

SKRIPSI

**ANALISIS LIMBAH KERAMIK SEBAGAI SUBSTITUSI AGGREGAT
KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Oleh :

SARI FITRI YENI

17.10.002.22201.083

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

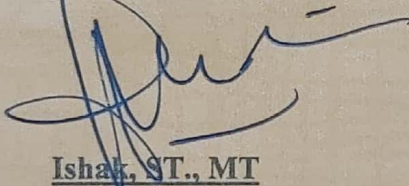
SKRIPSI

ANALISIS SUBSTITUSI AGGREGAT KASAR MENGGUNAKAN
LIMBAH KERAMIK TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh:

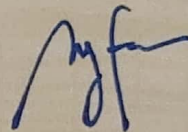
SARI FITRI YENI
17.10.002.22201.083

Dosen Pembimbing I



Ishak, ST., MT
NIDN. 1010047301

Dosen Pembimbing II



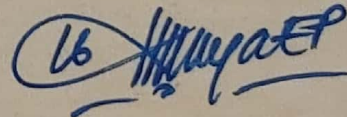
Febrimen Herista, ST., MT
NIDN. 1001026901

Dekan Fakultas Teknik



Masril, ST., MT
NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP
NIDN. 1016026603

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2021

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan Koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 21 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 21 Agustus 2021

Mahasiswa

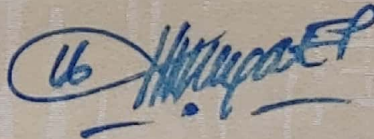


Sari Fitri Yenni

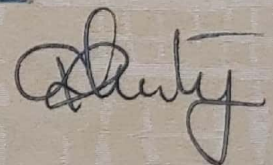
NIM 171000222201083

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 21 Agustus 2021

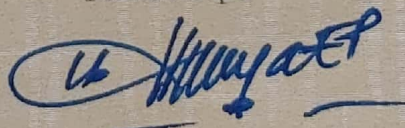
1. Ir. Surya Eka Priana, MT., IPP

1. 

2. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng

2. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana, ST, MT., IPP

NIDN. 1016026603

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sari Fitri Yeni

NIM : 17100222201083

Judul Skripsi : Analisis Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Limbah Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 21 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Sari Fitri Yeni

NIM 171000222201083

ABSTRAK

Limbah keramik merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari perenofasian rumah maupun gedung di Kota Bukittinggi yang tidak dimanfaatkan. Pemanfaatan kembali limbah keramik menjadi salah satu alternatif yang menguntungkan. Maka perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah yang selama ini tidak dimanfaatkan menjadi bahan campuran beton. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pengolahan limbah keramik menjadi beton sebagai agregat pencampuran beton, guna untuk mengetahui kuat uji tekan beton. Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai *substitusi* agregat kasar terhadap kuat tekan beton, untuk mengetahui kuat tekan optimal pada *substitusi* agregat kasar dengan limbah keramik 2%, 5%, dan 8% dalam campuran beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kualitatif (penelitian di labor Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat). Dengan mengganti agregat kasar menjadi limbah keramik sebanyak 2% menghasilkan kuat tekan 220,44 kg/cm², 5% menghasilkan kuat tekan 201,70 kg/cm², dan 8% menghasilkan kuat tekan 228,47 kg/cm² di umur 28 hari. Yang mana dengan campuran limbah keramik membuat kuat tekannya menurun dari beton normal yang kuat tekannya 251,67 kg/cm² di umur 28 hari. Tetapi kuat tekan beton normal meningkat dari mutu beton yang direncanakan yaitu K-250 menjadi 251,67 kg/cm².

Kata kunci : agregat kasar, beton, limbah keramik, kuat tekan, substitusi.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Bapak Masril, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB sekaligus pembimbing II skripsi.
2. Bapak Deddy Kurniawan, ST., MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Ishak, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Febrimen Herista, ST., MT selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak masukan kepada penullis.
5. Orang tua, Kakak dan adik memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
6. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR NOTASI	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1. Tujuan Penelitian.....	3
1.4.2. Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1..Pengertian Beton	5
2.2..Sifat Beton.....	6
2.3..Bahan Penyusun beton.....	9
2.3.1 Semen <i>portland</i>	10
2.3.2 Agregat.....	11
2.3.3 Air.....	12
2.4 Bahan Tambahan.....	13
2.4.1 Limbah Keramik.....	15
2.5 Faktor Air Semen.....	17
2.6 Kuat Tekan Beton.....	18
2.7 Rencana Campuran Beton.....	19

2.7.1 Perancangan Campuran.....	19
2.8 Prosedur Penelitian.....	20
2.8.1 Pemeriksaan Agregat.....	20
2.8.2 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	29
2.8.3 Pembuatan Benda Uji Kubus.....	31
2.8.4 Pengujian Nilai Slump.....	31
2.8.5 Perawatan (Curing) Benda Uji.....	32
2.8.6 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.Lokasi Penelitian	34
3.2 Jenis Penelitian.....	34
3.2.1 Pengertian Metode Kualitatif dan Kuantitatif.....	34
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.3.1. Alat Penelitian.....	35
3.3.2. Bahan Penelitian.....	38
3.4 Variabel Penelitian.....	40
3.5 Data Penelitian.....	40
3.6 Metode Analisis Data.....	40
3.7 Bagan Alir.....	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1..Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton.....	43
4.2..Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	50
4.3..Hasil dan Pembahasan Kuat Tekan Beton.....	53
4.3.1 Kuat Tekan Beton Normal.....	53
4.3.2 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 2%.....	54
4.3.3 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 5%.....	56
4.3.4 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 8%.....	58
4.4..Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Campuran Limbah Keramik.....	60

BAB V PENUTUP

5.1..Kesimpulan dan Saran.....	61
--------------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Semen <i>Portland</i>	10
Gambar 2.2 Agregat Halus.....	12
Gambar 2.3 Agregat Kasar.....	12
Gambar 2.4 Limbah Keramik.....	15
Gambar 2.5 Sampel Uji Kuat Tekan, (a) Silinder Beton dan (b) Kubus Beton....	33
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	34
Gambar 3.2 Kerucut Abrams.....	36
Gambar 3.3 Cetakan Berbentuk Kubus.....	36
Gambar 3.4 Timbangan Digital.....	37
Gambar 3.5 Mesin Pengaduk Beton.....	37
Gambar 3.6 Alat Uji Kuat Tekan Beton.....	37
Gambar 3.7 Semen <i>Portland</i>	38
Gambar 3.8 Agregat Halus.....	39
Gambar 3.9 Agregat Kasar.....	39
Gambar 3.10 Limbah Keramik.....	40
Gambar 3.11 Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Normal.....	53
Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 2%.....	55
Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 5%.....	57
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 8%.....	59
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Campuran Limbah Keramik.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Mutu Beton Berdasarkan Kuat Tekan.....	8
Tabel 2.2 Beberapa jenis Beton Menurut Berat Jenisnya	8
Tabel 2.3 Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar.....	17
Tabel 2.4 Kapasitas Wadah Baja	22
Tabel 2.5 Rencana Pengujian.....	29
Tabel 2.7 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton	30
Tabel 4.1 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus.....	43
Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar	44
Tabel 4.3 Analisis Ayakan Agregat Halus (Berat Contoh 500 gr).....	45
Tabel 4.4 Analisis Ayakan Agregat Kasar (Berat Contoh 500 gr).....	45
Tabel 4.5 Pemeriksaan Agregat Lolos Saringan No.200.....	46
Tabel 4.6 Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	47
Tabel 4.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	48
Tabel 4.8 Pemeriksaan Kadar air Agregat Kasar.....	48
Tabel 4.9 Analisis <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	49
Tabel 4.10 Analisis <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar.....	50
Tabel 4.11 Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton Normal.....	51
Tabel 4.12 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	53
Tabel 4.13 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Beton Normal.....	54
Tabel 4.14 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 2%.....	55
Tabel 4.15 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 2%.....	56
Tabel 4.16 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 5%.....	56
Tabel 4.17 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 5%.....	57
Tabel 4.18 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 8%.....	58
Tabel 4.19 Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 8%.....	59

DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang
E_c	= Modulus Elastisitas Beton
F_c'	= Kuat Tekan Beton
P	= Beban Maksimum (kg/cm^2)
Sd	= Deviasi Standar (MPa)
x_1	= Kuat Tekan Masing-masing Benda Uji
σ_{bk}	= Kuat Tekan Karakteristik Beton (MPa)
MPa	= Megapascal
KN	= Kilo Newton
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
V1	= Pembacaan pertama pada skala botol
V2	= Pembacaan kedua pada skala botol
SNI	= Standar Nasional Indonesia
E_c	= Modulus Elastisitas Beton (MPa)
a'	= Jarak Bagian Beton
F_b	= Luas Penampang Beton
σ	= Kuat Tekan Beton Silinder



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton ialah salah satu bahan bangunan yang sangat banyak digunakan buat pembangunan struktur di Indonesia semacam bangunan gedung perkantoran, perumahan, rumah sakit dan lain-lain. Hal ini disebabkan beton mempunyai keuntungan antara lain mudah dibangun sesuai dengan kebutuhan konstruksi, tahan lama, tahan terhadap cuaca serta biaya pemeliharaan yang tidak mahal.

