1000	1000
4	Massa wadah + contoh kering (M_4)	gr	1201	1174	1130	1124
5	Massa contoh kering (M_5)	gr	980	974	974	970

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
6	Kadar air (M ₆)	%	0,020	0,027	0,026	0,031
Rata-rata		%	0,026			

Sumber: Analisis, 2023

Dari hasil tabel di atas, menurut (SNI 03-1971-1990, 1990) tentang kadar air agregat, syarat kadar air agregat adalah 3 % - 5 %, dapat diperoleh bahwa agregat halus mengandung kadar air sebesar 0,004 % dan agregat kasar mengandung kadar air sebesar 0,026 %. Dengan diketahuinya kadar air yang terkandung dalam agregat ini tidak memenuhi syarat, maka sebelum memulai *mix design* agregat direndam terlebih dahulu supaya perencanaan *mix design* menjadi lebih akurat karena adanya faktor koreksi kadar air campuran beton.

4.1.2. Pengujian Kadar Lumpur Agregat

Kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui berapa besar kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat. Menurut (Badan Standardisasi Nasional, 1996), agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % dan agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. Berikut ini tabel hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar.

Tabel 4.3 Kadar lumpur agregat halus

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Volume lumpur (ml)	ml	0,5	0,8	0,8	1
2	Volume seluruh (ml)	ml	195	195	198	204
3	Kadar lumpur	%	0,256	0,410	0,404	0,490
4	Rata-rata	%	0,309			

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.4 Kadar lumpur agregat kasar

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Massa benda uji semula (M ₁)	gr	1000	1000	1000	1000
2	Massa talem (M ₂)	gr	110	162	148	107
3	Massa kering oven benda uji (M ₃)	gr	1,078	1,132	1,118	1,074
4	Benda uji tertahan saringan no. 200(M ₄)	gr	968	970	970	967
6	Kadar lumpur	%	3,200	3,000	3,000	3,300

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
	Rata – rata	%	3,125			

Sumber: Analisis, 2023

Dari hasil tabel di atas, diperoleh bahwa agregat halus mengandung kadar lumpur kurang dari 5 % yaitu sebesar 0,390 % dan untuk agregat kasar mengandung kadar lumpur lebih dari 1 % yaitu sebesar 3,125 %. Dengan diketahuinya agregat kasar tidak memenuhi syarat, maka sebelum memulai pengujian *mix design* agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi kadar lumpur.

4.1.3. Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan untuk mengetahui agregat gradasi dari agregat. Untuk agregat halus mempunyai variasi butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Menurut SNI 03-2847-2000, untuk syarat gradasi agregat halus yaitu *zone I* (pasir kasar), *zone II* (pasir agak kasar), *zone III* (pasir agak halus), *zone IV* (pasir halus) dan untuk syarat agregat kasar mempunyai ukuran maks 10 mm, ukuran maks 20 mm dan ukuran maks 40 mm. Berikut ini tabel hasil pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.

Tabel 4.5 Analisa saringan agregat halus sampel 1

Sampel 1					
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100
4	4,8	3	0	0	100
8	2,4	40	3	3	97
16	1,2	539	36	39	61
30	0,6	644	43	83	17
50	0,3	173	12	94	6
100	0,15	55	4	98	2
200	0,075	26	2	100	0
PAN		4	0	100	0
Jumlah		1484	100	317	
Modulus kehalusan				3,17	

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.6 Analisa saringan agregat halus sampel 2

Sampel 2					
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100
4	4,8	2	0	0	100
8	2,4	36	2	3	97
16	1,2	430	29	32	68
30	0,6	663	45	76	24
50	0,3	243	16	93	7
100	0,15	66	4	97	3
200	0,075	35	2	100	0
PAN		5	0	100	0
Jumlah		1480	100	300	
Modulus kehalusan				3	

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.7 Analisa saringan agregat halus sampel 3

Sampel 3					
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100
4	4,8	2	0	0	100
8	2,4	45	3	3	97
16	1,2	414	28	31	69
30	0,6	724	49	80	20
50	0,3	190	13	93	7
100	0,15	62	4	97	3
200	0,075	33	2	100	0
PAN		5	0	100	0
Jumlah		1475	100	305	
Modulus kehalusan				3,05	

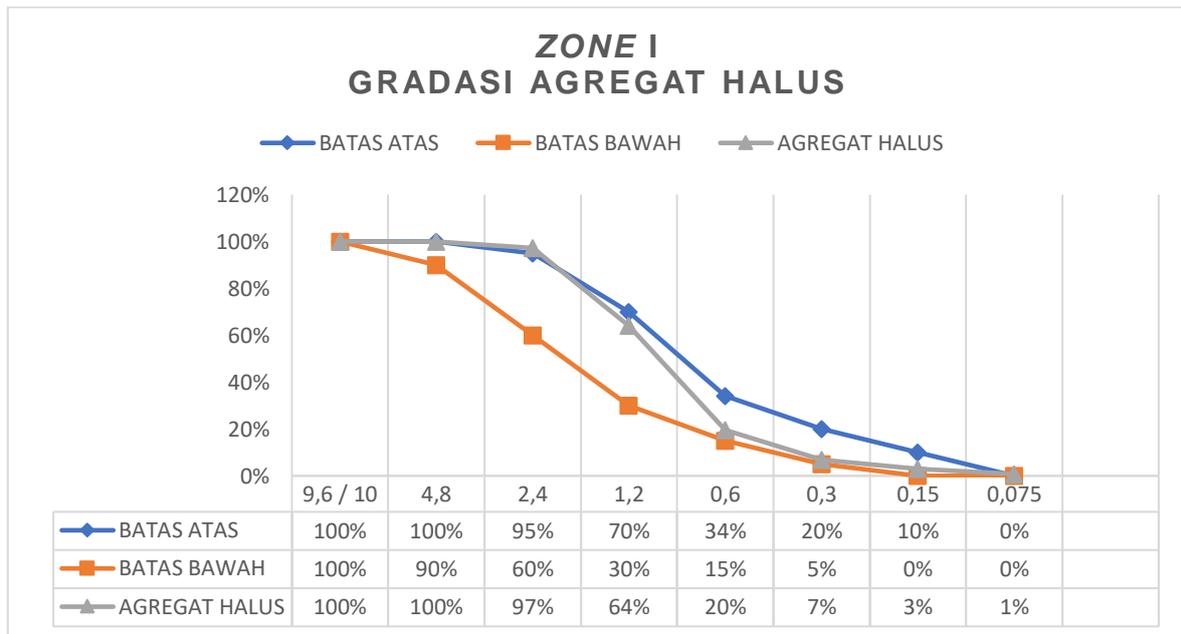
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.8 Analisa saringan agregat halus sampel 4

Sampel 4						
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)	Rata – Rata (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100	100
4	4,8	0	0	0	100	100
8	2,4	37	3	3	97	97
16	1,2	586	40	42	58	64
30	0,6	609	41	84	16	20
50	0,3	152	10	94	6	7
100	0,15	52	4	98	2	3

Sampel 4						
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)	Rata – Rata (%)
200	0,075	33	2	100	0	1
PAN		3	0	100	0	0
Jumlah		1475	100	320		
Modulus kehalusan				3,20		3,10

Sumber: Analisis, 2023



Gambar 4.1 Grafik zone I gradasi agregat halus

Berdasarkan tabel pengujian dari 4 sampel di atas, maka material diambil dari persentase lewat rata-rata untuk menentukan zona batas gradasi agregat halus. Menurut SNI 03-2834-2000, gradasi pasir Tayan yang digunakan masuk dalam kategori gradasi zone I (pasir kasar).

Tabel 4.9 Tabel analisa agregat kasar sampel 1

Sampel 1				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
80	0	0	0	100
60	0	0	0	100
50	0	0	0	100
40	0	0	0	100
25	0	0	0	100

Sampel 1				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
20	71	5,255	5	95
15	343	25,389	31	69
10	702	51,962	83	17
4	235	17,395	100	0
2,5			100	
1,2			100	
0,6			100	
0,3			100	
0,15				
0,075				
Pan				
Jumlah	1351	100	618	
Modulus kehalusan			6,18	

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.10 Tabel analisa agregat kasar sampel 2

Sampel 2				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
80	0	0	0	100
60	0	0	0	100
50	0	0	0	100
40	0	0	0	100
25	0	0	0	100
20	77	5,528	6	94
15	354	25,413	31	69
10	752	53,984	85	15
4	210	15,075	100	0
2,5			100	
1,2			100	
0,6			100	
0,3			100	
0,15				
0,075				
Pan				
Jumlah	1393	100	621	
Modulus kehalusan			6,21	

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.11 Tabel analisa agregat kasar sampel 3

Sampel 3				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
80	0	0	0	100
60	0	0	0	100
50	0	0	0	100
40	0	0	0	100
25	0	0	0	100
20	84	6,186	6	94
15	352	25,920	32	68
10	781	57,511	90	10
4	141	10,383	100	0
2,5			100	
1,2			100	
0,6			100	
0,3			100	
0,15				
0,075				
Pan				
Jumlah	1358	100	627	
Modulus kehalusan			6,27	

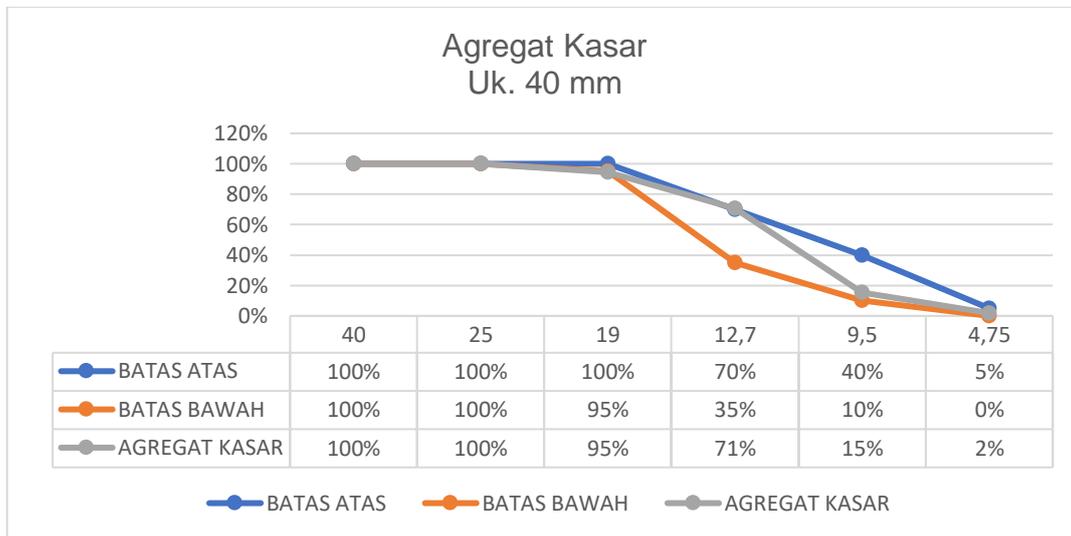
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.12 Tabel analisa agregat kasar sampel 4

Sampel 4					
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)	Rata-Rata (%)
80	0	0	0	100	100
60	0	0	0	100	100
50	0	0	0	100	100
40	0	0	0	100	100
25	0	0	0	100	100
20	75	5,443	5	95	95
15	283	20,537	26	74	71
10	846	61,393	87	13	15
4	174	12,627	100	0	2
2,5			100		
1,2			100		
0,6			100		
0,3			100		
0,15					
0,075					
Pan					
Jumlah	1378	100	618		

Sampel 4					
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)	Rata-Rata (%)
Modulus kehalusan			6,18		6,21

Sumber: Analisis, 2023



Gambar 4.2 Grafik zone III gradasi agregat kasar

Dari hasil tabel di atas, diperoleh hasil bahwa gradasi batu pecah Pamoyanan Bogor masuk ke dalam gradasi ukuran maks. 40 mm.

4.1.4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan daya serap air dari material yang akan digunakan pada *mix design*. Menurut (SNI-1972, 2008) tentang cara pengujian berat jenis agregat kasar dan penyerapan air. SNI 1970-2008 tentang cara pengujian berat jenis agregat halus dan penyerapan air, bahwa agregat normal memiliki berat jenis 2,5 dan penyerapan air maksimal 3 %. Berikut ini tabel hasil pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

Tabel 4.13 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Berat benda uji kering oven (B_k)	gr	1,897	2,275	2,201	1,902
2	Berat benda uji jenuh kering (B_j)	gr	1,962	2,334	2,261	1,972
3	Berat benda uji dalam air (B_a)	gr	1,198	1,429	1,366	1,204

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
4	Berat keranjang dalam air	gr	0,396	0,388	0,407	0,396
5	Berat keranjang dalam air + material	gr	1,594	1,817	1,773	1,6
6	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)	gr	2,483	2,514	2,459	2,477
	Rata-rata berat jenis	gr	2,483			
7	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)	gr	2,568	2,579	2,526	2,568
	Rata-rata berat jenis kering <i>bulk</i>	gr	2,560			
8	Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	gr	2,714	2,689	2,636	2,725
	Rata-rata berat jenis semu	gr	2,691			
9	Penyerapan	%	3,426	2,593	2,726	3,680
	Rata-rata penyerapan	%	3,107			

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.14 Berat jenis dan penyerapan agregat halus

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Berat piknometer	gr	172	174	162	149
2	Berat benda uji	gr	500	500	500	500
3	Berat piknometer + air (B)	gr	669	670	658	645
4	Berat piknometer + benda uji + air (B _t)	gr	982	984	958	969
5	Berat benda uji kering oven (B _k)	gr	498	498	497	497
6	Berat jenis curah	gr	2,663	2,677	2,485	2,824
	Rata-rata berat jenis	gr	2,662			
7	Berat jenis jenuh kering permukaan	gr	2,674	2,688	2,500	2,841
	Rata-rata berat jenis jenuh kering	gr	2,676			
8	Berat jenis semu	gr	2,692	2,707	2,523	2,873
	Rata-rata berat jenis semu	gr	2,699			
9	Penyerapan	%	0,404	0,402	0,604	0,604
	Rata-rata penyerapan	%	0,503			

Sumber: Analisis, 2023

Dari hasil tabel di atas, bahwa agregat kasar mengandung berat jenis sebesar 2,560 dengan penyerapan 3,107 dan agregat halus mengandung berat jenis sebesar 2,676 dengan penyerapan 0,503, maka agregat kasar dan agregat halus masuk dalam standar pengujian dari SNI 03-1969-2008 dan SNI 03-1970-2008.

4.2. Mix Design

Mix design dilakukan untuk merencanakan proporsi campuran beton untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana. Tabel perencanaan campuran *mix design* menggunakan SNI 03-2834-2000.