Pembangunan struktur di Indonesia terus menjadi pesat bersamaan dengan bertambahnya jumlah penduduk. Dengan meningkatnya pembangunan struktur tersebut meningkat pula hendak kebutuhan bahan kombinasi beton semacam semen, air, agregat halus serta agregat kasar dalam jumlah yang lumayan besar. Hingga dari itu, perlunya ketersediaan bahan kombinasi beton yang lebih, supaya tidak terjadi kekurangan dikala pembuatan struktur bangunan. Terlebih bahan kombinasi yang sifatnya di ambil dari alam yakni agregat kasar serta agregat halus. Konsumsi agregat kasar yang sangat banyak digunakan dalam bahan kombinasi beton sebaliknya ketersediaanya terus menjadi terbatas apabila agregat kasar dari alam terus menerus diambil perihal ini akan mempengaruhi terhadap aspek area yang ada. Bila membolehkan konsumsi agregat kasar yang sifatnya dari alam hendaknya dibatasi serta digantikan dengan bahan tipe yang lain berbentuk pemakaian ataupun pemanfaatan limbah padat. (Saputra,D.2017).

Limbah keramik merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari perenofasian rumah maupun gedung di Kota Bukittinggi yang tidak dimanfaatkan. Pemanfaatan kembali limbah keramik menjadi salah satu alternatif yang menguntungkan. Maka perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah yang selama ini tidak dimanfaatkan menjadi bahan campuran beton. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pengolahan limbah keramik menjadi beton sebagai agregat pencampuran beton, guna untuk

mengetahui kuat uji tekan beton. Kekuatan beton tergantung pada beberapa faktor diantaranya ialah faktor air semen dimana digunakan dalam adukan beton. Untuk mencapai adukan beton yang memenuhi syarat, maka adukan beton menggunakan faktor air semen yang besar, akan lebih sedikit membutuhkan pasta semen, begitu juga sebaliknya. Maka dalam suatu adukan beton sangat erat kaitannya dengan fase air semen. Hal tersebut berpengaruh terhadap kuat uji tekan beton.

Untuk mengurangi penggunaan agregat kasar sebagai bahan campuran beton, oleh karena itu perlu dicari material pengganti yang lebih murah dan memenuhi syarat. limbah keramik bisa dipertimbangkan untuk material pengganti agregat kasar.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “**Analisis Limbah Keramik Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton.**”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam latar belakang ini ialah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan agregat kasar limbah keramik pada campuran beton terhadap kuat tekan beton.
2. berapa persentase optimum dalam penggunaan limbah keramik pada campuran beton terhadap kuat tekan beton.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh penambahan limbah keramik terhadap kuat tekan beton dengan sampel beton sebagai berikut :

1. Mutu beton yang ditargetkan pada umur 7,14, dan 28 hari ialah mutu K-250.
2. *Substitusi* agregat kasar dengan limbah keramik.
3. Sampel benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm.
4. Perencanaan penelitian hanya meninjau perbandingan kuat tekan beton dengan sampel beton sebagai berikut :

- a. Sampel beton normal.
 - b. Sampel beton normal dengan *substitusi* agregat kasar dengan limbah keramik sebanyak 2% , 5%, dan 8%.
5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC semen Padang, agregat kasar jenis batu pecah dari Lubuk Alung Kab. Padang Pariaman, Sumatera Barat. Agregat halus dari Palembang Kab. Agam.
 6. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
 7. Perendaman (*curing*) menggunakan air bersih (air sumur).
 8. Pengujian mengacu pada buku pedoman pratikum beton prodi sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai *substitusi* agregat kasar terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui kuat tekan optimal pada *substitusi* agregat kasar dengan limbah keramik 2%, 5%, dan 8% dalam campuran beton.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mendapatkan beton yang ekonomis dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah keramik sebagai material dalam pencampuran beton dengan persentase tertentu.
2. Mengurangi limbah keramik serta memanfaatkan limbah tersebut mejadi bahan layak guna.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi inspirasi untuk melakukan penelitian selanjutnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi tentang pemanfaatan limbah keramik di Kota Bukittinggi penulis menyusun sistematika penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penilitan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini diuraikan tentang tinjauan pustaka yang berupa metode, teori dan beberapa referensi yang berkaitan baik secara langsung maupun tidak langsung

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan tentang Lokasi Penelitian, Alat dan Bahan Penelitian, berisi tahapan penyelesaian dan prosedur kerja dalam satu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang analisis data serta pembahasan terhadap pengujian yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab penutup berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh dan saran guna kesempurnaan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Menurut SNI 03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, atau tanpa bahan tambahan lainnya yang membentuk massa padat. Beton adalah bahan yang diperoleh dengan cara mencampurkan agregat (halus dan kasar), air dan semen atau bahan perekat hidrolis lainnya yang sejenis dengan atau tanpa bahan tambah, sedangkan pasir, air dan semen disebut mortar. Beton bukanlah suatu bahan yang langsung diperoleh dari alam sebagai mana material lainnya, akan tetapi terbentuk atas dasar pengolahan dari beberapa material alami atau buatan sehingga membentuk suatu massa yang kompak dan kokoh (Iskandar G. Rani, 2009). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada umur 28 hari.

Beton merupakan bahan utama material struktur yang sangat heterogen. Adapun keunggulan dari beton ini (Iskandar G. Rani, 2009), diantaranya :

1. Bahan pembentuk beton lebih mudah diperoleh dari alam seperti pasir dan kerikil, oleh karena itu pemakaian beton sebagai bahan konstruksi lebih ekonomis,
2. Mampu menerima beban tekan/desak relatif lebih tinggi,
3. Dapat dicor ke dalam berbagai bentuk cetakan bila betonnya masih segar,
4. Perawatan mudah dan biaya relatif lebih ringan,
5. Awet dan tahan terhadap temperatur tinggi.

Selain memiliki keunggulan, beton ini juga memiliki beberapa kelemahan (Iskandar G. Rani, 2009), antara lain :

1. Kemampuan untuk menerima kuat tarik rendah,
2. Akibat pembebanan akan terjadi perubahan bentuk rayapan "*creep*",
3. Akan terjadi retak ringan akibat muai susut,

4. Tidak dapat digunakan sebagai bangunan sementara.

2.2 Sifat Beton

Sifat beton segar :

1. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*/Keleccakan)

Sifat ini merupakan ukuran tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan serta tidak terjadi pemisahan /segregasi. Sifat ini dipengaruhi oleh perbandingan bahan-bahan dan sifat bahan-bahan pembentuk beton secara bersama-sama. *Workabilitas* sulit didefinisikan dengan tepat, menurut Newman dapat didefinisikan dengan sekurang-kurangnya menunjukkan 3 sifat :

- a. Kompaktibilitas, kemudahan beton dipadatkan, udara dikeluarkan
- b. Mobilitas, kemudahan beton mengisi acuan dan membungkus tulangan
- c. Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan dan dipadatkan/digetarkan tanpa terjadi segregasi.

Tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) berkaitan erat dengan tingkat keleccakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan beton maka makin mudah dikerjakan. Untuk mengukur tingkat keleccakan dilakukan pengujian *slump* (*slump test*) menggunakan alat kerucut Abrams. Umumnya nilai *slump* berkisar 50-150 mm.

2. Pemisahan Kerikil (*Segregation*)

Beton segar dapat dipandang sebagai suspensi butir agregat dalam pasta semen. Jika kohesi pasta semen tidak cukup baik untuk menahan partikel dalam suspensi, maka akan terjadi segregasi. Campuran beton yang tersegregasi, sukar/tidak mungkin dituangkan, tidak seragam dan memberikan beton berkualitas jelek. Segregasi terjadi karena turunnya butiran ke bagian bawah beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran karena cara penuangan dan pemadatan yang tidak baik. Kecenderungan Segregasi diperbesar oleh :

- a. Campuran kurus (semen kurang/sedikit)/terlalu banyak air.
- b. Kurangnya jumlah material halus, ukuran agregat > 25 mm
- c. Berat jenis agregat kasar tidak sama dengan berat jenis agregat halus
- d. Bentuk butir tidak rata dan tidak bulat

Untuk mengurangi segregasi maka :

- a. Penggunaan air sesedikit mungkin
- b. Adukan tidak dituang terlalu tinggi (≤ 150 cm)
- c. Cara pengangkutan, penuangan dan pemadatan dengan baik.

3. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Bleeding adalah peristiwa pemisahan/naiknya air campuran beton segar yang baru dipadatkan. Air naik kepermukaan beton dengan membawa semen dan butir-butir pasir halus, yang kemudian membentuk lapisan/selaput yang disebut *laitance*. Peristiwa ini sering terjadi pada campuran kurus dan basah, dimana akan terbentuk saluran sehingga air naik cukup cepat dan membawa butiran semen dan pasir halus. *Bleeding* sering terjadi setelah beton dituang dalam acuan, terlihat dengan adanya lapisan air pada permukaan beton. *Bleeding* dapat dikurangi dengan :

- a. Menambahkan semen,
- b. Memberi bahan pengisi yang halus (*filler*) seperti *puzolan*,
- c. Memberikan pasir halus lebih banyak.

Sifat-sifat beton yang perlu diketahui menurut Tjokrodimuljo (2007) antara lain:

1. Keawetan (*Durability*)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan.

2. Kuat Tekan

Ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinder beton diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan satuan MPa (N/mm^2) untuk SK SNI 91 dan standar ACI. Sedangkan *British Standar* menggunakan benda uji kubus dengan sisi ukuran 150 mm. Jenis beton

menurut kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

Sumber : Tjokrodimuljo (2007)

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton yaitu sifat agregat , kepadatan beton, umur beton, faktor air semen (fas), Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan.

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10% - 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

4. Berat Jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil normal berat jenisnya antara 2,5 - 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 - 2,5. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat berkurang dari 2,0. Beberapa jenis beton menurut berat jenisnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beberapa jenis beton menurut berat jenisnya

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal	2,30 – 2,50	Struktur
Beton berat	>3,00	Perisai sinar X

Sumber : Tjokrodimuljo (2007)

5. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus

beton sebagai berikut:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ untuk beton normal} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

E_c = Modulus Elatisitas Beton (MPa)

f'_c = Kuat Tekan Beton (MPa)

6. Susut (*shrinkage*)

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

7. Rangkak (*Creep*)

Merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

8. Kelecekan (*Workability*)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan *finishing*.

2.3 Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Air sebagai media pencampur untuk pengerasan beton mempunyai kedudukan 8-10% ($\pm 10\%$), semen yang berfungsi sebagai bahan perekat dalam beton mempunyai kedudukan 12-18% ($\pm 15\%$), agregat halus (pasir) mempunyai kedudukan antara 28-35% ($\pm 30\%$) dalam beton, dan agregat kasar (kerikil) mempunyai kedudukan dalam beton antara 40-50% ($\pm 45\%$) (Iskandar G. Rani, 2009).

Bahan penyusun beton dapat dijelaskan di bawah ini diantaranya:

2.3.1 Semen *Portland*



Gambar 2.1 Semen *portland*

Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis 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 (Mulyono, 2003:27 dalam proyek akhir Indah).

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi beton keras (*concrete*) (Mulyono, 2003:27 dalam proyek akhir Indah).

Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB.1989:3.2-8). Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang

diberikan. Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989) dalam ulasannya di halaman 1 Mulyono (2003: 38) dalam Proyek Akhir Indah, membagi semen *portland* menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu:

- a. Tipe I, semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenisnya.
- b. Tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi.
- c. Tipe III, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Tipe IV, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe V, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat dalam adukan beton menempati volume yang terbesar $\pm \frac{3}{4}$ bagian atau 60%-80%. Oleh karena itu mutu agregat penting diketahui, karena agregat yang dipakai dalam campuran beton sangat mempengaruhi kekuatan betonnya. Agregat yang kuat akan menghasilkan beton yang kuat (Iskandar G.,Rani, 2009).

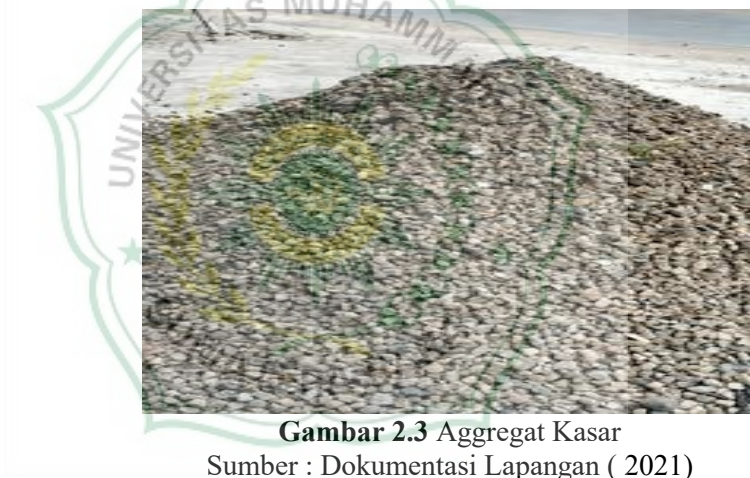
Penggolongan agregat berdasarkan ukuran butir nominal dapat dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus (Ulasan PB, 1989:9).

- a. Agregat Halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.00 mm (BS.812,1976).



Gambar 2.2 Agregat Halus
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

- b. Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.00 mm (BS.812,1976).



Gambar 2.3 Agregat Kasar
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

2.3.3 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.4 Bahan Tambahan

Dalam teknologi beton modern, adanya bahan tambahan campuran beton yang disebut sebagai *additive* dan *admixture* merupakan suatu kemajuan luar biasa dalam teknologi beton, karena dapat meningkatkan kinerja beton hampir di semua aspek, yaitu kekuatan, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kinerja-kinerja lainnya. Istilah *additive* sering digunakan untuk bahan tambahan berupa butiran yang sangat halus, seperti abu terbang (*fly ash*), mikrosilika (*silicafume*), atau abg *slag* besi (*iron blast furnace slag*), yang umumnya ditambahkan pada semen sebagai bahan utama beton. Sedangkan istilah *admixture* lebih sering digunakan untuk bahan tambahan campuran beton yang

ditambahkan pada saat pengadukan beton yang dicampurkan bersamaan dengan air (Juniman Silalahi).

Menurut Tjokrodimuljo, bahan tambahan dapat dibedakan menjadi tiga golongan:

1. *Chemical Admixture* merupakan bahan tambahan bersifat kimiawi yang dicampurkan pada beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras, misalnya sifat pengerjaanya yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat.
2. Pozolan merupakan bahan tambahan yang berasal dari alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang relative. Pozolan sendiri tidak memiliki sifat semen, tetapi dalam keadaan halus beraksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar, untuk memperbaiki kecelakaan (*workability*), membuat beton lebih kedap air (mengurangi permeabilitas), dan menambah ketahanan beton terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif.
3. Serat (*fiber*) merupakan bahan tambahan yang berupa asbestos, gelas/kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (jerami, ijuk). Penambahan serat ini untuk meningkatkan kuat tarik, ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut (*iMPacct load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton.

Bahan tambahan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah limbah keramik.