Tabel 4. 15 *Mix design* beton f_c' 45 MPa

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK HITUNGAN	NILAI	
1	Kuat tekan rencana (f_c')	Ditetapkan	45	Mpa pada 28 hari (silinder)
2	Deviasi standar	Tabel 1	12	
3	Nilai tambah (margin)	Ditetapkan	12	Mpa
4	Target kuat tekan rata-rata ($f_c'r$)	Row 1 + 3	57	Mpa
5	Jenis semen portland	Ditetapkan	Tiga Roda Type 1	
6	Jenis agregat kasar	Alami/Batu Pecah	Batu Pecah Bogor Pamoyanan	
7	Jenis agregat halus	Alami/Batu Pecah	Pasir Tayan	
8	Faktor air semen (FAS) bebas	Tabel 2, Grafik 1	0,36	
9	Faktor air semen maksimum	Tabel 3 (ambil nilai terkecil)	0,6	
10	Nilai slump	Ditetapkan	30 - 60	mm
11	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40	mm
12	Kadar air bebas	Tabel 5	170	Ltr
13	Kadar semen	Row 12 / 8	472	Kg
14	Kadar semen minimum	Tabel 6a	275	Kg
15	FAS yang disesuaikan	Dihitung	165	Ltr
16	Susunan analisa butir agregat	Tabel 7	Zona I (pasir kasar)	
17	Persentase agregat halus	Grafik 2a / b / c	34	%
18	Persentase agregat kasar	100% - 17	66	%
19	Berat jenis agregat halus	Ditetapkan	2,67	
20	Berat jenis agregat kasar	Ditetapkan	2,56	
21	Berat jenis agregat campuran	Dihitung	2,60	
22	Berat isi beton segar	Grafik 3	2390	Kg/m ³
23	Kadar agregat gabungan	Row 22 - 12 - 13	1748	Kg/m ³
24	Kadar agregat halus	Row 23 x 17	594,2	Kg/m ³
25	Kadar agregat kasar	Row 23 - 24	1154	Kg/m ³

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.16 Proporsi campuran beton 0 % (1 m³)

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
1	Semen	Tabel formula <i>mix design</i> no. 13	472 Kg
2	Air	Tabel formula <i>mix design</i> no. 12	170 Kg
3	Agregat halus	Tabel formula <i>mix design</i> no. 24	584,2 Kg
4	Agregat kasar	Tabel formula <i>mix design</i> no. 25	1154 Kg

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.17 Campuran beton normal, 8 (silinder)

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
1	Semen	472 x (0,0053 m ³) x (1,1) x silinder	22,02 Kg
2	Air	170 x (0,0053 m ³) x (1,1) x silinder	7,93 Kg
3	Agregat halus	584,2 x (0,0053 m ³) x (1,1) x silinder	27,72 Kg
4	Agregat kasar	1154 x (0,0053 m ³) x (1,1) x silinder	53,80 Kg

Dimana :

0,0053 m³ = volume silinder

1,1 = faktor aman

Tabel 4.18 Campuran beton limbah pecahan keramik 15 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %, 8 (silinder)

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
1	Semen	Tabel formula <i>mix design</i> no. 13	22,02 Kg
2	Air	Tabel formula <i>mix design</i> no. 12	7,77 Kg
3	Agregat halus	Tabel formula <i>mix design</i> no. 24	27,72 Kg
4	Agregat kasar	Tabel formula <i>mix design</i> no. 25	45,73 Kg
5	Limbah pecahan keramik	15 % dari agregat kasar	8,07 Kg
6	Sikacim <i>concrete additive</i>	0,7 % dari berat semen	0,15 Kg

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.19 Campuran beton limbah pecahan keramik 20 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %, 8 (silinder)

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
1	Semen	Tabel formula <i>mix design</i> no. 13	22,02 Kg
2	Air	Tabel formula <i>mix design</i> no. 12	7,77 Kg
3	Agregat halus	Tabel formula <i>mix design</i> no. 24	27,72 Kg
4	Agregat kasar	Tabel formula <i>mix design</i> no. 25	43,04 Kg
5	Limbah pecahan keramik	20 % dari agregat kasar	10,76 Kg

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
6	Sikacim <i>concrete additive</i>	0,7 % dari berat semen	0,15 Kg

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.20 Campuran beton limbah pecahan keramik 25 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %, 8 (silinder)

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
1	Semen	Tabel formula <i>mix design</i> no. 13	22,02 Kg
2	Air	Tabel formula <i>mix design</i> no. 12	7,77 Kg
3	Agregat halus	Tabel formula <i>mix design</i> no. 24	27,72 Kg
4	Agregat kasar	Tabel formula <i>mix design</i> no. 25	40,35 Kg
5	Limbah pecahan keramik	25 % dari agregat kasar	13,45 Kg
6	Sikacim <i>concrete additive</i>	0,7 % dari berat semen	0,15 Kg

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.21 Campuran beton limbah pecahan keramik 30 % dan Sikacim *concrete additive* 0,7 %, 8 (silinder)

No	Material	Keterangan	Jumlah Kebutuhan
1	Semen	Tabel formula <i>mix design</i> no. 13	22,02 Kg
2	Air	Tabel formula <i>mix design</i> no. 12	7,77 Kg
3	Agregat halus	Tabel formula <i>mix design</i> no. 24	27,72 Kg
4	Agregat kasar	Tabel formula <i>mix design</i> no. 25	37,66 Kg
5	Limbah pecahan keramik	30 % dari agregat kasar	16,14 Kg
6	Sikacim <i>concrete additive</i>	0,7 % dari berat semen	0,15 Kg

Sumber: Analisis, 2023

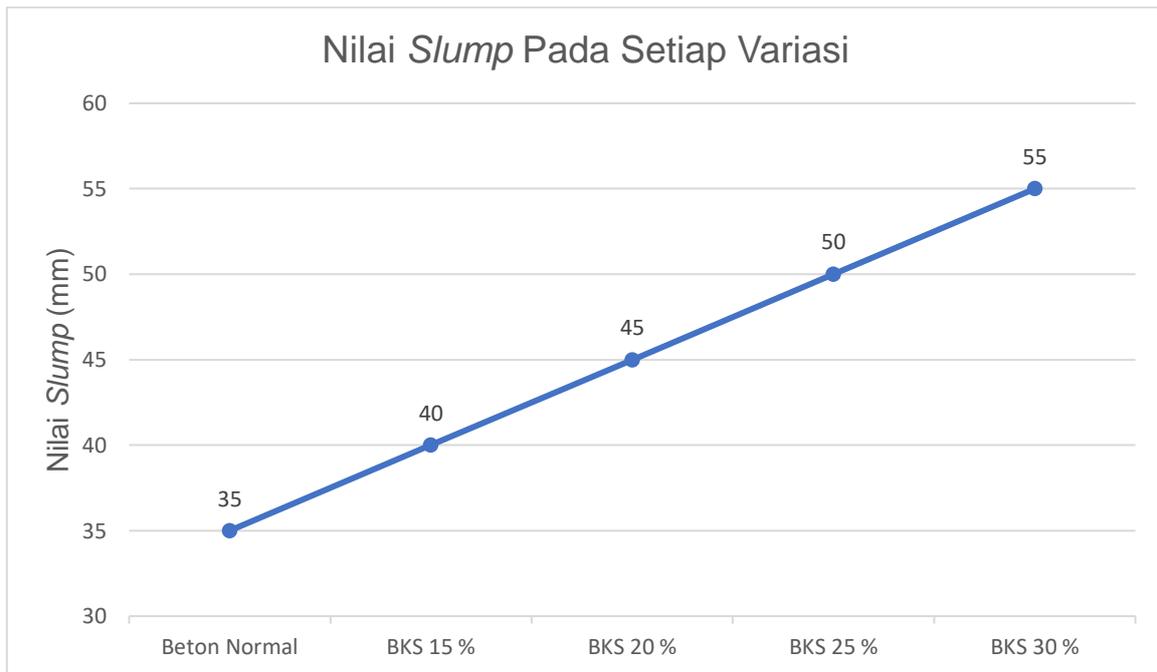
4.3. Nilai *Slump*

Nilai *slump* adalah ukuran konsistensi beton segar untuk mengukur sejauh mana beton mengalir atau deformasi tanpa adanya pemadatan tambahan. Nilai ini memberikan petunjuk tentang kekentalan dan kemudahan pengecoran beton sebelum proses pemadatan atau pengerasan. Menurut SNI 03-2834-2000 tentang uji *slump* adalah 30-60 mm, pada penelitian beton mutu tinggi ini menggunakan nilai FAS rendah yang berarti air sangat sedikit dengan rencana berkisar antara 30-60 mm.

Tabel 4. 22 Hasil uji slump

Benda Uji	Syarat (mm)	Hasil Uji Slump (mm)	Keterangan
BN	30-60	35	Memenuhi
BKS 15 %	30-60	40	Memenuhi
BKS 20 %	30-60	45	Memenuhi
BKS 25 %	30-60	50	Memenuhi
BKS 30 %	30-60	55	Memenuhi

Sumber: Analisis, 2023



Gambar 4.3 Grafik nilai slump

Pada grafik di atas menunjukkan semakin banyak penambahan limbah pecahan keramik dan sikacim *concrete additive* maka semakin tinggi nilai *slump* yang berpengaruh terhadap keenceran dari nilai *slump* beton.

4.4. Analisa Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kemampuan beton menahan beban tekan yang kemudian hasil dari kuat tekan beton ini dilakukan analisa menggunakan *student-T*. Berikut adalah data hasil pengujian kuat tekan beton.

Tabel 4.23 Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari

No	Persentase Tambahan Campuran	Tanggal Pembuatan	Umur Beton	Slump (cm)	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tekan (N)	Luas Silinder (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1	BN	01/12/2023	7	3,5	729	729000	17662,5	41,27	41,21
2			7		720	720000		40,76	
3			7		735	735000		41,61	

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.24 Konversi umur beton

Keterangan	Konversi Umur Beton (hari)						
	0	3	7	14	21	28	90
PBI N.I -2 1971	0	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20
SNI 03-2834-2000	0	0.51	0.73	-	-	1.00	1.22
Beton Normal	0	0.60	0.70	0.82	0.90	1.00	1.07
Beton Mutu Tinggi	0	0.73	0.81	0.88	0.92	1.00	1.12
Beton Ringan	0	0.48	0.58	0.76	0.89	1.00	1.07

Sumber: SNI 03-2847-2002

Tabel 4.25 Data hasil konversi umur pengujian kuat tekan beton

Sampel	Umur	Kuat Tekan (MPa)	Faktor Konversi	Kuat Tekan (MPa) 28 Hari
1	7	41,27	0,81	50,95
2	7	40,76	0,81	50,32
3	7	41,61	0,81	51,37

Sumber: Analisis, 2023

Sebelum adanya pengujian di umur 28 hari, dilakukannya terlebih dahulu pengujian di umur 7 hari pada beton normal. Konversi umur beton ini penting karena sifat dan kekuatan beton dapat mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Pengujian ini dilakukan agar memberikan gambaran dalam perkembangan kekuatan beton yang diinginkan.

Tabel 4.26 Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

No	Persentase Tambahan Campuran	Tanggal Pembuatan	Umur Beton	Slump (cm)	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tekan (N)	Luas Silinder (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1	BN	01/12/23	28	3,5	850	850000	17662,5	48,12	50,08
2			28		895	895000		50,67	
3			28		880	880000		49,82	
4			28		870	870000		49,25	
5			28		885	885000		50,10	
1	BKS 15 %	05/12/2023	28	4	900	900000	17662,5	50,96	55,94
2			28		930	930000		52,65	
3			28		1045	1045000		59,16	
4			28		925	925000		52,37	
5			28		1005	1005000		56,90	
6			28		950	950000		53,79	
7			28		1080	1080000		61,15	

No	Persentase Tambahan Campuran	Tanggal Pembuatan	Umur Beton	Slump (cm)	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tekan (N)	Luas Silinder (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
8			28		1070	1070000		60,58	
1	BKS 20 %	05/12/2023	28	4,5	945	945000	17662,5	53,50	53,79
2			28		1005	1005000		56,90	
3			28		1030	1030000		58,32	
4			28		930	930000		52,65	
5			28		960	960000		54,35	
6			28		800	800000		45,29	
7			28		1090	1090000		61,71	
8			28		840	840000		47,56	
1	BKS 25 %	06/12/2023	28	5	910	910000	17662,5	51,52	49,22
2			28		865	865000		48,97	
3			28		985	985000		55,77	
4			28		825	825000		46,71	
5			28		840	840000		47,56	
6			28		790	790000		44,73	
7			28		860	860000		48,69	
8			28		880	880000		49,82	
1	BKS 30 %	06/12/2023	28	5,5	835	835000	17662,5	47,28	47,52
2			28		880	880000		49,82	
3			28		745	745000		42,18	
4			28		805	805000		45,58	
5			28		815	815000		46,14	
6			28		845	845000		47,84	
7			28		865	865000		48,97	
8			28		925	925000		52,37	

Sumber: Analisis, 2023

4.5. Analisa Uji Student-T

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan rata-rata dari beberapa sampel dan untuk mengukur tingkat signifikansi data yang kemudian diambil rata-rata dari data yang akan diterima. Pada pengujian ini digunakan interval konfidensi 98 % dengan toleransi kesalahan yang diijinkan sebesar 2 %.

Jumlah variabel (k) = 1

Jumlah sampel (n) = 8

Taraf sig. (2 sisi) $\alpha = 2\%$

Derajat bebas $df = n - k = 8 - 1 = 7$

$P = 100\% - \alpha = 100\% - 2\% = 98\% = 0,98$

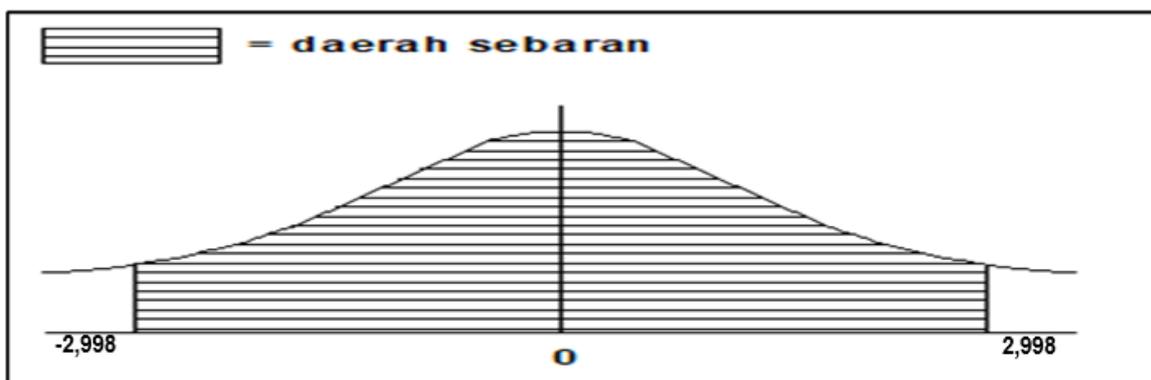
Luas batas kiri kanan = $\frac{1}{2}(1 - 0,98) = 0,01$

$t_p = 0,95 +$ luas daerah yang lebih kecil dari $-t_p = 0,95 + 0,01 = 0,99$

Tabel 4.27 Distribusi ambang batas nilai T tabel (*two tail*)

t Table	T tabel yang digunakan											
	cum. prob one-tail	$t_{.50}$	$t_{.25}$	$t_{.20}$	$t_{.15}$	$t_{.10}$	$t_{.05}$	$t_{.025}$	$t_{.01}$	$t_{.005}$	$t_{.001}$	$t_{.0005}$
	two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df												
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62	
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	13.825	22.327	31.599	
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	7.841	10.215	12.924	
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610	
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869	
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959	
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408	
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.898	3.355	4.501	5.041	
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781	
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587	
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437	
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318	
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221	
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140	
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073	
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015	
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965	
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922	
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883	
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850	
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819	
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792	
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768	
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745	
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725	
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707	
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690	
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674	
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659	
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646	
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551	
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460	
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416	
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390	
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300	
Z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291	
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%	
	Confidence Level											

Berdasarkan tabel 4.27 tentang distribusi ambang batas nilai T tabel (*two tail*), analisa *student-T* menggunakan nilai T tabel = $T_{0,99} = 2,998$ yang artinya bahwa $T_{0,99}$ memiliki ketelitian sebesar 98 % dan nilai T hitung setiap 8 sampel per variasi dari benda uji dapat diterima jika memiliki nilai T hitung yang berada diantara nilai T- tabel dan nilai T+ tabel.



Gambar 4.4 Gaya sebaran berdasarkan nilai T tabel

Penolakan dan penerimaan suatu sampel pengujian ditentukan oleh pemilihan angka dari nilai T tabel sesuai dengan jumlah sampel yang diuji. Nilai T tabel akan semakin teliti datanya apabila nilai T tabel semakin mendekati nilai nol. Nilai T hitung dapat diterima apabila nilai datanya berada diantara dari nilai T tabel yang sudah ditetapkan. Jika sebaliknya, apabila nilai datanya kurang atau lebih dari nilai T tabel yang sudah ditetapkan, maka nilai T hitung ditolak.

Rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad T = \frac{(x_i - \bar{x}) \cdot \sqrt{n}}{S}$$

Dimana :

Σ = Jumlah

S = Standar deviasi

\bar{x} = Nilai rata-rata sampel

T = Nilai T hitung

x_i = Nilai sampel

n = Banyak sampel

Tabel 4.28 Analisa nilai kuat tekan beton dengan uji *student-T* beton normal

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	50,95	50,07	0,875	0,77	1,03	2,40	-2,998	2,998	Diterima
2	50,32		0,245	0,06		0,67			Diterima
3	51,37		1,295	1,68		3,56			Ditolak
4	48,12		-1,955	3,82		-5,37			Ditolak
5	50,67		0,595	0,35		1,63			Diterima
6	49,82		-0,255	0,07		-0,70			Diterima
7	49,25		-0,825	0,68		2,27			Diterima
8	50,10		0,025	0,00		0,07			Diterima
Σ	371,6					7,43			
Rata-rata hasil yang diterima adalah					50,19 MPa				

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.29 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 15 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	50,95	55,94	-5,01	25,11	4,11	-3,45	-2,998	2,998	Ditolak
2	52,65		-3,31	10,96		-2,28			Diterima
3	59,61		3,65	13,31		2,51			Diterima
4	52,08		-3,88	15,06		-2,67			Diterima
5	56,9		0,94	0,88		0,65			Diterima
6	53,78		-2,18	4,76		-1,50			Diterima
7	61,14		5,18	26,82		3,56			Ditolak
8	60,58		4,62	21,33		3,18			Ditolak
Σ	447,69					118,25			
Rata-rata hasil yang diterima adalah					54,97 MPa				

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.30 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 20 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	53,78	53,79	-0,04	0,00	5,42	-0,02	-2,998	2,998	Diterima
2	56,9		3,08	9,50		1,61			Diterima
3	58,31		4,49	20,18		2,34			Diterima
4	52,65		-1,17	1,36		-0,61			Diterima
5	54,35		0,53	0,28		0,28			Diterima
6	45,29		-8,53	72,72		-4,45			Ditolak
7	61,71		7,89	62,29		4,12			Ditolak
8	47,55		-6,27	39,28		-3,27			Ditolak

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
Σ	371,6			135,75					
Rata-rata hasil yang diterima adalah					55,14 Mpa				

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.31 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 25 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	51,52	49,22	1,66	2,76	2,79	1,68	-2,998	2,998	Diterima
2	48,97		-0,89	0,79		-0,90			Diterima
3	55,76		5,90	34,81		5,98			Ditolak
4	46,7		-3,16	9,99		-3,20			Ditolak
5	47,55		-2,31	5,34		-2,34			Diterima
6	49,59		-0,27	0,07		-0,27			Diterima
7	48,97		-0,89	0,79		-0,90			Diterima
8	49,82		-0,04	0,00		-0,04			Diterima
Σ	398,88			54,55					
Rata-rata hasil yang diterima adalah					48,54 Mpa				

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.32 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 30 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	47,27		-0,25	0,06	3,06	-0,23			Diterima
2	49,82		2,30	5,30		2,13			Diterima
3	42,17		-5,35	28,61		-4,95			Ditolak
4	45,57		-1,95	3,80		-1,80			Diterima

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
5	46,14	47,52	-1,38	1,90		-1,28	-2,998	2,998	Diterima
6	47,84		0,32	0,10		0,30			Diterima
7	48,97		1,45	2,11		1,34			Diterima
8	52,37		4,85	23,53		4,49			Ditolak
Σ	380,15			65,41					
Rata-rata hasil yang diterima adalah					47,60 Mpa				

Sumber: Analisis, 2023

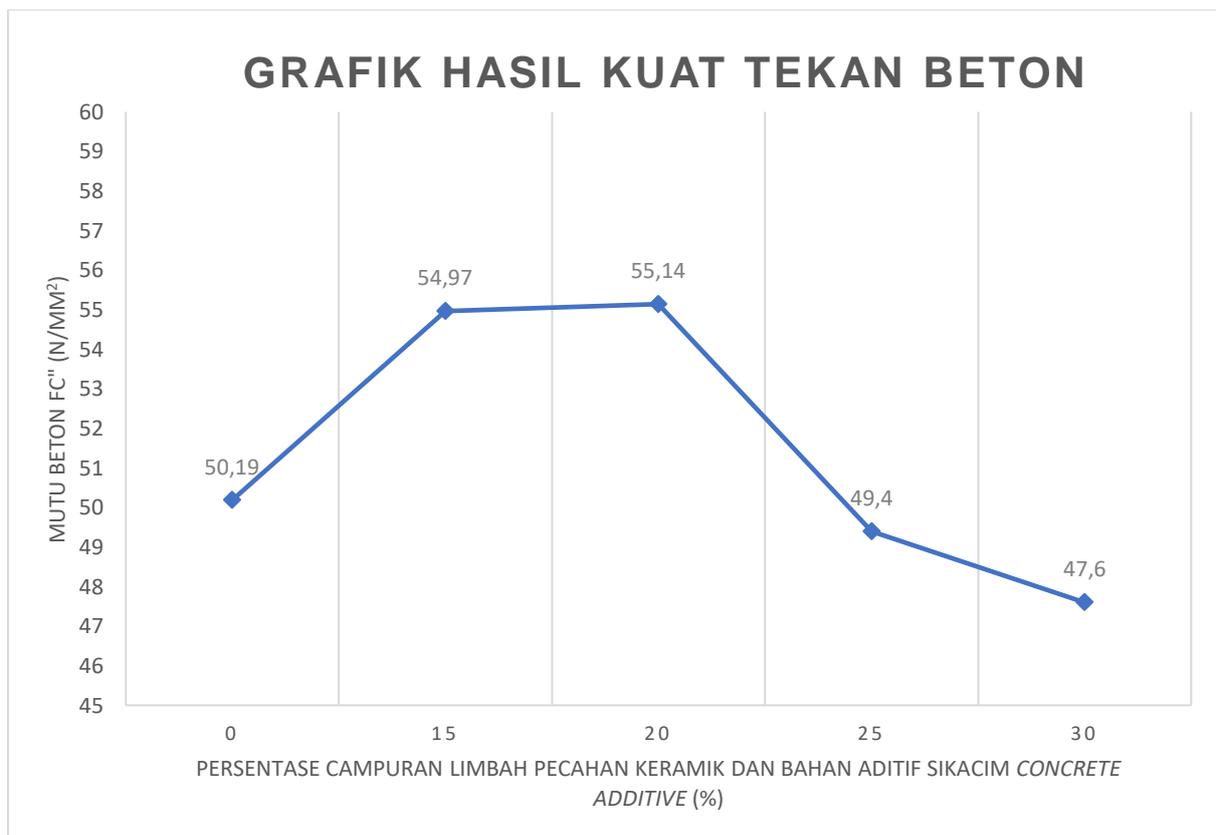
Dalam perhitungan analisa nilai kuat tekan *student-T*, hasil analisa perhitungan terjadi beberapa penolakan di dalam perbandingan hasil akhir. Hasil yang tidak diterima berdasarkan tabel *student-T* yang sudah ditetapkan berdasarkan nilai kritis ambang batas yaitu T tabel = $T_{0,99} = 2,998$ dengan masing-masing persentase tambahan campuran yaitu:

Tabel 4.33 Rekapitulasi hasil *student-T* yang diterima

No	Variasi Campuran	Hasil Kuat Tekan	Rata-Rata	Keterangan
1	Beton normal	50,95	50,19	Diterima
		50,32		Diterima
		50,67		Diterima
		49,82		Diterima
		49,25		Diterima
		50,10		Diterima
2	Limbah pecahan keramik 15 % dan sikacim <i>concrete additive</i> 0,7 %	52,65	54,97	Diterima
		59,61		Diterima
		52,08		Diterima
		56,90		Diterima
		53,78		Diterima
3	Limbah pecahan keramik 20 % dan sikacim	53,78	55,14	Diterima
		56,90		Diterima
		58,31		Diterima
		52,65		Diterima

No	Variasi Campuran	Hasil Kuat Tekan	Rata-Rata	Keterangan
	concrete additive 0,7 %	54,35		Diterima
4	Limbah pecahan keramik 25 % dan sikacim concrete additive 0,7 %	51,52	48,54	Diterima
		48,97		Diterima
		47,55		Diterima
		49,59		Diterima
		48,97		Diterima
		49,82		Diterima
5	Limbah pecahan keramik 30 % dan sikacim concrete additive 0,7 %	47,27	47,60	Diterima
		49,82		Diterima
		45,57		Diterima
		46,14		Diterima
		47,84		Diterima
		48,97		Diterima

Sumber : Analisis, 2023

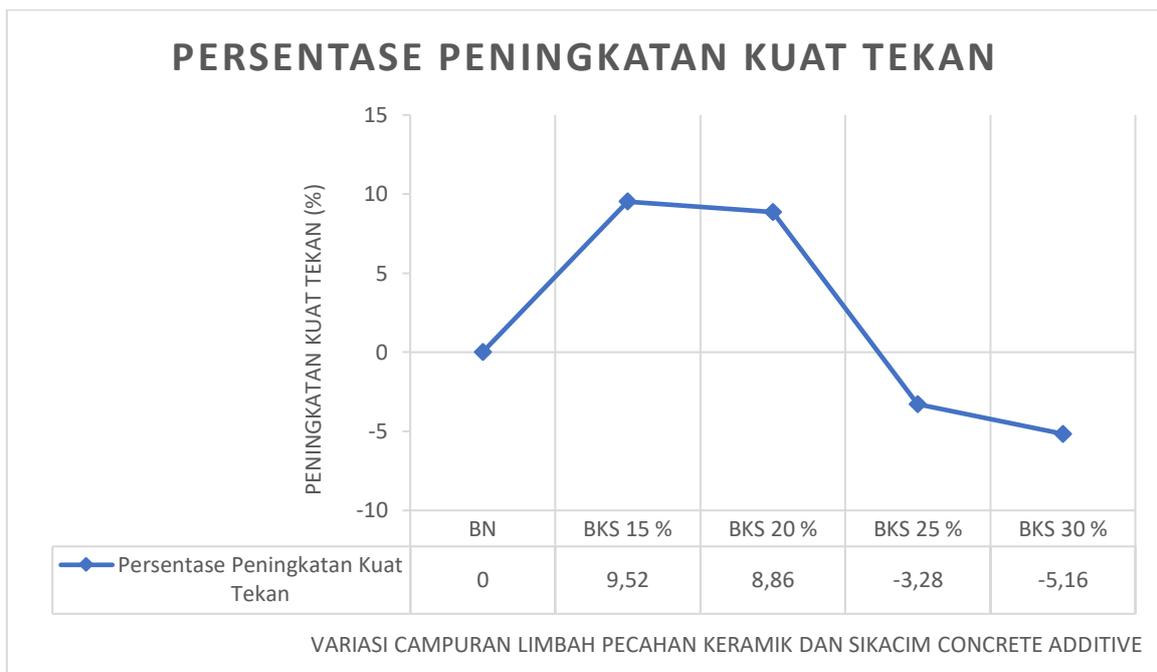


Gambar 4. 5 Grafik hasil kuat tekan beton dengan uji *student-T*

Tabel 4.34 Persentase perubahan kuat tekan rata-rata

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Persentase Peningkatan Kuat Tekan (%)
BN	50,19	0
BKS 15 %	54,97	9,52
BKS 20 %	55,14	9,86
BKS 25 %	48,54	-3,28
BKS 30 %	47,60	-5,16