2.4.1 Limbah Keramik



Gambar 2.4 Limbah Keramik
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

Bahan keramik adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan untuk melapisi lantai atau dinding yang biasanya berbentuk plat persegi dan tipis yang dibuat dari tanah liat atau campuran tanah liat dan bahan mentah keramik lainnya, dengan cara dibakar sampai suhu tertentu, sehingga mempunyai sifat-sifat fisik khusus. Bahan keramik selain dipergunakan untuk ubin, digunakan juga dalam pembangunan sebagai perlengkapan saniter (wastafel, kloset, urinoir dan sebagainya) dan pada rumah tangga sebagai barang pecah belah.

Bahan keramik dapat digolongkan menjadi 4, yaitu :

1. Keramik Kasar

Keramik kasar terbuat dari tanah liat (pasir kuarsa, tanah pekat, termasuk abu tertentu) yang dibakar pada suhu 1000°C - 1400°C . Jika dibutuhkan glasir maka keramik kasar dilapisi dengan campuran feldspar, kuarsa, kaolin, kapurspar dan dolomit yang diaduk dengan air. Pada proses pembakaran glasir ini terjadinya lapisan seperti kaca tipis. Kegunaan keramik kasar didalam pembangunan berupa :

- a. Pipa keramik kasar (sebagai pipa saluran air kotor)

- b. Bata klinker (sebagai dinding bata yang terbuka terhadap udara)
- c. Ubin tanah liat (sebagai ubin tanah liat yang agak alamiah)
- d. Genting tanah liat berglasir (sebagai genting keramik flam)

2. Keramik Halus

Terbuat dari tanah liat yang halus sekali dengan campuran jerami yang digiling (tembikar merah) atau dengan tambahan kaolin, kuarsa, feldspar, atau bubuk magnesium-silika yang dibakar (pembakaran tunggal) pada suhu 1330°. Kecuali barang tembikar yang berwarna merah, maka keramik halus biasanya berwarna putih kekuning-kuningan. Keramik halus umumnya dilapisi glasir (tembikar). Kegunaan keramik halus didalam pembangunan berupa perlengkapan saniter (westafel, kloset, urinoir, dan sebagainya).

3. Keramik Pelapis Dinding (*fayence*)

Keramik *fayence* terbuat dari tanah pekat putih yang halus sekali dan mengandung kaolin, feldspar, kuarsa atau bubuk magnesium silikat sehingga warna menjadi putih. Setelah dicetak keramik *fayence* dikeringkan dan dilapisi glasir (tembikar) yang mengandung banyak timah-oksida dan selama tembikar masih basah dilaksanakan proses pewarnaan. Kemudian dibakar pada suhu 1100°C (pembakaran ganda). Kegunaan keramik *fayence* di dalam pembangunan berupa : tegel dinding dan baran pecah belah.

4. Porselen (tembikar putih)

Terbuat dari 50% kaolin, 25% feldspar, dan 25% kuarsa. Sesudah dicetak atau dibentuk porselen dibakar pada suhu 1200°-1300°C. Setelah dingin di beri glasir halus (tembikar putih) dan dibakar kedua kalinya pada suhu 1380°-1450°C selama 24 jam sehingga menjadi dua lapisan seperti kaca tipis. Warna porselen biasanya putih dan jika perlu pewarnaan dapat dilakukan dengan kobalt-oksida (biru) atau krom-oksida (hijau) sebagai lapisan bawah glasir atau dengan cara memberi motif di atas tembikar putih

(pembakaran ganda). Kegunaan porselen dalam pembangunan berupa : barang pecah belah.

Limbah pecahan keramik adalah sisa atau pecahan keramik lantai sebuah bangunan. Dengan menggunakan limbah keramik peneliti bermaksud memberdayakan sumber daya lokal yang berupa pemanfaatan limbah. Salah satu sumber daya local disekitar kita yang dimanfaatkan contohnya pecahan keramik.

Limbah keramik digunakan dalam pembuatan beton sebagai agregat kasar. Adapun batas-batas gradisi untuk agregat kasar yang tercantum dalam tabel 2.3 (Tjokrodumuljo,K.2007) dibawah ini.

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Tabel 2.3 Batas-batas gradisi agregat kasar
Sumber: Tjokrodumuljo, K. 2007

2.5 Faktor Air Semen

Menurut Mulyono, (2003:140) dalam proyek akhir Indah, “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. Pada pekerjaan di lapangan untuk mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai FAS, ditambahkan bahan tambah “*Admixture Concrete*” yang bersifat menambah keenceran “*Plasticity or Plasticilizer Admixture*”.

Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam

pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

D.A. Abrams pada tahun 1918 menyatakan bahwa “ untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja, yaitu faktor air semen dari pasta” (Nugraha dan Antoni, 2007: 181). Ini dinyatakan dengan rumus:

$$f'c = \frac{A}{B \left(\frac{w}{c}\right)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan pada umur tertentu,

A = konstanta empiris,

B = konstanta tergantung pada sifat semen, dan

w/c = faktor air semen

2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton dinotasikan sebagai berikut (PB,1989:16).

f'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan (Mpa).

f'_{ck} = kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau dari silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Mpa).

f_c = kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (Mpa).

f'_{cr} = kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (Mpa).

S = deviasi standar (s) (Mpa).

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu,

yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Kuat tekan beton dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan beton harus memenuhi 0.85 f'c untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi f'c +0.82 s untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu kekuatan beton adalah sebagai berikut:

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya
2. Metode perancangan
3. Perawatan
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan.

2.7 Rencana Campuran Beton

2.7.1 Perancangan Campuran

Menurut Mulyono, (2003: 157) dalam proyek akhir Indah, campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangan. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*mix design*). Dalam menentukan proporsi campuran dapat digunakan beberapa metode, antara lain:

a. Metode *American Concrete Institute*

Metode *American Concrete Institute* (ACI) mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di

lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekutan pekerjaan beton.

b. Metode *Road Note* No.4

Cara perancangan ini dari hasil penelitian Glanville.,et.al, yang ditekankan pada pengaruh gradasi agregat terhadap kemudahan pengerjaan.

c. Metode Standar Nasional Indonesia SK.SNI.T-15-1990-03

Perancangan cara Inggris atau dikenal dengan metode Departemen Pekerjaan Umum yang tertuang dalam SK.SNI.T-15-1990-03 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” merupakan adopsi dari cara *Departement of Enviroment (DoE), Building Research Establishment, Britain.*

d. Metode *Portland Cement Assiciation* (PCA)

Metode desain campuran PCA pada dasarnya sama dengan metode ACI sehingga secara umum hasilnya akan saling mendekati.

e. Metode Campuran Coba-Coba

Metode coba-coba ini merupakan cara yang lebih ekonomis namun membutuhkan waktu yang cukup lama. Cara coba-coba biasanya dikembangkan berdasarkan dari metode di atas, setelah dilakukan pelaksanaan dan evaluasi.

2.8 Prosedur Penelitian

2.8.1 Pemeriksaan Agregat

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji beton, dicoba pengujian terhadap sifat-sifat agregat kasar dan agregat halus. Pemeriksaan sifat-sifat dari agregat yang dicoba dalam penelitian ini antara lain :

1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Untuk menentukan berat jenis semen. Berat jenis semen yaitu perbandingan antara berat volume kering semen pada temperature suhu ruangan dengan berat volume air suling pada 4°C, yang

volumenya sama dengan volume semen. Perlengkapan serta bahan yang digunakan untuk pengecekan berat jenis semen merupakan :

- a. Botol Le Chatelier
- b. kerosin leluasa air dengan berat tipe 62 API (*American Petroleum Institute*).
- c. Semen ditimbang seberat 64 gram.

Prosedur pengecekan berat jenis semen :

- a. Botol Le Chatelier diisi dengan kerosin sampai antara skala 0 dan 1. Keringkan bagian dalam botol diatas permukaan cairan.
- b. Memasukan botol kedalam bak air sebagai usaha melindungi temperature suhu yang konstan buat menghindari alterasi temperature suhu botol yang lebih besar dari 0, 2°C.
- c. Sesudah temperatur suhu air sama dengan temperatur cairan dalam botol, baca skala pada botol (V1)
- d. Memasukan contoh semen sedikit demi sedikit kedalam botol. Jangan sampai terjalin semen yang melekat pada dinding botol diatas campuran.
- e. Sesudah benda uji dimasukkan putar botol dengan posisi miring secara lambat laun hingga gelembung udara yang mengucir lagi pada permukaan cairan.
- f. Mengulangi pekerjaan 1. Sesudah temperatur suhu air sama dengan temperature suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V2).

Dengan pengujian diatas bisa dicoba perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat semen}}{(V2-V1)} \times d \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

V1 = Pembacaan pertama pada skala botol

V2 = Pembacaan kedua pada skala botol

$(V_2 - V_1)$ = Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan temperatur suhu berat tertentu.

d = Berat isi air pada temperatur suhu 4°C (1 g/cm³)

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan berat volume agregat bertujuan memastikan berat isi agregat halus, kasar, ataupun campuran yang didefinisikan selaku perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Dalam melaksanakan pemeriksaan berat volume agregat ini antara lain :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh,
- b. Talam kapasitas lumayan besar buat mengeringkan contoh agregat,
- c. Tongkat pemadat berdiameter 15 milimeter, panjang 60 centimeter, yang ujungnya bundar, dibuat dari baja tahan karat.
- d. Mistar perata
- e. Sekop
- f. Wadah baja yang lumayan kaku berbentuk kubus dengan perlengkapan pemegang berkapasitas, yang mana dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Kapasitas Wadah Baja

Kapasitas (Liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tabel Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir Maksimum Agregat (mm)
			Dasar	sisi	
2.832	152.4±2.5	154.9±2.5	5.08	2.54	12.70
9.435	203.2±2.5	292.1±2.5	5.08	2.54	25.40
14.158	254.0±2.5	279.4±2.5	5.08	3.00	38.10
28.316	355.6±2.5	284.4±2.5	5.08	3.00	101.60

Sumber : Panduan Pratikum Beton UMBS

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat volume aggregate :

1. Berat isi lepas

- a. Timbang dan catat berat wadah (W1)
 - b. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan sendok atau sekop sampai penuh.
 - c. Ratakan permukaan benda uji menggunakan mistar perata.
 - d. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W2)
 - e. Hitunglah berat benda uji ($W3 = W2 - W1$)
2. Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38,10 mm (1,5”)
- a. Timbang dan catat berat wadah (W1)
 - b. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
 - c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan perata.
 - d. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W2)
 - e. Hitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$)

Dari hasil pengujian diatas kita dapat menghitung berat isi agregat dengan persamaan rumus 2.5 :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W3}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$$V = \text{isi Wadah (m}^3\text{)}$$

3. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Data distribusi butiran pada agregat dibutuhkan dalam perencanaan campuran beton. Analisa saringan bertujuan buat memastikan pembagian butir (gradasi agregat). Informasi distribusi butiran pada agregat dibutuhkan dalam perencanaan adukan beton. Penentuan gradasi agregat ini dicoba pada aggregate kasar dan agregat halus. Alat yang digunakan ialah :

- a. Seperangkat saringan dengan dimensi jarring-jaring tertentu.

- b. Timbangan digital
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu
- d. Alat pemisah contoh (*sample spliter*)
- e. Mesin penggetar saringan
- f. Talam
- g. Kuas, sendok, dan alat lainnya

Benda uji yang hendak diuji sebelumnya dikeringkan dalam oven dengan temperature $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$, hingga berat contoh tetap. Benda uji tersebut dicurahkan pada fitur saringan yang telah disusun mulai dari saringan sangat besar pada bagian atas. Fitur saringan diguncang atau digetarkan dengan mesin penggetar sepanjang 15 menit.

Dari hasil pengujian diatas kita dapat menghitung persentase berat benda uji yang tertahan tiap-tiap saringan terhadap berat total benda uji. Sehingga bisa diketahui apakah benda uji yang hendak kita pakai masuk dalam batasan gradasi ataupun tidak.

4. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Tujuan dari pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 ini merupakan memastikan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan nomor 200 dengan metode pencucian. Berat minimum contoh agregat yang hendak diuji bergantung pada dimensi maksimum dengan batasan gradasi sebagai berikut :

Dimensi maksimum :

2.36 milimeter (no.8)	= 100 gram
1.18 milimeter (no.4)	= 500 gram
9.50 milimeter (3/8")	= 2000 gram
19.10 milimeter (3/4")	= 2500 gram
38.10 milimeter (1.5)	= 5000 gram

Perlengkapan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain :

- a. Saringan nomor 16 serta nomor 200

- b. Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang lumayan besar sehingga pada waktu diguncang-guncang benda uji atau air pencuci tidak tumpah
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengaturan temperature (110±5)°C
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,1%
- e. Talam dengan kapasitas yang lumayan besar buat mengeringkan agregat
- f. Sendok atau sekop

Langkah-langkah dalam pengujian ini ialah :

- a. Masukkan contoh aggregate yang beratnya 1,25 kali berat minimum benda uji kedalam talam. Keringkan dalam oven dengan temperatur (110±5)°C hingga mengapai berat tetap.
- b. Masukkan benda uji aggregate kedalam wadah, serta diberi air pencuci seperlunya sehingga benda uji terendam.
- c. Guncang-guncangkan wadah serta tuangkan air pencucian ke dalam lapisan saringan nomor 16 serta nomor 200. Dalam proses penuangan air cucian, upayakan bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
- d. Masukkan air pencucian baru, ulangi pekerjaan point c hingga air cucian jadi jernih.
- e. Seluruh bahan yang tertahan saringan nomor 16 serta nomor 200 kembalikan dalam wadah, setelah itu masukkan bahan tersebut kedalam talam yang sudah diketahui beratnya (W2). Keringkan dalam oven hingga mengapai berat tetap.
- f. Sehabis kering timbang serta catat beratnya (W3)
- g. Hitunglah berat bahan kering tersebut (W4 = W3-W2)
- h. Sehabis berat bahan kering didapatkan, hitung jumlah bahan yang melalui saringan nomor 200 dengan persamaan 2.6

Jumlah bahan lewat saringan no. 200

$$= \frac{W1-W4}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

W1 = berat benda uji semula (gram)

W4 = berat bahan tertahan saringan nomor 200 (gram)

Analisis jumlah bahan yang lolos saringan nomor 200 dalam persen. Bagi SK SNI S-04-1989-F nilai kandungan lumpur agregat <5%. Bila persentase bahan yang melalui saringan nomor 200 5%, berarti bahan memiliki isi lumpur yang besar.

5. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Pengecekan ini dimaksudkan buat memastikan terdapatnya isi bahan organik dalam agregat halus. Isi bahan organik yang kelewatan pada faktor bahan beton bisa pengaruhi mutu beton. Dalam menganalisis hasil pengecekan bersumber pada observasi warna contoh terhadap warna standar nomor 3.

Pengecekan zat organik pada agregat halus wajib dicoba dengan akumulasi senyawa NaOH 3% pada benda uji yang telah dimasukkan kedalam botol gelas tembus pandang yang dilengkapi dengan penutup karet ataupun gabus atau bahan yang lain yang tidak bereaksi terhadap NaOH. Botol ditutup rapat serta dikocok supaya agregat tercampur dengan NaOH. Diamkan sepanjang 24 jam, setelah itu bandingkan warna cairan yang nampak dengan warna standar nomor 3. Ukur besar pasir (V1) serta besar lumpur (V2) dengan persamaan 2.7

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V2}{V1+V2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

V1 = Tinggi pasir dalam botol

V2 = Tinggi lumpur dalam botol

6. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

Agregat Halus yang dipakai buat adukan beton agregat yang memiliki kadar lumpur <5%. Dengan pengecekan agregat lewat

saringan nomor 200 untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat.

7. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air agregat merupakan perbandingan berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang sesuai dengan kondisi agregat di lapangan.