Sumber: Analisis, 2023



Gambar 4.6 Grafik peningkatan kuat tekan

Dari gambar 4.5. grafik di atas diketahui bahwa hasil uji kuat tekan beton pada persentase 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % yaitu sebesar 50,19 MPa, 54,97 MPa, 55,14 MPa, 48,54 MPa, dan 47,60 MPa. Pada persentase 20 % memiliki kuat tekan paling tinggi sebesar 55,14 MPa dan pada persentase 30 % memiliki kuat tekan paling rendah sebesar 47,60 MPa, namun penurunan dari persentase 30 % ini masih diatas mutu beton rencana. Penurunan kuat tekan disebabkan karena persentase pengurangan agregat kasar semakin banyak sehingga berpengaruh terhadap kekuatan beton.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka didapat beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Penambahan limbah pecahan keramik 15 %, 20 %, 25 %, 30 % terhadap agregat kasar dan sikacim *concrete additive* 0,7 % dari berat semen mempunyai pengaruh terhadap nilai *slump*, beton dengan persentase 15 % mendapatkan nilai *slump* terendah yaitu sebesar 40 mm dan persentase 30 % mendapatkan nilai *slump* tertinggi yaitu sebesar 55 mm.
2. Hasil analisis didapatkan dengan campuran limbah pecahan keramik 20 % terhadap agregat kasar dan sikacim *concrete additive* 0,7 % dari berat semen mendapatkan nilai rata-rata paling tinggi sebesar 55,14 MPa.
3. Persentase campuran limbah pecahan keramik 15 % dengan sikacim *concrete additive* variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 54,97 MPa. Pada persentase campuran limbah pecahan keramik 20 % dengan sikacim *concrete additive* variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 55,14 MPa. Pada persentase campuran limbah pecahan keramik 25 % dengan sikacim *concrete additive* variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 48,54 MPa. Pada persentase campuran limbah pecahan keramik 30 % dengan sikacim *concrete additive* variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 47,60 MPa

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm). *Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 200(200)*, 1–6.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Sni 03-6468-2000 Tata cara perencanaan campuran tinggi dengan semen portland dengan abu terbang* (p. 18).
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 20*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. SNI 03-1969-1990.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. SNI 03-1969-1990.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. SNI 03-1971-1990.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. SNI 03-1974-1990.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus. SNI 03-1968-1990.
- Eka Purnamasari, F. F. (2023). Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton. 11, 88-94.
- Kusuma Wulandari, D. S. (2022). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton Mutu Tinggi. 1, 354-359.
- Laboratorium Teknik Sipil, F. T. (2021). Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi.
- Moh Azhar, I. K. (2022). Rekayasa Material Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Komposit. XI, 56-62.
- Mulyati, & Arafan, B. F. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Kertas Dan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Seminar Nasional SPI-4*. <https://doi.org/10.21063/SPI4.2019.q>
- Novrianti, R. R. (2014). Pengaruh Aditif Sikacim Terhadap Campuran Beton K-350 Ditinjau Dari Kuat Tekan Beton. 2, 64-69.
- Rahmat Muhlis Mohamad, D. A. (2020). Kuat Tekan Beton Untuk Mutu Tinggi 45 MPa Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen. 8, 25-33.

SNI-1972. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.

SNI 03-1971-1990. (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. *Badan Standarisasi Nasional*, 27(5), 6889.

SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.

Suwarno, & Nursandah, F. (2019). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Koral Pada Campuran Beton Mutu Tinggi. *Jurnal CIVILLa*, 4(2), 256–261.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Penimbangan agregat kasar



Lampiran 2 Perendaman material agregat halus



Lampiran 3 Perendaman material agregat kasar



Lampiran 4 Oven material agregat halus dan kasar



Lampiran 5 Analisa saringan agregat halus



Lampiran 6 Analisa saringan agregat kasar



Lampiran 7 Material agregat halus dan agregat kasar



Lampiran 8 Proporsi campuran *mix design*



Lampiran 9 Mix design



Lampiran 10 Uji slump



Lampiran 11 Proses *curing* beton



Lampiran 12 Pengujian kuat tekan beton.

Lampiran 1

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

Jakarta, 01 Desember 2023

Hal : Tugas Akhir
Lamp : 1. Foto Copy Transkrip
2. Foto Copy Tanda Bukti
Pembayaran K.R.S

Kepada Yth,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UMJ
di - Jakarta

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yang bertanda tangan dibawah ini saya:

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Jurusan : **Teknik Sipil**

Mengajukan permohonan untuk melaksanakan Tugas Akhir di dalam semester ganjil, dimana persyaratan yang telah memungkinkan untuk pengambilan mata kuliah seperti dibawah ini disertai bukti – bukti terlampir :

1. Telah mengambil mata kuliah > 110 SKS atau semester 1 s/d VIII
2. Telah melunasi biaya kuliah (uang pokok dan pembayaran SKS Tugas Akhir)
3. Telah menyelesaikan Tugas Besar dari semester 1 s/d VIII dan tanda buktinya.
4. Telah lulus Ujian Seminar

Demikian permohonan ini saya ajukan untuk mendapatkan persetujuan. Atas persetujuan tersebut saya ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pemohon,



Wisnu Segara Hermanto

Tembusan :

1. Koordinator Tugas Akhir
2. Arsip

Lampiran 2

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

PENGAJUAN TUGAS AKHIR

1. Permohonan No. : 027/F4.1.1-UMJ/TA/XI/2023
2. Tanggal : 23 November 2023
3. Materi Pembahasan : Material Konstruksi
4. Judul Tugas Akhir : Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum 45 MPa
5. Tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
6. Tugas Akhir ini dibuat oleh :
Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041

Jakarta, 01 Desember 2023

Disetujui oleh,
Pembimbing I

Tanjung Rahayu, ST., MT.

Mengetahui / Menyetujui
Ketua Program Studi Teknik Sipil FT – UMJ

Ir. Trijeti, MT.

Lampiran 3

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

PENGAJUAN TUGAS AKHIR

1. Permohonan No. : 027/F4.1.1-UMJ/TA/XI/2023
2. Tanggal : 23 November 2023
3. Materi Pembahasan : Material Konstruksi
4. Judul Tugas Akhir : Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum 45 MPa
5. Tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
6. Tugas Akhir ini dibuat oleh :
Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041

Jakarta, 01 Desember 2023

Disetujui oleh,
Pembimbing II

Andika Setiawan, ST., MT.

Mengetahui / Menyetujui
Ketua Program Studi Teknik Sipil FT – UMJ

Ir. Trijeti, MT.

Lampiran 4

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

Jakarta, 01 Desember 2023

Nomor : 027/F4.1.1-UMJ/TA/XI/2023
Hal : **Bimbingan Tugas Akhir**

Kepada Yth,
Tanjung Rahayu, ST., MT.
Dosen Pembimbing I
di - Jakarta

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini :

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Jurusan : Teknik Sipil FT – UMJ

Sudah dapat diijinkan untuk mengambil Tugas Akhir dibawah bimbingan saudara.

Sebagai tambahan kami sampaikan bahwa Tugas Akhir ini harus diselesaikan oleh mahasiswa ybs. Pada akhir semester Ganjil / Genap 2023 / 2024, dengan catatan bila pada waktu tersebut Tugas Akhir belum selesai, maka Tugas Akhir tersebut dapat dilanjutkan setelah mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan.

Demikian atas kesediaan dan persetujuannya, kami ucapkan terimakasih

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Trijeti, MT.

Lampiran 5

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

Jakarta, 01 Desember 2023

Nomor : 027/F4.1.1-UMJ/TA/XI/2023
Hal : **Bimbingan Tugas Akhir**

Kepada Yth,
Andika Setiawan, ST., MT.
Dosen Pembimbing II
di - Jakarta

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini :

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Jurusan : Teknik Sipil FT – UMJ

Sudah dapat diijinkan untuk mengambil Tugas Akhir dibawah bimbingan saudara.

Sebagai tambahan kami sampaikan bahwa Tugas Akhir ini harus diselesaikan oleh mahasiswa ybs. Pada akhir semester Ganjil / Genap 2023 / 2024, dengan catatan bila pada waktu tersebut Tugas Akhir belum selesai, maka Tugas Akhir tersebut dapat dilanjutkan setelah mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan.

Demikian atas kesediaan dan persetujuannya, kami ucapkan terimakasih

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Trijeti, MT.

Lampiran 6

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

TANDA BUKTI PERSETUJUAN
BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Tanjung Rahayu, ST., MT.
Dosen Pembimbing : I (satu)
Jurusan : Teknik Sipil FT – UMJ

Dengan ini menyatakan persetujuan untuk membimbing mahasiswa dibawah ini dalam menyelesaikan Tugas Akhir :

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Judul : Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum 45 Mpa.
Tahun Ajaran : 2023 / 2024

Jakarta, 01 Desember 2023

Mahasiswa Yang Bersangkutan

Dosen Pembimbing I



Wisnu Segara Hermanto

Tanjung Rahayu, ST., MT.

Mengetahui dan Menyetujui

Ketua Program Studi Teknik Sipil FT – UMJ

Ir. Trijeti, MT

Lampiran 7

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

TANDA BUKTI PERSETUJUAN
BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Andika Setiawan, ST., MT.
Dosen Pembimbing : II (dua)
Jurusan : Teknik Sipil FT – UMJ

Dengan ini menyatakan persetujuan untuk membimbing mahasiswa dibawah ini dalam menyelesaikan Tugas Akhir :

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Judul : Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan
Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum 45
Mpa.
Tahun Ajaran : 2023 / 2024

Jakarta, 01 Desember 2023

Mahasiswa Yang Bersangkutan

Dosen Pembimbing I



Wisnu Segara Hermanto

Tanjung Rahayu, ST., MT.

Mengetahui dan Menyetujui

Ketua Program Studi Teknik Sipil FT – UMJ

Ir. Trijeti, MT.

Lampiran 10

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

Jakarta, 01 Desember 2023

Nomor : 027/F4.1.1-UMJ/TA/XI/2023
Hal : **Perpanjangan Bimbingan Tugas Akhir**

Kepada Yth,
Tanjung Rahayu, ST., MT.
Dosen Pembimbing II
di - Jakarta

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini :

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Jurusan : Teknik Sipil FT – UMJ

Sudah dapat diijinkan untuk mengambil Tugas Akhir dibawah bimbingan saudara.

Sebagai tambahan kami sampaikan bahwa Tugas Akhir ini harus diselesaikan oleh mahasiswa ybs. Pada akhir semester Ganjil / Genap 2023 / 2024, dengan catatan bila pada waktu tersebut Tugas Akhir belum selesai, maka Tugas Akhir tersebut dapat dilanjutkan setelah mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan.

Demikian atas kesediaan dan persetujuannya, kami ucapkan terimakasih

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Trijeti, MT.

Lampiran 11

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN SIPIL

Jakarta, 01 Desember 2023

Nomor : 027/F4.1.1-UMJ/TA/XI/2023
Hal : **Perpanjangan Bimbingan Tugas Akhir**

Kepada Yth,
Andika Setiawan, ST., MT.
Dosen Pembimbing II
di - Jakarta

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini :

Nama : Wisnu Segara Hermanto
No. Pokok : 2018410041
Jurusan : Teknik Sipil FT – UMJ

Sudah dapat diijinkan untuk mengambil Tugas Akhir dibawah bimbingan saudara.

Sebagai tambahan kami sampaikan bahwa Tugas Akhir ini harus diselesaikan oleh mahasiswa ybs. Pada akhir semester Ganjil / Genap 2023 / 2024, dengan catatan bila pada waktu tersebut Tugas Akhir belum selesai, maka Tugas Akhir tersebut dapat dilanjutkan setelah mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan.

Demikian atas kesediaan dan persetujuannya, kami ucapkan terimakasih

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Trijeti, MT.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Wisnu Segara Hermanto
Nim : 2018410041
Judul Tugas Akhir : Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum di 45 Mpa
Tahun Akademik : 2022 / 2023
Pembimbing I : Tanjung Rahayu, ST., MT.
Pembimbing II : Andika Setiawan, ST., MT.

No	Hari/Tanggal	Catatan Pembimbing	Paraf
1.	2 November 2023	<ul style="list-style-type: none">- gunakan material yang memenuhi spesifikasi SNI- cari informasi material pada perusahaan beton ready mix	
2.	23 November 2023	<ul style="list-style-type: none">- pengujian material mengacu pada standar- cari nilai standar untuk mutu agregat halus dan kasar	
3.	29 November 2023	<ul style="list-style-type: none">- pelajari perhitungan <i>mix design</i> berdasarkan SNI- perbaiki grafik fas	
4.	11 Januari 2023	<ul style="list-style-type: none">- kuat tekan beton rata-rata diambil dari pengujian kuat tekan yang telah diuji statistik student t- cantumkan nilai standar untuk hasil uji material	
5.	16 Januari 2024	<ul style="list-style-type: none">- perbaiki penulisan judul tabel- beri penjelasan perhitungan volume dan faktor aman- cek berat semen yang dibutuhkan- buat tabel sendiri untuk hasil uji tekan pada 7 hari- gunakan konversi kuat tekan dari 7 hari ke 28 hari	

6.	25 Januari 2024	<ul style="list-style-type: none"> - tambahkan sumber konversi kuat tekan - buat tabel student t yang diterima, bukan yang ditolak - beri grafik dan penjelasan 	
7.	1 Februari 2024	<ul style="list-style-type: none"> - Lengkapi daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel - tambahkan abstrak - sesuaikan rumusan masalah, tujuan, dan hipotesis - cantumkan standar yang digunakan untuk menentukan nilai <i>slump</i> - perjelas arti grafik perubahan nilai <i>slump</i> - cek sumber tabel konversi umur beton. Apakah dalam PBI'71 sudah ada SNI dan peraturan beton mutu tinggi? - Tambahkan penjelasan di bawah grafik kuat tekan bahwa terjadi peningkatan. Ada penurunan namun masih di atas mutu beton rencana - tabel peningkatan dipindah ke bawah dan beri grafik serta penjelasan - Sesuaikan dengan rumusan masalah, tujuan, hipotesis, dan kesimpulan - tambahkan daftar pustaka 	
8	7 Februari 2024	<i>ACC untuk Sidang TA</i>	

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Wisnu Segara Hermanto
Nim : 2018410041
Judul Tugas Akhir : Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum di 45 Mpa
Tahun Akademik : 2022 / 2023
Pembimbing I : Tanjung Rahayu, ST., MT.
Pembimbing II : Andika Setiawan, ST., MT.