Berat minimum contoh agregat tergantung pada dimensi maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

Ukuran maksimum :

6.30 mm (1/4")	= 0.50 kg
9.50 mm (3/8)	= 1.50 kg
12.70 mm (0.5")	= 2.00 kg
19.10 mm (3/4")	= 3.00 kg
25.40 mm (1.0")	= 4.00 kg
38.10 mm (1.5")	= 6.00 kg
50.80 mm (2.0")	= 8.00 kg
63.50 mm (2.5")	= 10.00 kg
76.20 mm (3.0")	= 13.00 kg
88.90 mm (3.5")	= 16.00 kg
101.60 mm (4.0")	= 25.00 kg
152.40 mm (6.00")	= 50.00 kg

Peralatan dan bahan yang digunakan :

- Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh
- Oven yang suhunya dapat diatur sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- Talam logam tahan karat berkapasitas lumayan besar bagi tempat pengeringan contoh benda uji.

Langkah-langkah Pengujian :

- Timbang dan catat berat talam (W1)

- b. Masukkan benda uji kedalam talam, kemudian timbang berat talam + benda uji (W2)
- c. Hitung berat benda uji (W3 = W2-W1)
- d. Keringkan benda uji bersama talam didalam oven pada suhu (110±5)°C sampai mencapai berat tetap
- e. Setelah kering, timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W4)
- f. Hitunglah berat benda uji kering (W5 = W4-W1)
- g. Hitunglah kadar air agregat dengan persamaan (2.8)

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W3-W5}{W3} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

8. Analisis *Specific-Gravity* dan Penyerapan Agregat

a. Agregat Kasar

Tujuan dari pengujian ini merupakan memastikan *bulk* dan *apparent specific-gravity* serta penyerapan (*absorption*) dari agregat kasar bagi prosedur ASTM C127. Nilai ini dibutuhkan buat menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Berat contoh agregat yang hendak diuji disiapkan sebanyak 11 liter dalam kondisi kering permukaan (SSD= *surface Saturated Dry*).

Langkah-langkah pengujian :

- 1. Benda uji direndam sepanjang 24 jam
- 2. Benda uji dikeringkan hingga keadaan SSD dengan mengulungkan handuk pada butiran agregat
- 3. Timbang berat benda uji dalam keadaan SSD (A)
- 4. Benda uji dimasukkan kedalam keranjang serta direndam kembali dengan air. Goyang-goyangkan keranjang dalam air buat membebaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh keadaan (B)
- 5. Keringkan benda uji setelah itu timbang keadaan kering (C)

6. Perhitungan

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{C}{C-B} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi kering} = \frac{C}{A-B} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{A}{A-B} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Presentase (\%) Penyerapan (absorption)} = \frac{A-C}{C} \times 100\% \dots\dots (2.12)$$

Dimana: A = Berat contoh SSD

B = Berat contoh dalam air

C = Berat contoh kering diudara

b. Agregat Halus

Berat contoh Agregat halus disiapkan sebanyak 1000 gram. Langkah penujian semacam dibawah ini:

1. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan dengan hingga diperoleh keadaan kering dengan gejala contoh tercurah dengan baik.
2. Sebagian dari contoh dimasukkan pada “*metal sand cone mold*”. Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan. Keadaan SSD diperoleh bila cetakan diangkat butiran-butiran pasir longsor atau runtuh.
3. Contoh agregat sebanyak 500 gram dimasukkan dalam piknometer dengan air hingga 90 % penuh. Goyangkan piknometer buat melepaskan udara. Rendam piknometer selama 24 jam serta timbang berat piknometer yang berisi berat contoh serta air.
4. Pisahkan contoh benda uji dari piknometer serta keringkan. Timbang piknometer yang berisi air.

5. Perhitungan

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{E}{B+D-C} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi SSD} = \frac{B}{B+D-C} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\text{Persentase Absorpsi} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

A = Berat piknometer

B = Berat contoh kondisi SSd

C = Berat piknometer + contoh + air

D = Berat piknometer + air

E = Berat contoh kering

2.8.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton yang direncanakan buat memastikan suatu komposisi material yang digunakan buat campuran beton. Dalam perencanaan ini harus memperhatikan aspek *workability*, *durability*, dan *finishing* dengan mutu beton K-250 yang sudah direncanakan. Sesuai dengan tabel 2.5

Tabel 2.5 Rencana Pengujian

NO	Perbandingan Campuran	Umur Beton		
		7 hari	14 hari	28 hari
1	0 %	3	3	3
2	2 %	3	3	3
3	5 %	3	3	3
4	8 %	3	3	3

Langkah-langkah perhitungan *mix design* beton normal mengacu pada SNI 03-2834-2000. Tujuannya ialah menentukan komposisi komponen beton basah dengan ketentuan tekan karakteristik dan slump rencana.

Tabel berikut dapat dipergunakan untuk acuan nilai parameter yang perlu dalam perhitungan perencanaan berikut, dengan persamaan tabel 2.7

Tabel 2.7 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton

PENETAPAN VARIABLE PERENCANAAN			
1	Kategori Jenis Struktur		
2	Rencana Slump	Tabel II	Cm
3	Kuat Tekan Rencana Beton		Mpa
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus		
5	Ukuran Maksimum Agregat Kasar	Tabel IV	Cm
6	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)		
7	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)		
8	Berat Isi Agregat Kasar		Kg/m ³
PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON			
9	Rencana Air Adukan/m ³ Beton	Tabel A	Kg/m ³
10	Persentase Udara Yang Terperangkap	Tabel A	%
11	w/c RAT	Tabel I/grafik	
	w/c RATIO Maksimum	Tabel I	
	Berat semen = Nilai w/c terkecil	w/c Terkecil/(9)	
12	Berat semen	(9)/(11)	Kg
13	Volume Agregat Kasar Perlu/m ³ Beton	Tabel B	
14	Berat Agregat Kasar perlu	(13) x (8)	Kg
15	Volume Semen	0,001x(12)/3,15	M ³
16	Volume Air	0,001 x (9)	M ³
17	Volume Agregat kasar	0,001 x (14)/(7)	M ³
18	Volume Udara	-10	M ³
19	Volume Perlu Agregat halus / m ³ Beton	91-[(15)+(16)+(17)+(18)]	M ³
KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN /M³ BETON			
20	Semen	(12)	Kg
21	Air	(9)	Kg
22	Agregat Halus Kondisi SSD	(19) x (6) x 1000	Kg
23	Agregat kasar kondisi SSD	(14)	Kg
24	Faktor Semen	(20)/50	Zak
KOREKSI UKURAN DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN			
25	Persentase Kadar Lembab Agregat kasar	Mk	

26	Adsorpsi Agregat Kasar	Ak	
27	Kadar Air Agregat Halus	Mh	Kg
28	Adsorpsi Agregat Halus	Ah	
29	Tambahan Air Adukan dari Kondisi Agregat Kasar	$(23) \times (ak - mk) / (1 - mk)$	Kg
30	Tambahan Agregat Kasar Untuk Kondisi Lapangan	$(23) \times (mk - ak) / (1 - mk)$	Kg
31	Tambahan Air Adukan dari Kondisi Agregat Halus	$(22) \times (ah - mh) / (1 - mh)$	Kg
32	Tambahan Agregat Halus untuk Kondisi Lapangan	$(22) \times (mh - ah) / (1 - mh)$	
KOMPOSISI UNSUR BETON UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M³ BETON			
33	Semen	(12)	Kg
34	Air	$(21) + (29) + (31)$	Kg
35	Agregat Halus Kondisi Lapangan	$(22) + (32)$	Kg
36	Agregat Kasar Kondisi Lapangan	$(23) + (30)$	Kg
KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON/KAPASITAS MESIN MOLEN 0.03 M³			
37	Semen	$(33) \times 0.03$	Kg
38	Air	$(34) \times 0.03$	Kg
39	Agregat Halus Kondisi Lapangan	$(35) \times 0.03$	Kg
40	Agregat Kasar Kondisi Lapangan	$(36) \times 0.03$	Kg
DATA SETELAH PELAKSANAAN			
45	Sisa Air Campuran		Kg
46	Penambahan Jumlah Air		Kg
47	Jumlah Air Sesungguhnya Digunakan		Kg
48	Nilai SLUMP yang Diukur		Kg

Sumber: Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat

2.8.3 Pembuatan Benda Uji Kubus

Metode pembuatan benda uji silinder dengan metode mempersiapkan bahan sesuai dengan perhitungan *mix design*. Tata cara yang dicoba untuk pembuatan beton ialah sebagai berikut:

- a. Persiapkan seluruh bahan serta timbang sesuai dengan berat rencana,

- b. Masukkan agregat kasar (split), agregat halus, serta semen kedalam *Concrete Mixer*.
- c. Setelah tercampur masukan air sedikit demi sedikit, proses pencampuran tidak melebihi 5 menit buat melindungi beton tidak mengeras waktu dimasukkan kedalam silinder,
- d. Keluarkan beton segar dari *Concrete Mixer* serta masukkan kedalam kerucut Abram buat pengecekan nilai *slump*,
- e. Setelah nilai *slump* didapatkan, kemudian beton dimasukkan kedalam cetakan kubus dengan ukuran 15 x 15 15 cm dengan metode memasukkan beton segar tiap-tiap sepertiga dari cetakan kubus, sesudah itu ditusuk tiap lapisannya sebanyak 25 kali.

2.8.4 Pengujian Nilai *Slump*

Cara pengujian *slump* menurut SNI 1972-2008 ialah sebagai berikut:

- a. Membasahi kerucut, meletakkan ditempat yang basah, rata, dan tidak menyerap air
- b. Mengisi kerucut dengan beton segar dalam tiga lapis, masing-masing sepertiga dari volumenya
- c. Menusuk setiap bagian sebanyak 25 kali
- d. Meratakan bagian atasnya, dan tunggu sampai 30 detik
- e. Menarik kerucut tegak lurus vertical dengan perlahan
- f. Meletakkan tabung kerucut disamping beton segar, kemudian ukur beda tinggi kerucut dengan beton segar untuk mendapatkan nilai *slump*

(Yanti,2019)

2.8.5 Perawatan (Curing) Benda Uji

Metode perawatan benda uji ialah sebagai berikut:

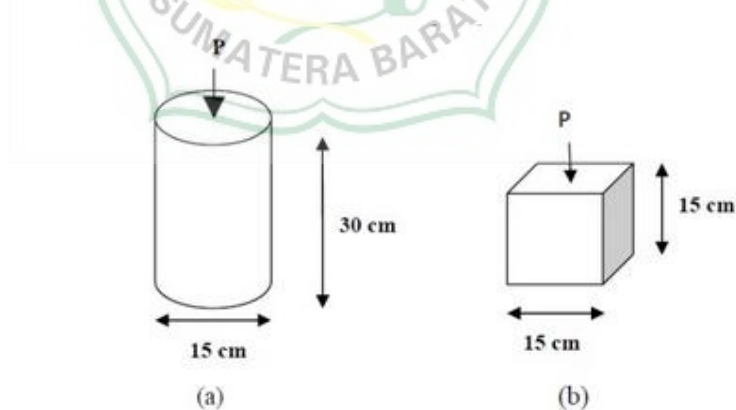
- a. Setelah 24 jam, cetakan beton silinder dibuka, kemudian beton dibersihkan

- b. Rendam benda uji di dalam bak perendam memakai air bersih selama 7 hari hingga 28 hari
- c. Setelah itu beton diangkat serta didiamkan dalam temperatur ruangan, setelah itu diuji kuat tekan beton

2.8.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan rencana dengan kuat tekan di lapangan. Pengujian kuat tekan di coba dengan mesin pengujian kuat tekan atau CTM (*Compression testing machine*). Benda uji diuji pada usia 7 hari, 14 hari, serta 28 hari, yang secara langsung dapat diketahui nilai kuat tekannya dengan pembacaan skala pembebanan yang didapat pada waktu pengujian kuat tekan beton. Beton maksimum yang bisa diterima oleh benda uji dapat diketahui pada saat angka penunjuk tekanan mencapai nilai tertinggi diiringi dengan retak atau hancur pada benda uji setelah menerima beban maksimum.

Pada pengujian kuat tekan beton, benda uji diberi beban (P) dari atas perlahan demi perlahan hingga beton tersebut hancur, terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.5 Sampel uji kuat tekan, (a) silinder beton dan (b) kubus beton.

Sumber : Pedoman Beton PT. Biro Enjineering

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton ialah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji silinder beton yang akan diuji.

2. Melekan benda uji silinder yang hendak diuji pada mesin kuat tekan beton (CTM)
3. Mengendalikan jarum *Compression Testing Machine* tepat pada posisi nol.
4. Menyalakan *Compresion Testing Machine* setelah itu membaca jarum petunjuk beban sampai benda uji mjulai hancur.
5. Mencatat besarnya nilai beban maksimum yang setelah itu digunakan buat menghitung nilai kuat tekan silinder beton.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Jalan Paninjauan, Kec. Mandiangin Kota Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber: [//kodepos.id/jalan/jalan-paninjauan-mandiingin-koto-selayan-bukittinggi-sumatera-barat-26127.html](http://kodepos.id/jalan/jalan-paninjauan-mandiingin-koto-selayan-bukittinggi-sumatera-barat-26127.html) (1 Agustus 2021)

3.2 Jenis Penelitian

3.2.1 Pengertian Metode Kualitatif dan Kuantitatif

1. Metode Kualitatif

Metode Kualitatif merupakan cara penelitian yang berfokus pada aspek uraian secara mendalam sesuai permasalahan. Berikut ini terdapat sebagian penafsiran tata cara kualitatif bagi para pakar;

a. Menurut Lexy J. Moloeng

Tata cara riset kualitatif merupakan sesuatu studi yang bertujuan buat menguasai kondisi yang dirasakan oleh subjek riset.

b. Menurut Sugiyono

Tata cara riset kualitatif merupakan riset yang digunakan buat menerangkan mutu dari serta keistemewaan dari pengaruh social yang tidak bisa dipaparkan dengan pendekatan kuantitatif.

2. Metode Kuantitatif

Metode kuantitatif merupakan tata cara riset yang tertuju pada aspek pengukuran dengan metode objektif . Berikut ini penafsiran tata cara kuantitatif bagi para pakar.

a. Menurut Kasiram

Tata cara kuantitatif merupakan tata cara riset memakai proses data-data berbentuk angka selaku perlengkapan menganalisa serta melaksanakan kajian riset.

b. Menurut Nana Sudjana dan Ibrahim

Penelitian kuantitatif merupakan yang didasari pada anggapan, berikutnya dianalisis dengan tata cara riset yang benar.

c. Menurut Suriasumantri

Penelitian yang dicoba dengan kajian pemikiran yang sifatnya ilmiah. Kajian ini memakai langkah-langkah.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

a. Kerucut Abrams

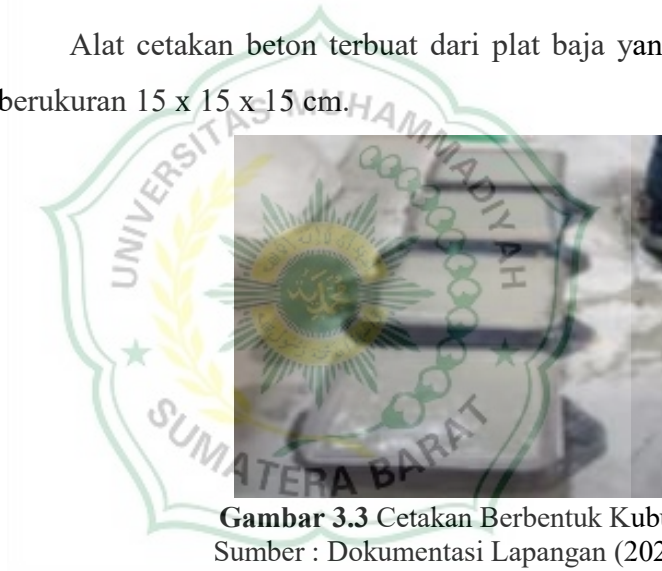
Alat yang digunakn untuk menguji nilai *slump* pada beton segar ialah kerucut abrams tongkat besi serta plat baja. Kerucut abrams memiliki ukuran diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 3.2 Kerucut Abrams
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2021)

b. Cetakan Beton

Alat cetakan beton terbuat dari plat baja yang berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm.



Gambar 3.3 Cetakan Berbentuk Kubus
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

c. Tongkat Baja

Berfungsi untuk alat pemadat saat pengujian *slump test* dan saat memasukkan campuran beton kedalam cetakan.

d. Timbangan Digital

Untuk menimbang bahan-bahan penelitian ini alat yang digunakan adalah timbangan digital.