No	Hari/Tanggal	Catatan Pembimbing	Paraf
1.	1 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none">- uji kuat tekan 7 hari dari 3 sampel beton normal- timbang beton- cari jurnal beton mutu rendah- cari jurnal perhitungan statistik beton terhadap kuat tekan	
2.	15 Desember 2023	<ul style="list-style-type: none">- uji kuat tekan 14 dari 1 sampel dari setiap variasi- perbaiki penulisan bab I dan bab III	
3.	8 Januari 2023	<ul style="list-style-type: none">- perbaiki identifikasi masalah diubah menjadi sebuah pernyataan- perbaiki penulisan tujuan penelitian	
4.	12 Januari 2024	<ul style="list-style-type: none">- perbaiki penulisan flowchart bab III menggunakan aplikasi microsoft visio- tambahkan tabel 3.1 penambahan limbah pecahan keramik- hasil dari perhitungan di bab IV menjawab perhitungan di bab III	

		<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki penulisan di sub bab 3.10. - lampirkan data hasil analisis kuat tekan dan student-t 	
5.	15 Januari 2024	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki penulisan di tujuan penelitian untuk menjawab hipotesis - tambahkan tabel 3.1 pengurangan airnya - perbaiki penulisan di sub bab 4.2 - perbaiki penulisan di sub bab 4.3 - perbaiki tabel lalu diberikan repeat header row - perbesar gambar tabel analisa uji student t 	
6.	26 Januari 2024	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki penulisan cover - perbaiki daftar isi - perbaiki penulisan tujuan penelitian dan hipotesis bab I - perbaiki penulisan sub bab 3.10 - perbaiki tabel 4.2. - perbaiki penulisan tabel 4.17 - buat tabel di bab IV tentang perubahan persentase dari kuat tekan rencana 	
7.	03 Februari 2024	<ul style="list-style-type: none"> - lengkapi daftar isi, daftar gambar dan tabel - tambahkan abstrak - perbaiki keterangan dari grafik nilai slump - ketik tabel 4.24 konversi umur beton - tampilkan korelasi yang terjadi dari grafik nilai kuat tekan setiap variasi - perbaiki penulisan bab V - tambahkan daftar isi 	
8.	07 Februari 2024	<i>Disetujui untuk sidang Tugas Akhir</i>	



Universitas Muhammadiyah Jakarta



Rasio Optimal Bahan Aditif Sikacim dan Limbah Pecahan Keramik Untuk Mencapai Kuat Tekan Beton Minimum 45 MPa

Wisnu Segara Hermanto 2018410041

Dosen Pembimbing

Tanjung Rahayu, ST., MT.

Andika Setiawan ST., MT.

Daftar Isi

01. PENDAHULUAN

Latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, hipotesis dan *fishbone*

03. METODOLOGI

Alur penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian

02. LANDASAN TEORI

Landasan teori, bahan material dan *mix design*

04. HASIL PENELITIAN

pengujian material, analisa kuat tekan, analisis data

05. KESIMPULAN



Latar Belakang

Beton merupakan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar. Sesuai dengan perkembangan teknologi, keperluan beton yang kukuh serta kuat semakin diminati. Beton mutu tinggi yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Banyak penelitian dan percobaan sudah dilakukan sebagai cara untuk meningkatkan kualitas beton dan dijadikan inovasi terbaru. Dengan demikian penelitian ini ialah mengkombinasikan antara bahan tambah admixture sikacim dan limbah pecahan keramik yang diharapkan dapat mencapai nilai kuat tekan minimum 45 MPa dengan memanfaatkan rasio optimal dari bahan aditif Sikacim dan limbah pecahan keramik untuk campuran beton mutu tinggi

Identifikasi Masalah

1.

Perkembangan dibidang pembangunan yang mengalami peningkatan dengan penggunaan material keramik sehingga membuat limbah keramik menjadi tumpukan sampah

2.

Pecahan keramik sulit didaur ulang karena komposisi dan sifatnya yang keras sehingga menyebabkan volume limbah meningkat

3.

Rendahnya pemanfaatan pada sisa pecahan keramik

Rumusan Masalah

1.

Apakah limbah pecahan keramik sebagai bahan pengganti dari agregat kasar dalam campuran beton dapat mempengaruhi nilai *slump* beton?

2.

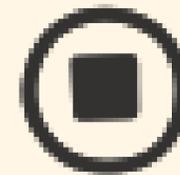
Berapa rasio optimal campuran sikacim *concrete additive* dan limbah pecahan keramik untuk mencapai kuat tekan minimum 45 MPa?

3.

Bagaimana perbandingan antara nilai kuat tekan yang didapatkan dari masing-masing variasi yang sudah direncanakan?

Batasan Masalah

- Pengujian penelitian dilakukan di Lab. Teknik Sipil Univ. Muhammadiyah Jakarta
- Mutu beton yang ditargetkan pada umur 28 hari adalah 45 MPa
- Bahan penambah limbah pecahan keramik dengan variasi 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % terhadap agregat kasar dan sikacim *concrete additive* dengan variasi 0,7 % dari berat semen
- Limbah pecahan keramik adalah limbah yang dihasilkan dari limbah pekerjaan konstruksi dan bahan bakunya menggunakan keramik lantai
- Agregat halus menggunakan pasir Tayan dan Agregat kasar menggunakan batu pecah dari Pamoyanan Bogor
- Semen yang digunakan adalah semen tipe I
- Cetakan benda uji berbentuk silinder ($d=15\text{cm}$, $t=30\text{cm}$)
- Metode *mix design* menggunakan ketentuan SNI 03-2834-2000 dan SNI 03-6468-2000
- Pembuatan benda uji menggunakan ketentuan dari ASTM C31
- Benda uji dibuat 5 variasi dengan total 8 buah sampel beton dari masing-masing variasi rasio.





Tujuan Penelitian

- Mengetahui pengaruh dari penambahan limbah pecahan keramik dan sikacim *cocnrete additive* terhadap nilai *slump*
 - Menganalisis nilai kuat tekan tertinggi berdasarkan persentase beton campuran yang dapat mencapai kuat tekan minimum 45 MPa
 - Mengetahui persentase antara nilai kuat tekan yang didapatkan dari masing-masing variasi yang sudah direncanakan.
- 
- 

Hipotesis

1.

Semakin tinggi campuran limbah pecahan keramik dan sikacim *concrete additive* dalam beton maka semakin tinggi nilai *slump*

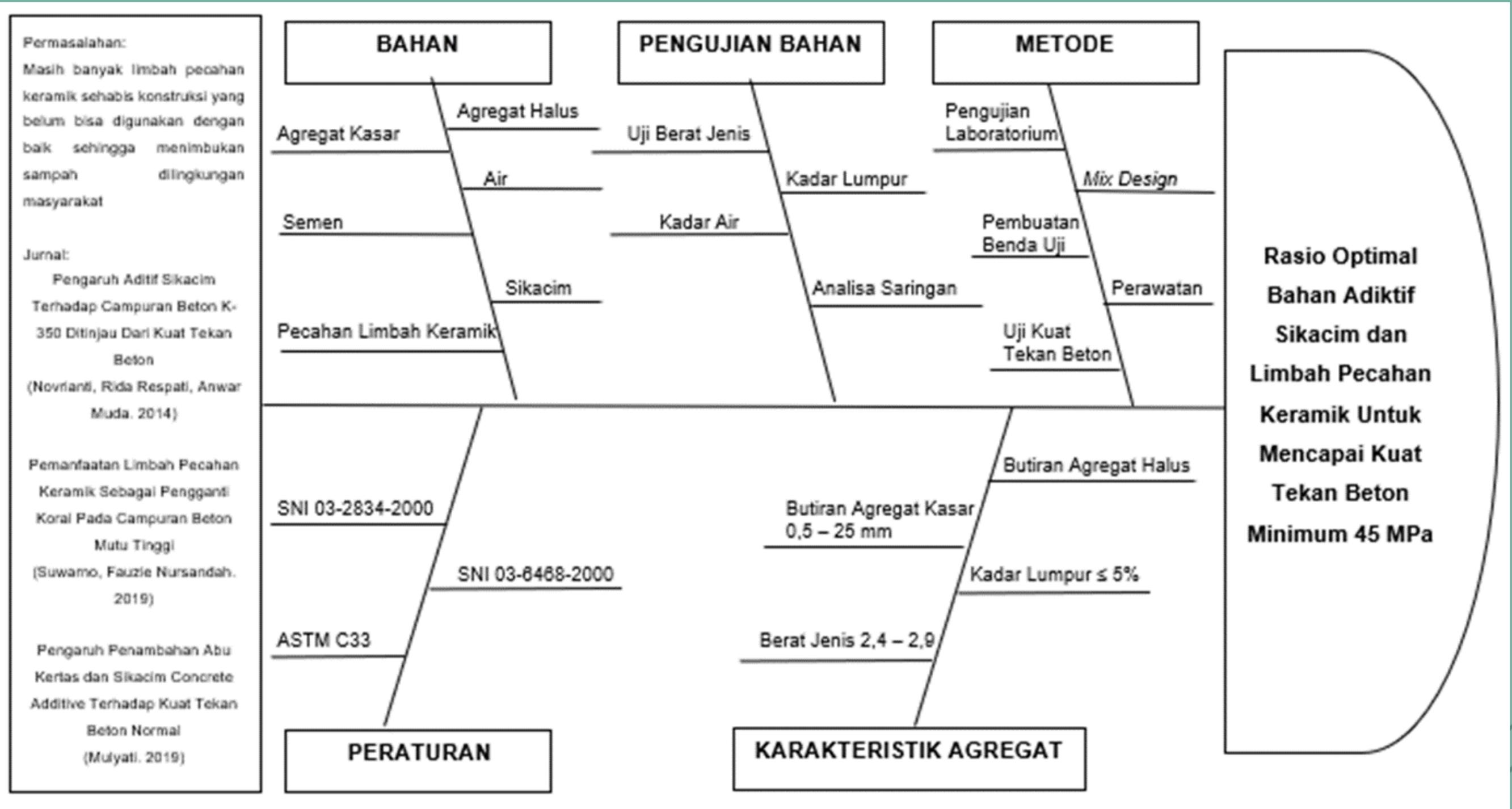
2.

Campuran dari sikacim *concrete additive* dan limbah pecahan keramik mendapatkan nilai kuat tekan yang optimal di variasi 15 % dan mencapai kuat tekan minimum 45 MPa

3.

Semakin tinggi persentase campuran variasi limbah pecahan keramik maka semakin tinggi rendah mutu betonnya.

Fishbone



Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Volume agregat pada campuran beton adalah $\pm 70\%$ volume beton, oleh karena itu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, serta memberi pengaruh terhadap kekuatan pada beton. Sehingga kualitas dari agregat sangat berpengaruh terhadap mutu beton yang dihasilkan



Agregat



Halus

Menurut (Tjokorordimuljo, 2007), agregat halus mempunyai ukuran butir 0,15 mm – 5 mm. Menurut SNI 03-2834-2000, kekasaran pasir dapat dibedakan menjadi empat kelompok menurut gradasinya



Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm, agregat kasar harus memiliki besar butiran 4,75 mm - 40 mm.



Semen Portland

Semen portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (hydraulic binder) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Bahan utama untuk pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali.

Bahan Tambah

Bahan tambah (admixture) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran beton berlangsung. Suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran material beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat dan karakteristik beton. karena penggunaan bahan tambah tersebut cenderung sebagai substitusi campuran beton itu sendiri.



Bahan Tambah



Sikacim Concrete Additive

Sikacim adalah obat beton yang diformulasikan khusus untuk industri beton karena sangat efektif untuk mempercepat proses pengerasan dengan karakteristik workability tinggi pada beton.



Limbah Pecahan Keramik

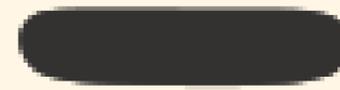
Keramik merupakan material yang kuat, keras dan juga tahan korosi, dengan perkembangan dan pengetahuan keramik merupakan material yang dibuat dari bahan anorganik non logam pada suhu yang tinggi





Mix Design

Mix design adalah proses memilih bahan-bahan campuran beton yang tepat dan mempertimbangkan kuantitas ketergantungan dari bahan-bahan tersebut dengan indikator syarat kualitas mutu beton, kekuatan (strength), ketahanan (durability) dan kemudahan pengerjaan (workability) serta nilai ekonomis yang didapat. Pada penelitian ini perencanaan proporsi campuran beton kekuatan tinggi menggunakan metode SNI 03-6468-2000.





x -

Slump

Slump adalah ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam millimeter, ditentukan dengan alat kerucut Abrams. Slump menentukan Kualitas sebuah mix design beton



x -

Perawatan Beton

Proses curing pada beton memainkan peran penting pada pengembangan kekuatan dan daya tahan beton. Proses ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu, baik dalam beton maupun di permukaan beton dalam periode waktu tertentu

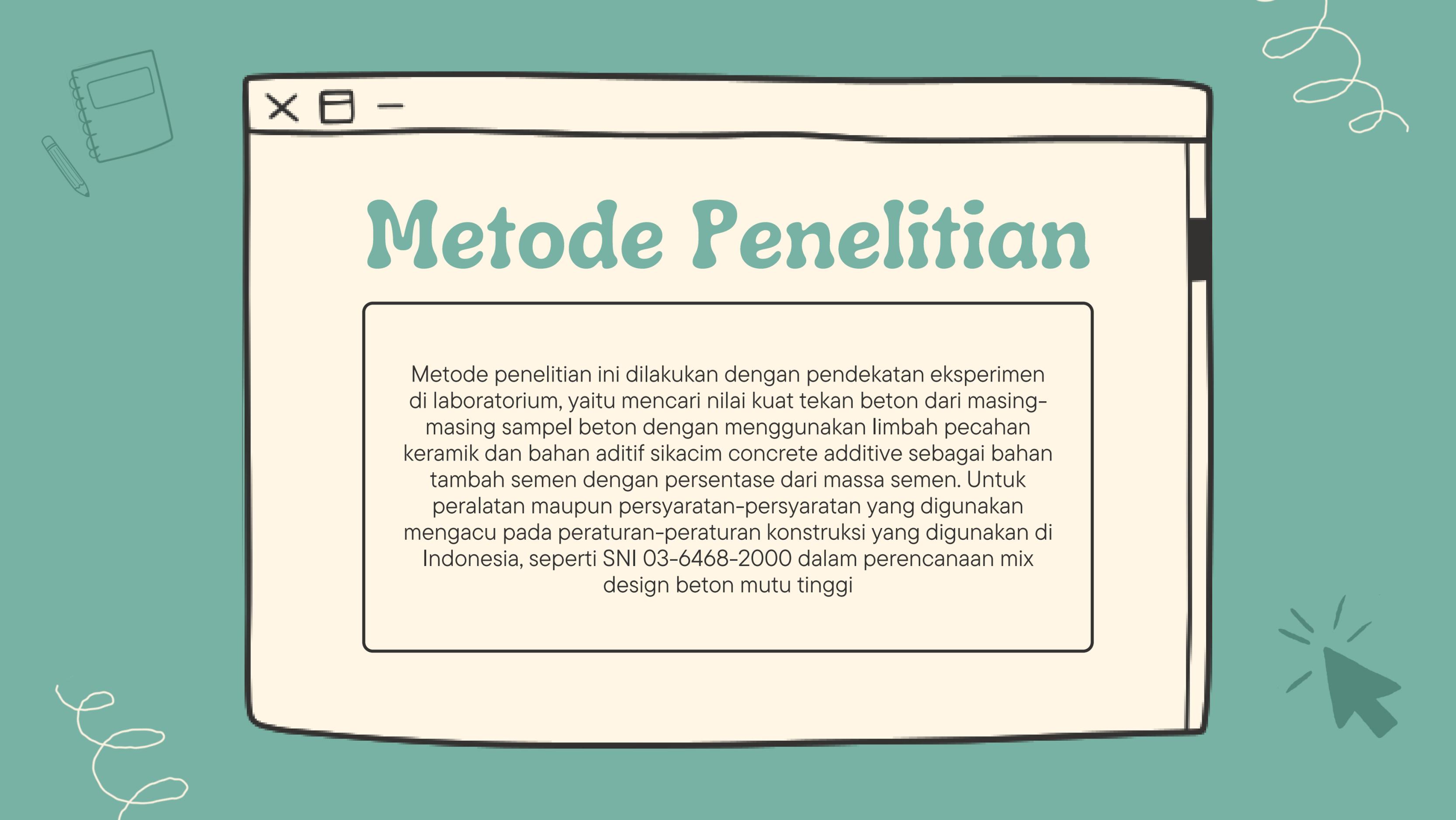


x -

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.



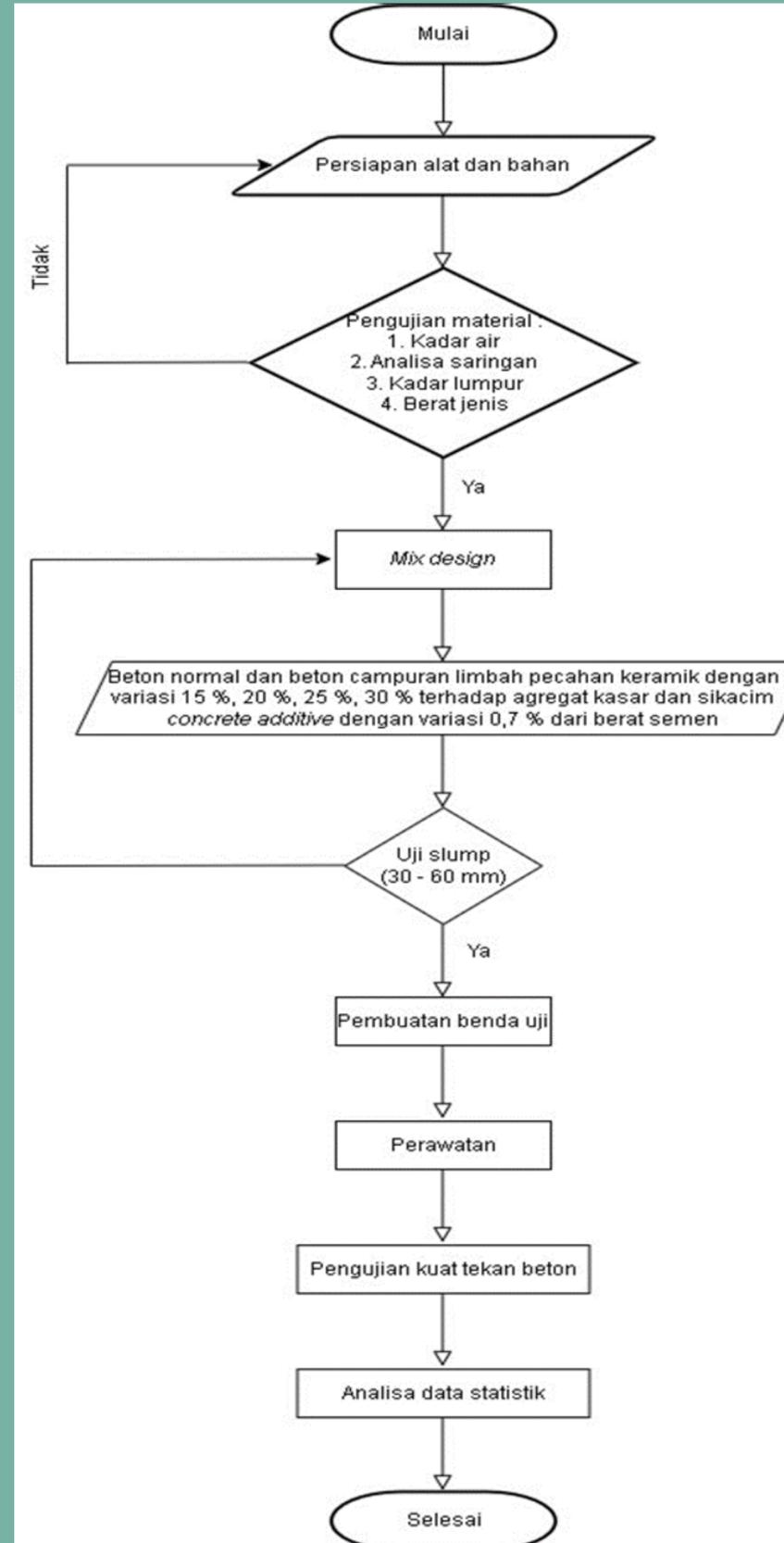


Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen di laboratorium, yaitu mencari nilai kuat tekan beton dari masing-masing sampel beton dengan menggunakan limbah pecahan keramik dan bahan aditif sikacim concrete additive sebagai bahan tambah semen dengan persentase dari massa semen. Untuk peralatan maupun persyaratan-persyaratan yang digunakan mengacu pada peraturan-peraturan konstruksi yang digunakan di Indonesia, seperti SNI 03-6468-2000 dalam perencanaan mix design beton mutu tinggi

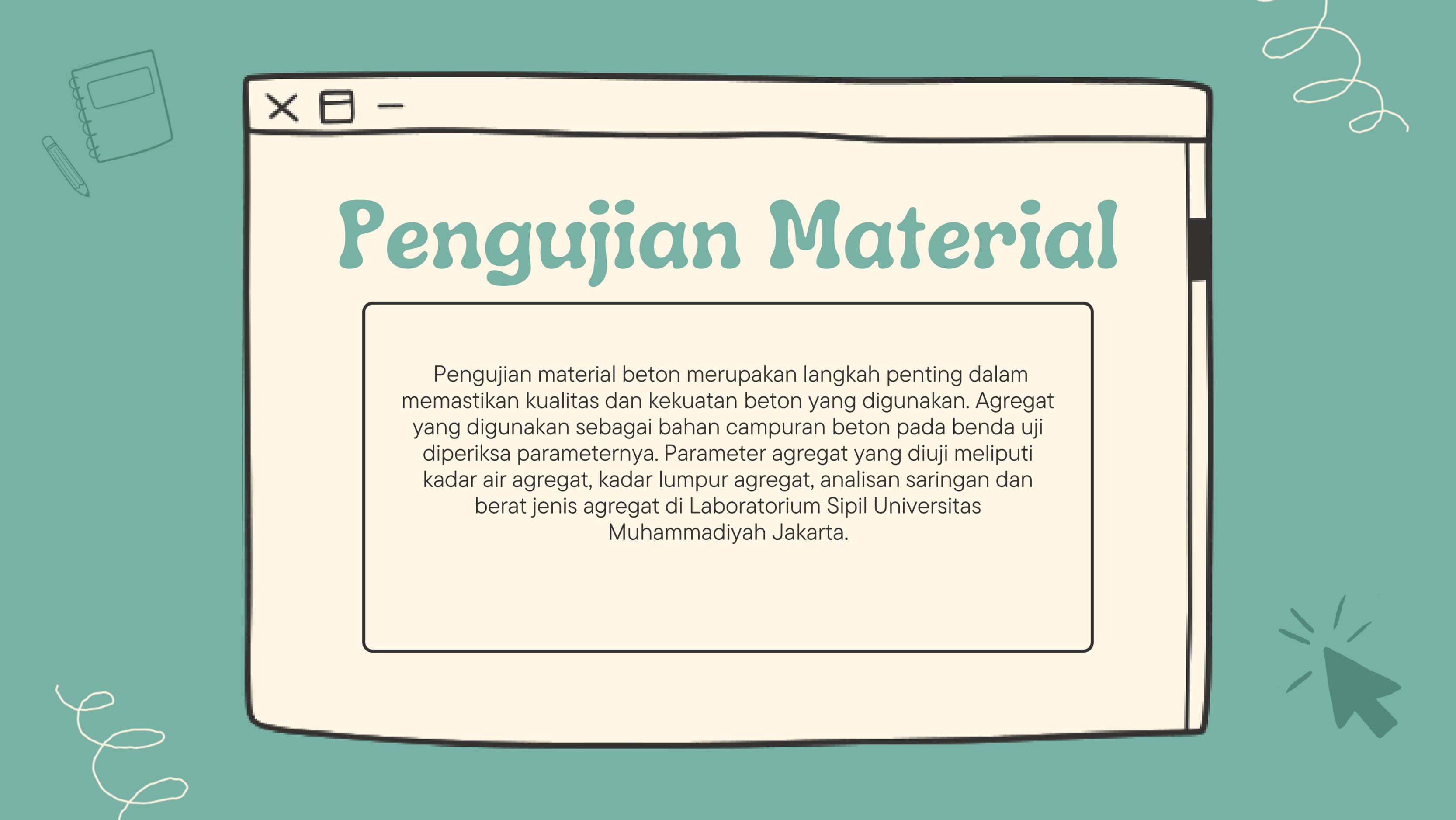


Flowchart Penelitian



Variasi Campuran

Dalam penelitian ini adalah beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah berupa limbah pecahan keramik dengan variasi 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 % terhadap agregat kasar dan sikacim concrete additive 0.7 % dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton akan dilakukan sebanyak 40 sampel yang terbagi menjadi 8 uji sampel pada setiap variasi rasio campuran. Dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, kemudian pengujian akan dilakukan pada umur rencana beton 28 hari.



Pengujian Material

Pengujian material beton merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas dan kekuatan beton yang digunakan. Agregat yang digunakan sebagai bahan campuran beton pada benda uji diperiksa parameternya. Parameter agregat yang diuji meliputi kadar air agregat, kadar lumpur agregat, analisis saringan dan berat jenis agregat di Laboratorium Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Pengujian Kadar Air

Tabel 4.1 Kadar air agregat halus

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Massa wadah (M_1)	gr	52	52	54	53
2	Massa wadah + contoh basah (M_2)	gr	1052	1052	1054	1053
3	Massa contoh basah (M_3)	gr	1000	1000	1000	1000
4	Massa wadah + contoh kering (M_4)	gr	1050	1043	1053	1049
5	Massa contoh kering (M_5)	gr	998	991	999	996
6	Kadar air (M_6)	%	0,002	0,009	0,001	0,004
Rata-rata		%	0,004			

Tabel 4.2 Kadar air agregat kasar

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Massa wadah (M_1)	gr	221	200	155	154
2	Massa wadah + contoh basah (M_2)	gr	1221	1200	1155	1154
3	Massa contoh basah (M_3)	gr	1000	1000	1000	1000
4	Massa wadah + contoh kering (M_4)	gr	1201	1174	1130	1124
5	Massa contoh kering (M_5)	gr	980	974	974	970
6	Kadar air (M_6)	%	0,020	0,027	0,026	0,031
Rata-rata		%	0,026			

X -

Dari hasil tabel di atas, menurut (SNI 03-1971-1990, 1990) tentang kadar air agregat, syarat kadar air agregat adalah 3 % - 5 %, dapat diperoleh bahwa agregat halus mengandung kadar air sebesar 0,004 % dan agregat kasar mengandung kadar air sebesar 0,026 %. Dengan diketahuinya kadar air yang terkandung dalam agregat ini tidak memenuhi syarat, maka sebelum memulai mix design agregat direndam terlebih dahulu supaya perencanaan mix design menjadi lebih akurat karena adanya faktor koreksi kadar air campuran beton.



Pengujian Kadar Lumpur

Dari hasil tabel di atas, diperoleh bahwa agregat halus mengandung kadar lumpur kurang dari 5 % yaitu sebesar 0,390 % dan untuk agregat kasar mengandung kadar lumpur lebih dari 1 % yaitu sebesar 3,125 %. Dengan diketahuinya agregat kasar tidak memenuhi syarat, maka sebelum memulai pengujian mix design agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi kadar lumpur.

Tabel 4.3 Kadar lumpur agregat halus

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Volume lumpur (ml)	ml	0,5	0,8	0,8	1
2	Volume seluruh (ml)	ml	195	195	198	204
3	Kadar lumpur	%	0,256	0,410	0,404	0,490
4	Rata-rata	%	0,309			

Tabel 4.4 Kadar lumpur agregat kasar

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Massa benda uji semula (M_1)	gr	1000	1000	1000	1000
2	Massa talem (M_2)	gr	110	162	148	107
3	Massa kering oven benda uji (M_3)	gr	1,078	1,132	1,118	1,074
4	Benda uji tertahan saringan no. 200 (M_4)	gr	968	970	970	967
6	Kadar lumpur	%	3,200	3,000	3,000	3,300
Rata – rata		%	3,125			

Pengujian Analisa Saringan

Tabel 4.5 Analisa saringan agregat halus sampel 1

Sampel 1					
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100
4	4,8	3	0	0	100
8	2,4	40	3	3	97
16	1,2	539	36	39	61
30	0,6	644	43	83	17
50	0,3	173	12	94	6
100	0,15	55	4	98	2
200	0,075	26	2	100	0
PAN		4	0	100	0
Jumlah		1484	100	317	
Modulus kehalusan				3,17	

Tabel 4.7 Analisa saringan agregat halus sampel 3

Sampel 3					
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100
4	4,8	2	0	0	100
8	2,4	45	3	3	97
16	1,2	414	28	31	69
30	0,6	724	49	80	20
50	0,3	190	13	93	7
100	0,15	62	4	97	3
200	0,075	33	2	100	0
PAN		5	0	100	0
Jumlah		1475	100	305	
Modulus kehalusan				3,05	

Tabel 4.6 Analisa saringan agregat halus sampel 2

Sampel 2					
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100
4	4,8	2	0	0	100
8	2,4	36	2	3	97
16	1,2	430	29	32	68
30	0,6	663	45	76	24
50	0,3	243	16	93	7
100	0,15	66	4	97	3
200	0,075	35	2	100	0
PAN		5	0	100	0
Jumlah		1480	100	300	
Modulus kehalusan				3	

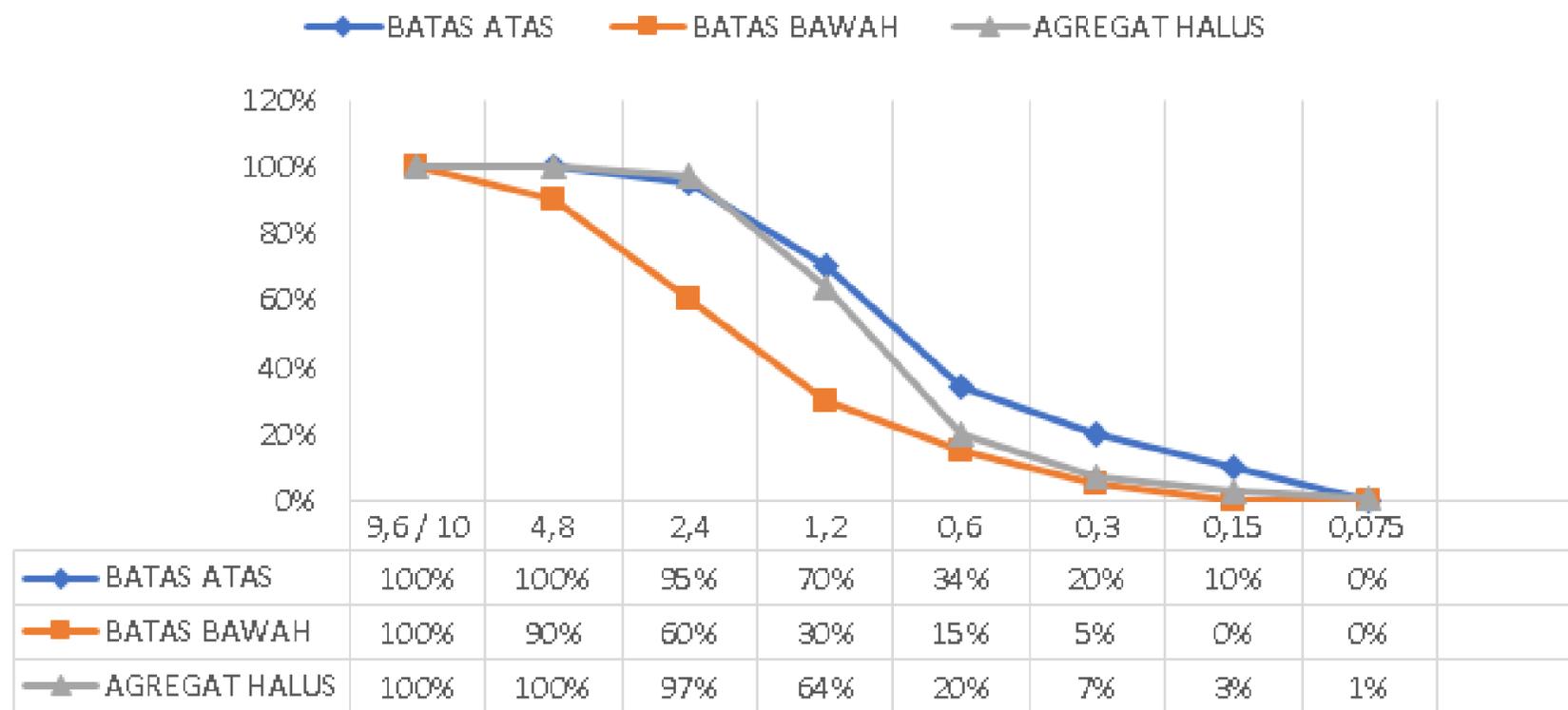
Tabel 4.8 Analisa saringan agregat halus sampel 4

Sampel 4						
No. Saringan	Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)	Rata – Rata (%)
3/8	9,6 / 10	0	0	0	100	100
4	4,8	0	0	0	100	100
8	2,4	37	3	3	97	97
16	1,2	586	40	42	58	64
30	0,6	609	41	84	16	20
50	0,3	152	10	94	6	7
100	0,15	52	4	98	2	3
200	0,075	33	2	100	0	1
PAN		3	0	100	0	0
Jumlah		1475	100	320		
Modulus kehalusan				3,20		3,10

Pengujian Analisa Saringan

Berdasarkan tabel pengujian dari 4 sampel di atas, maka material diambil dari persentase lewat rata-rata untuk menentukan zona batas gradasi agregat halus. Menurut SNI 03-2834-2000, gradasi pasir Tayan yang digunakan masuk dalam kategori gradasi zone I (pasir kasar).

**ZONE I
GRADASI AGREGAT HALUS**



Gambar 4.1 Grafik zone I gradasi agregat halus

Pengujian Analisa Saringan

Tabel 4.9 Tabel analisa agregat kasar sampel 1

Sampel 1				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
80	0	0	0	100
60	0	0	0	100
50	0	0	0	100
40	0	0	0	100
25	0	0	0	100
20	71	5,255	5	95
15	343	25,389	31	69
10	702	51,962	83	17
4	235	17,395	100	0
2,5	0	0	100	0
1,2	0	0	100	0
0,6	0	0	100	0
0,3	0	0	100	0
0,15				
0,075				
Pan				
Jumlah	1351	100	618	
Modulus kehalusan			6,18	

Tabel 4.10 Tabel analisa agregat kasar sampel 2

Sampel 2				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
80	0	0	0	100
60	0	0	0	100
50	0	0	0	100
40	0	0	0	100
25	0	0	0	100
20	77	5,528	6	94
15	354	25,413	31	69
10	752	53,984	85	15
4	210	15,075	100	0
2,5			100	
1,2			100	
0,6			100	
0,3			100	
0,15				
0,075				
Pan				
Jumlah	1393	100	621	
Modulus kehalusan			6,21	

Pengujian Analisa Saringan

Tabel 4.11 Tabel analisa agregat kasar sampel 3

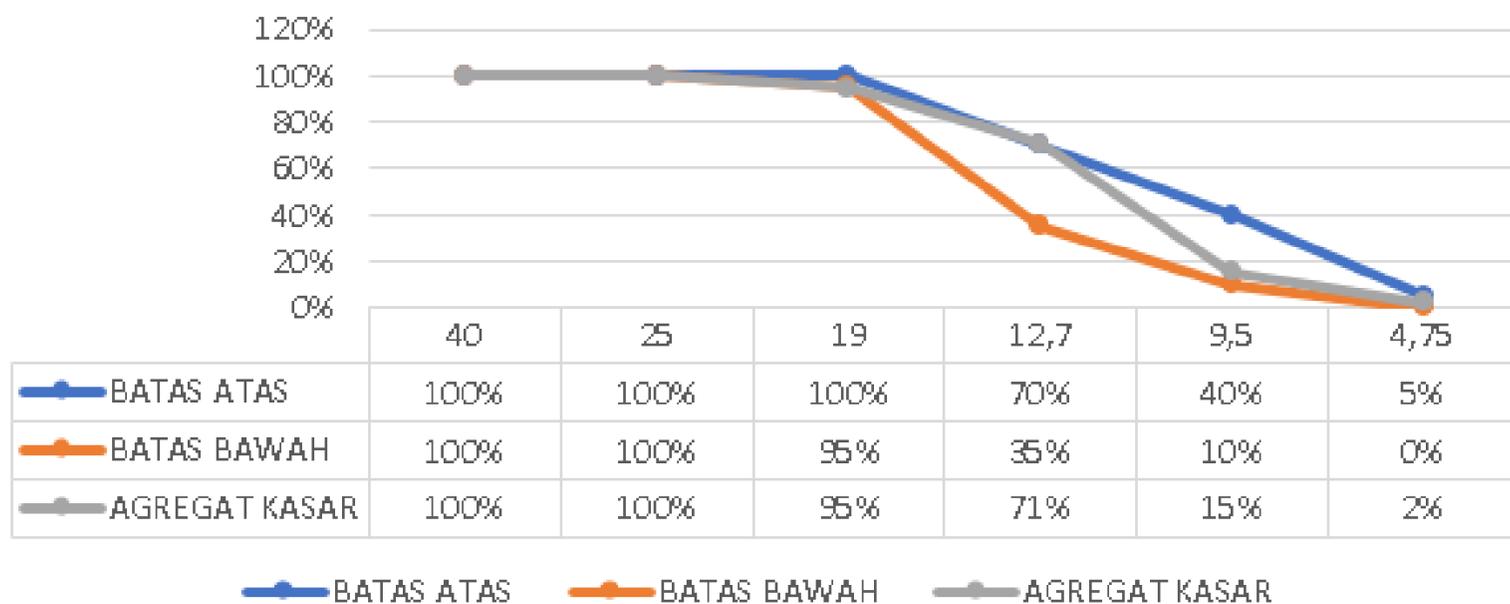
Sampel 3				
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)
80	0	0	0	100
60	0	0	0	100
50	0	0	0	100
40	0	0	0	100
25	0	0	0	100
20	84	6,186	6	94
15	352	25,920	32	68
10	781	57,511	90	10
4	141	10,383	100	0
2,5			100	
1,2			100	
0,6			100	
0,3			100	
0,15				
0,075				
Pan				
Jumlah	1358	100	627	
Modulus kehalusan			6,27	

Tabel 4.12 Tabel analisa agregat kasar sampel 4

Sampel 4					
Diameter Saringan	Massa Tertahan (gr)	Persen Massa Sisa (%)	Persen Massa Sisa Kumulatif (%)	Persen Massa Lolos Kumulatif (%)	Rata-Rata (%)
80	0	0	0	100	100
60	0	0	0	100	100
50	0	0	0	100	100
40	0	0	0	100	100
25	0	0	0	100	100
20	75	5,443	5	95	95
15	283	20,537	26	74	71
10	846	61,393	87	13	15
4	174	12,627	100	0	2
2,5			100		
1,2			100		
0,6			100		
0,3			100		
0,15					
0,075					
Pan					
Jumlah	1378	100	618		
Modulus kehalusan			6,18		6,21

Pengujian Analisa Saringan

Agregat Kasar
Uk. 40 mm



Gambar 4.2 Grafik zone III gradasi agregat kasar

Dari hasil tabel di atas, diperoleh hasil bahwa gradasi batu pecah Pamoyanan Bogor masuk ke dalam gradasi ukuran maks. 40 mm.

Pengujian Berat Jenis

Tabel 4.14 Berat jenis dan penyerapan agregat halus

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Berat piknometer	gr	172	174	162	149
2	Berat benda uji	gr	500	500	500	500
3	Berat piknometer + air (B)	gr	669	670	658	645
4	Berat piknometer + benda uji + air (B _t)	gr	982	984	958	969
5	Berat benda uji kering oven (B _k)	gr	498	498	497	497
6	Berat jenis curah	gr	2,663	2,677	2,485	2,824
	Rata-rata berat jenis	gr	2,662			
7	Berat jenis jenuh kering permukaan	gr	2,674	2,688	2,500	2,841
	Rata-rata berat jenis jenuh kering	gr	2,676			
8	Berat jenis semu	gr	2,692	2,707	2,523	2,873
	Rata-rata berat jenis semu	gr	2,699			
9	Penyerapan	%	0,404	0,402	0,604	0,604
	Rata-rata penyerapan	%	0,503			

Tabel 4.13 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

No	Keterangan	Sat	Sampel			
			1	2	3	4
1	Berat benda uji kering oven (B _k)	gr	1,897	2,275	2,201	1,902
2	Berat benda uji jenuh kering (B _i)	gr	1,962	2,334	2,261	1,972
3	Berat benda uji dalam air (B _a)	gr	1,198	1,429	1,366	1,204
4	Berat keranjang dalam air	gr	0,396	0,388	0,407	0,396
5	Berat keranjang dalam air + material	gr	1,594	1,817	1,773	1,6
6	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)	gr	2,483	2,514	2,459	2,477
	Rata-rata berat jenis	gr	2,483			
7	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)	gr	2,568	2,579	2,526	2,568
	Rata-rata berat jenis kering <i>bulk</i>	gr	2,560			
8	Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	gr	2,714	2,689	2,636	2,725
	Rata-rata berat jenis semu	gr	2,691			
9	Penyerapan	%	3,426	2,593	2,726	3,680
	Rata-rata penyerapan	%	3,107			

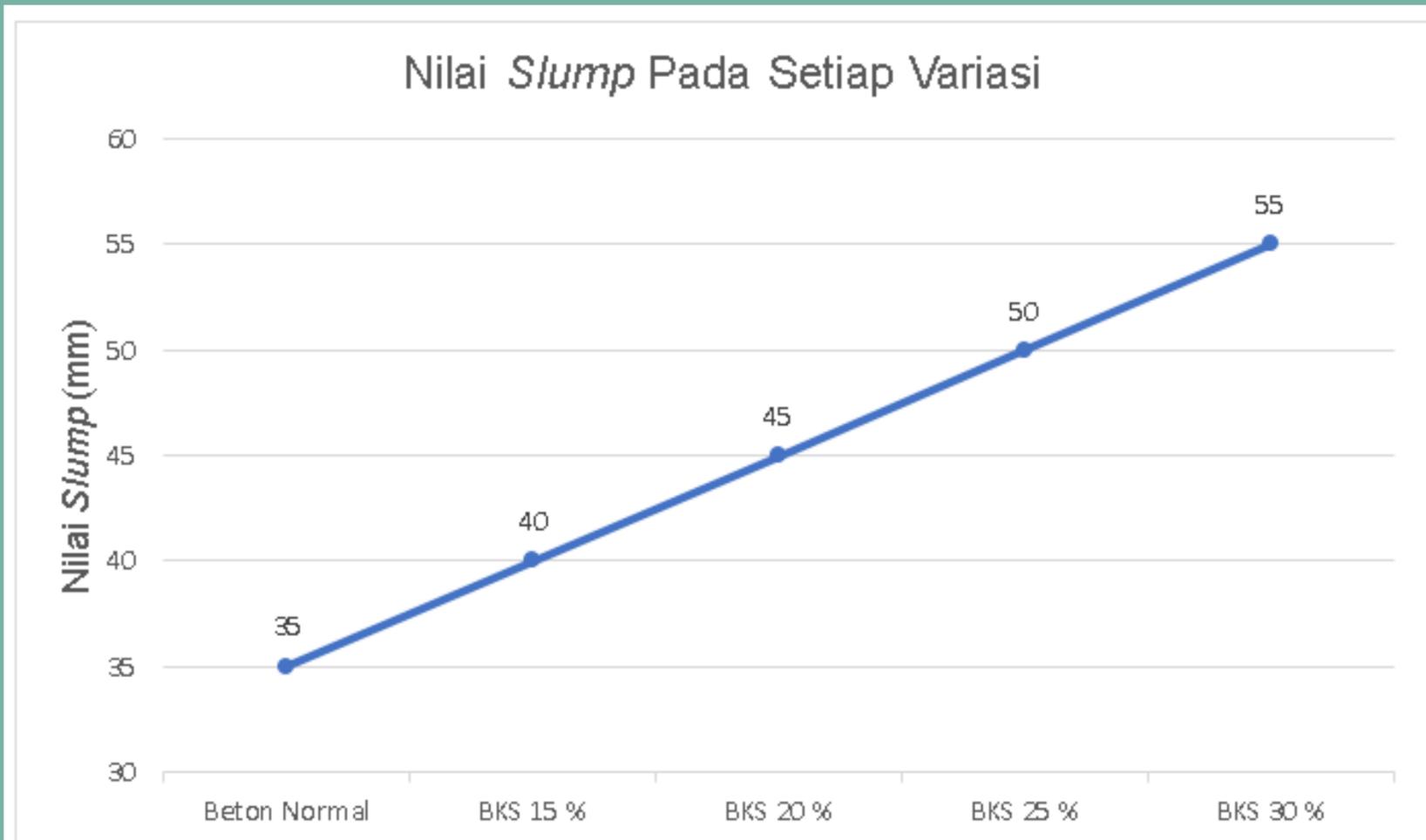
Dari hasil tabel di atas, bahwa agregat kasar mengandung berat jenis sebesar 2,560 dengan penyerapan 3,107 dan agregat halus mengandung berat jenis sebesar 2,676 dengan penyerapan 0,503, maka agregat kasar dan agregat halus masuk dalam standar pengujian dari SNI 03-1969-2008 dan SNI 03-1970-2008

Mix Design

Tabel 4. 15 Mix design beton f_c' 45 MPa

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK HITUNGAN	NILAI	
1	Kuat tekan rencana (f_c')	Ditetapkan	45	Mpa pada 28 hari (silinder)
2	Deviasi standar	Tabel 1	12	
3	Nilai tambah (margin)	Ditetapkan	12	Mpa
4	Target kuat tekan rata-rata (f_c')	Row 1 + 3	57	Mpa
5	Jenis semen portland	Ditetapkan	Tiga Roda Type 1	
6	Jenis agregat kasar	Alami/Batu Pecah	Batu Pecah Bogor Pamoyanan	
7	Jenis agregat halus	Alami/Batu Pecah	Pasir Tayan	
8	Faktor air semen (FAS) bebas	Tabel 2, Grafik 1	0,36	
9	Faktor air semen maksimum	Tabel 3 (ambil nilai terkecil)	0,6	
10	Nilai slump	Ditetapkan	30 - 60	mm
11	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40	mm
12	Kadar air bebas	Tabel 5	170	Ltr
13	Kadar semen	Row 12 / 8	472	Kg
14	Kadar semen minimum	Tabel 6a	275	Kg
15	FAS yang disesuaikan	Dihitung	165	Ltr
16	Susunan analisa butir agregat	Tabel 7	Zona I (pasir kasar)	
17	Persentase agregat halus	Grafik 2a / b / c	34	%
18	Persentase agregat kasar	100% - 17	66	%
19	Berat jenis agregat halus	Ditetapkan	2,67	
20	Berat jenis agregat kasar	Ditetapkan	2,56	
21	Berat jenis agregat campuran	Dihitung	2,60	
22	Berat isi beton segar	Grafik 3	2390	Kg/m ³
23	Kadar agregat gabungan	Row 22 - 12 - 13	1748	Kg/m ³
24	Kadar agregat halus	Row 23 x 17	594,2	Kg/m ³
25	Kadar agregat kasar	Row 23 - 24	1154	Kg/m ³

Mix design dilakukan untuk merencanakan proporsi campuran beton untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana. Tabel perencanaan campuran mix design menggunakan SNI 03-2834-2000



Gambar 4.3 Grafik nilai slump

Pada grafik di atas menunjukkan semakin banyak penambahan limbah pecahan keramik dan sikacim concrete additive maka semakin tinggi nilai slump yang berpengaruh terhadap keenceran dari nilai slump beton.



Analisa Uji Student-T



t Table T tabel yang digunakan

cum. prob one-tail two-tails	$t_{.50}$	$t_{.25}$	$t_{.20}$	$t_{.15}$	$t_{.10}$	$t_{.05}$	$t_{.025}$	$t_{.01}$	$t_{.005}$	$t_{.001}$	$t_{.0005}$
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.898	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
Z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan rata-rata dari beberapa sampel dan untuk mengukur tingkat signifikansi data yang kemudian diambil rata-rata dari data yang akan diterima. Pada pengujian ini digunakan interval konfiden 98 % dengan toleransi kesalahan yang diijinkan sebesar 2 %.

Jumlah variabel (k) = 1

Jumlah sampel (n) = 8

Taraf sig. (2 sisi) α = 2 %

Derajat bebas $df = n - k = 8 - 1 = 7$

$P = 100 \% - \alpha = 100 \% - 2 \% = 98 \% = 0,98$

Luas batas kiri kanan =

$tp = 0,95 +$ luas daerah yang lebih kecil dari $-tp = 0,95 + 0,01 = 0,99$

Berdasarkan tabel 4.27 tentang distribusi ambang batas nilai T tabel (two tail), analisa student-T menggunakan nilai T tabel = $T_{0,99} = 2,998$ yang artinya bahwa $T_{0,99}$ memiliki ketelitian sebesar 98 % dan nilai T hitung setiap 8 sampel per variasi dari benda uji dapat diterima jika memiliki nilai T hitung yang berada diantara nilai T-tabel dan nilai T+ tabel.



Analisa Kuat Tekan Uji Student-T

Tabel 4.28 Analisa nilai kuat tekan beton dengan uji *student-T* beton normal

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	50,95	50,07	0,875	0,77	1,03	2,40	-2,998	2,998	Diterima
2	50,32		0,245	0,06		0,67			Diterima
3	51,37		1,295	1,68		3,56			Ditolak
4	48,12		-1,955	3,82		-5,37			Ditolak
5	50,67		0,595	0,35		1,63			Diterima
6	49,82		-0,255	0,07		-0,70			Diterima
7	49,25		-0,825	0,68		2,27			Diterima
8	50,10		0,025	0,00		0,07			Diterima
Σ	371,6					7,43			
Rata-rata hasil yang diterima adalah					50,19 MPa				

Tabel 4.29 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 15 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	50,95	55,94	-5,01	25,11	4,11	-3,45	-2,998	2,998	Ditolak
2	52,65		-3,31	10,96		-2,28			Diterima
3	59,61		3,65	13,31		2,51			Diterima
4	52,08		-3,88	15,06		-2,67			Diterima
5	56,9		0,94	0,88		0,65			Diterima
6	53,78		-2,18	4,76		-1,50			Diterima
7	61,14		5,18	26,82		3,56			Ditolak
8	60,58		4,62	21,33		3,18			Ditolak
Σ	447,69					118,25			
Rata-rata hasil yang diterima adalah					54,97 MPa				

Analisa Kuat Tekan Uji Student-T

Tabel 4.30 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 20 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	53,78	53,79	-0,04	0,00	5,42	-0,02	-2,998	2,998	Diterima
2	56,9		3,08	9,50		1,61			Diterima
3	58,31		4,49	20,18		2,34			Diterima
4	52,65		-1,17	1,36		-0,61			Diterima
5	54,35		0,53	0,28		0,28			Diterima
6	45,29		-8,53	72,72		-4,45			Ditolak
7	61,71		7,89	62,29		4,12			Ditolak
8	47,55		-6,27	39,28		-3,27			Ditolak
Σ	371,6		135,75						
Rata-rata hasil yang diterima adalah					55,14 Mpa				

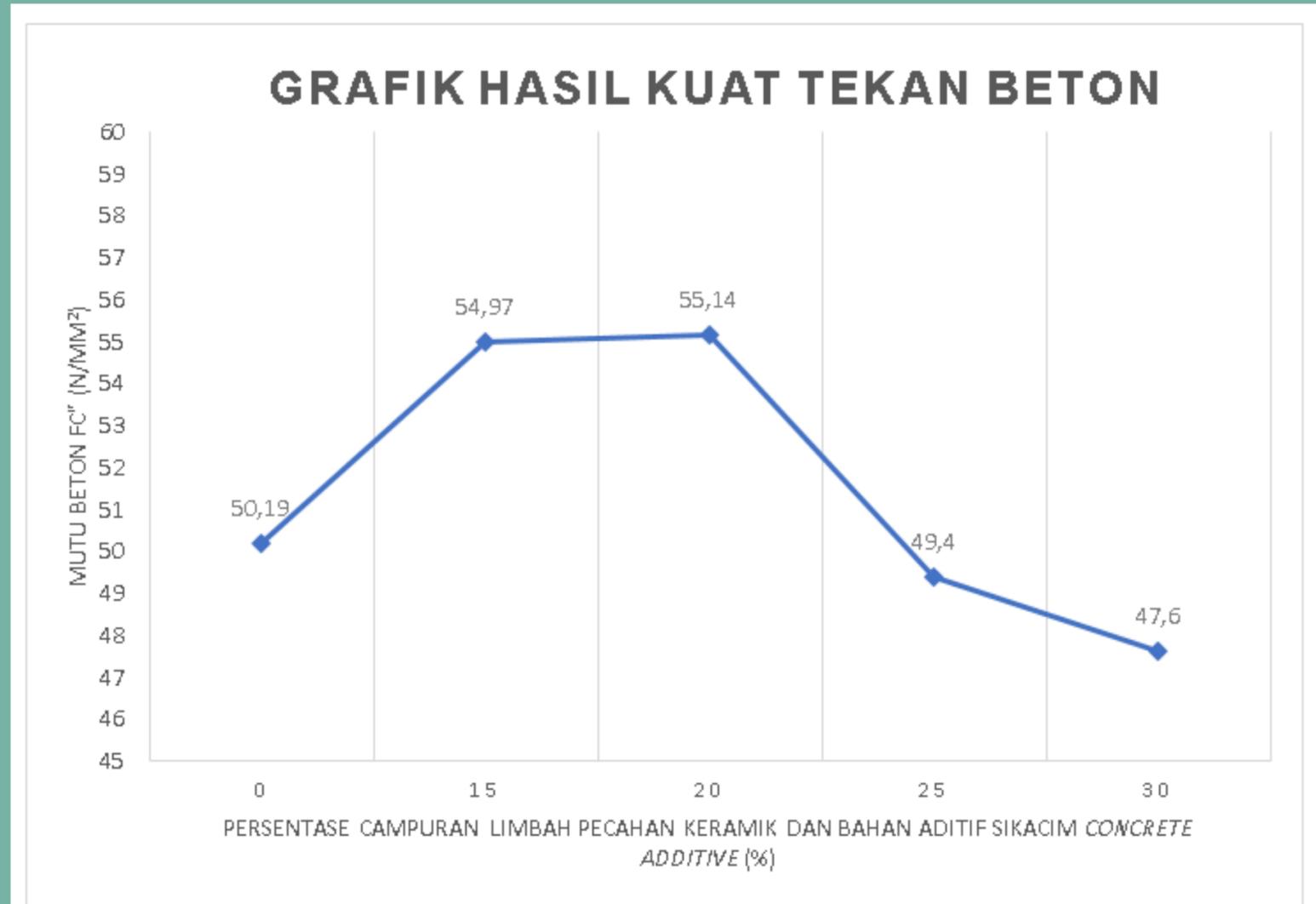
Tabel 4.31 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 25 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	51,52	49,22	1,66	2,76	2,79	1,68	-2,998	2,998	Diterima
2	48,97		-0,89	0,79		-0,90			Diterima
3	55,76		5,90	34,81		5,98			Ditolak
4	46,7		-3,16	9,99		-3,20			Ditolak
5	47,55		-2,31	5,34		-2,34			Diterima
6	49,59		-0,27	0,07		-0,27			Diterima
7	48,97		-0,89	0,79		-0,90			Diterima
8	49,82		-0,04	0,00		-0,04			Diterima
Σ	398,88		54,55						
Rata-rata hasil yang diterima adalah					48,54 Mpa				

Analisa Kuat Tekan Uji Student-T

Tabel 4.32 Analisa nilai kuat tekan dengan uji *student-T* campuran beton limbah pecahan keramik 30 % dan sikacim *additive concrete* 0,7 %

No	Kuat Tekan (Mpa)	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	S	T Hitung	T Tabel		Keterangan
							Batas Kiri	Batas Kanan	
1	47,27	47,52	-0,25	0,06	3,06	-0,23	-2,998	2,998	Diterima
2	49,82		2,30	5,30		2,13			Diterima
3	42,17		-5,35	28,61		-4,95			Ditolak
4	45,57		-1,95	3,80		-1,80			Diterima
5	46,14		-1,38	1,90		-1,28			Diterima
6	47,84		0,32	0,10		0,30			Diterima
7	48,97		1,45	2,11		1,34			Diterima
8	52,37		4,85	23,53		4,49			Ditolak
Σ	380,15			65,41					
Rata-rata hasil yang diterima adalah					47,60 Mpa				



Gambar 4. 5 Grafik hasil kuat tekan beton dengan uji *student-T*

Kesimpulan

- Penambahan limbah pecahan keramik 15 %, 20 %, 25 %, 30 % terhadap agregat kasar dan sikacim concrete additive 0,7 % dari berat semen mempunyai pengaruh terhadap nilai slump, beton dengan persentase 15 % mendapatkan nilai slump terendah yaitu sebesar 40 mm dan persentase 30 % mendapatkan nilai slump tertinggi yaitu sebesar 55 mm.
- Hasil analisis didapatkan dengan campuran limbah pecahan keramik 20 % terhadap agregat kasar dan sikacim concrete additive 0,7 % dari berat semen mendapatkan nilai rata-rata paling tinggi sebesar 55,14 MPa.
- Persentase campuran limbah pecahan keramik 15 % dengan sikacim concrete additive variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 54,97 MPa. Pada persentase campuran limbah pecahan keramik 20 % dengan sikacim concrete additive variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 55,14 MPa. Pada persentase campuran limbah pecahan keramik 25 % dengan sikacim concrete additive variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 48,54 MPa. Pada persentase campuran limbah pecahan keramik 30 % dengan sikacim concrete additive variasi 0,7 % memiliki persentase sebesar 47,60 MPa.



**Thank
You**



Berita Acara dan Penilaian Sidang TA

Setiap penguji wajib mengisikan untuk Berita Acara Revisi dan Nilai Hasil Sidang Tugas Akhir.

nurlaelah@umj.ac.id [Ganti akun](#)

Tidak dibagikan

Draf disimpan

* Menunjukkan pertanyaan yang wajib diisi

NIM *

2018410041

Nama Penguji *

Dr. Nurlaelah, S.T., M.T

Hasil Perbaikan *

Mohon dapat diisikan hasil perbaikannya dengan memberikan nomor di depan kalimat dan di akhir kalimat diberikan tanda titik koma (;). Contoh : 1. Perbaiki fish bone; 2. Pertajam untuk batasan masalah; 3. Analisis pada kapasitas dihitung ulang; 4. Lampirkan data yang telah dihitung.

Perbaiki latar belakang dan metode penelitian

Nilai *

Nilai dan Huruf

85 - 100 = A

80 - 84.99 = A-

75 - 79.99 = B+

70 - 74.99 = B

65 - 69.99 = B-

60 - 64.99 = C+

55 - 59.99 = C

50 - 54.99 = C-

45 - 49.99 = D

0 - 44.99 = E

75|

Kirim

Kosongkan formulir