Gambar 3.4 Timbangan Digital
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

e. Mesin Pencampur Bahan (*concrete mixer*)

Dalam pembuatan adukan atau campuran beton alat yang digunakan adalah mesin molen.



Gambar 3.5 Mesin Pengaduk Beton
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

f. Alat Penguji Kuat Tekan Beton

Alat ini digunakan untuk mengukur kuat tekan beton.



Gambar 3.6 Alat Uji Kuat Tekan Beton
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

g. Alat bantu lainnya

Alat yang digunakan saat proses pembuatan benda uji untuk penunjang pelaksanaan sebagai berikut : sekop, sendok semen, meteran, dan mistar.

h. Bak perendam

Digunakan untuk perawatan beton.

i. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur berat jenis, volume air. Juga biasa digunakan untuk pemeriksaan kandungan kadar lumpur dan waktu pembuatan benda uji.

j. Piknometer

Untuk memeriksa berat jenis dan penyerapan agregat pasir.

k. Kompor gas

Digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air, berat jenis dan gradasi agregat

l. Talam

Digunakan sebagai wadah untuk meletakkan agregat pada pengujian kadar air

3.3.2 Bahan Penelitian

- a. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC tipe 1.



Gambar 3.7 Semen portland

Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

- b. Agregat halus yang digunakan adalah pasir palembayan.



Gambar 3.8 Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

- c. Agregat kasar yang digunakan ialah Split dari Lubuk Alung.



Gambar 3.9 Agregat Kasar

Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

- d. Untuk perendaman digunakan air bersih dari Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- e. Limbah Keramik.



Gambar 3.10 Limbah Keramik
Sumber : Dokumentasi Lapangan (2021)

3.4 Variabel Penelitian

1. Variabel terikat yaitu penggunaan beton K-250 sebagai bahan uji.
2. Variabel bebas yaitu kuat tekan beton dengan mutu rencana.

3.5 Data Penelitian

Sumber data menjadi dua jenis yaitu :

1. Data Primer

Data primer merupakan data suatu yang diperoleh peneliti secara langsung (dari tangan pertama). Disini penulis mendapatkan data primer dari proses peneliti beton yang dilakukan pada Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh Peneliti dari sumber yang sudah ada. Disini penulis mengambil data dari buku Panduan pratikum beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatetra Barat.

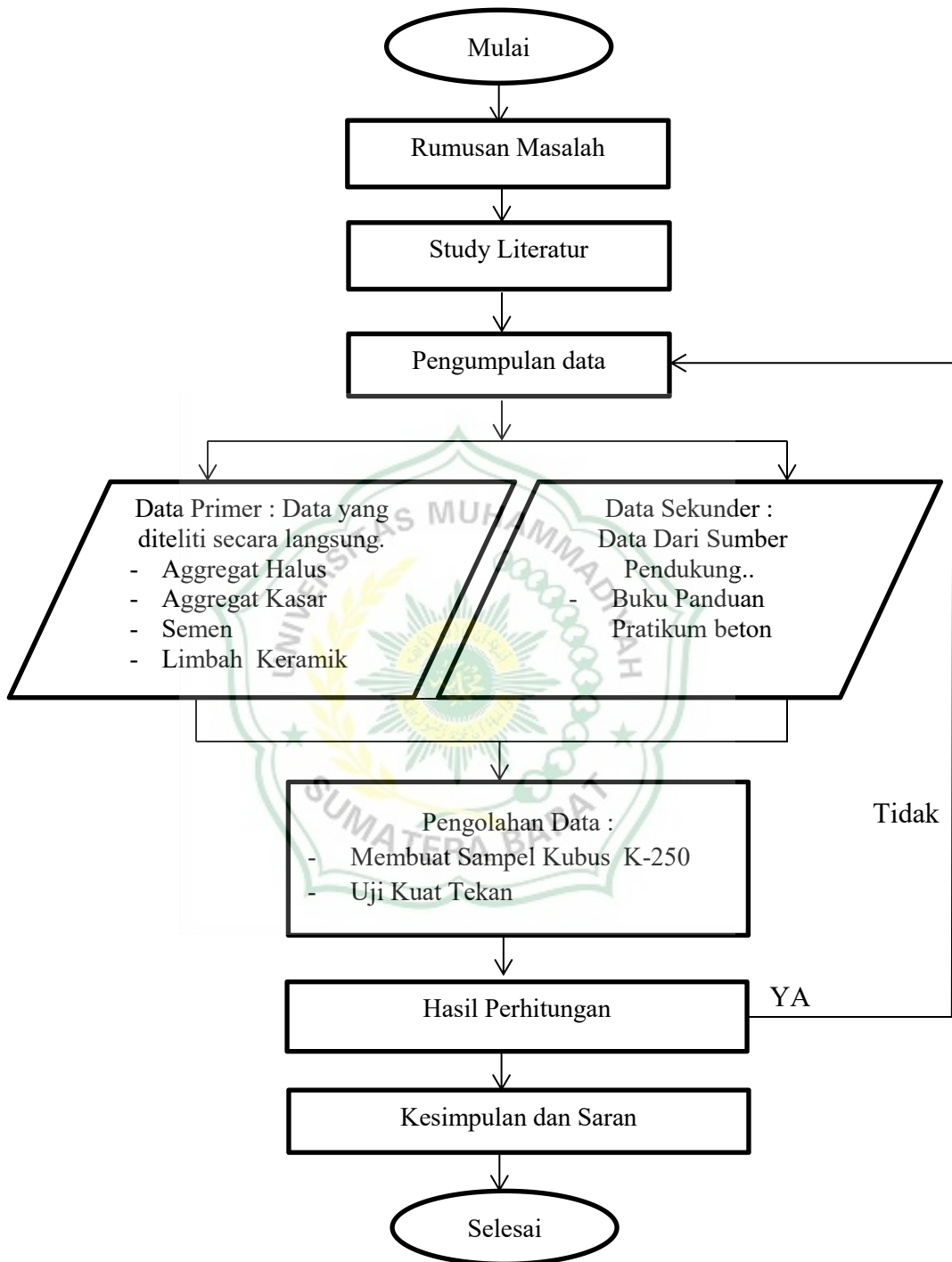
3.6 Metode Analisis Data

Setelah pelaksanaan penelitian selesai, maka akan didapatkan beberapa data yang nantinya akan digunakan untuk membuat pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini. Adapun data-data yang didapat ialah sebagai berikut:

- a. Data pengujian Agregat
 1. Berat jenis dan penyerapan air
 2. Kadar air
 3. Berat satuan
 4. Kadar lumpur
 5. Gradasi
- b. Data hasil pengujian kuat tekan



3.7 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.11 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Hasil pemeriksaan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat adalah sebagai berikut ini:

1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Piknometer No. 1

- a. Berat semen = 64 gram
- b. Volume II zat cair = 20.80 ml
- c. Volume I zat cair = 21,75 ml
- d. Berat isi air pada suhu 4°C = 1 gr/cm³
- e. Berat jenis semen: $\frac{a}{c-b} \times d = 67.368 \text{ gr/cm}^3$

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

- a. Agregat Halus

Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus terdapat di tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
(1)	Volume wadah	10.171	10.171	10.171	10.171	Liter	
(2)	Berat wadah	2.216	2.216	2.216	2.216	kg	
(3)	Berat wadah + Benda uji	14.985	14.050	14.881	13.967	kg	
(4)	Berat benda uji = (3) - (2)	12.769	11.891	12.665	11.653	kg	
(5)	Berat volume agregat = (4) / (1)	1.255	1.169	1.245	1.146	kg/lit	
(6)	Berat volume rata-rata kondisi padat					1.250	kg/lit
(7)	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1.157	kg/lit

Berat volume rata-rata:

$$1) \text{ Kondisi padat} = \frac{E1+E2}{2} = \frac{1.255+1.245}{2} = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$2) \text{ Kondisi gembur} = \frac{E1+E2}{2} = \frac{1.169+1.146}{2} = 1.157 \text{ kg/m}^3$$

b. Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar terdapat di tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
(1)	Volume wadah	10.171	10.171	10.171	10.171	Liter	
(2)	Berat wadah	2.216	2.216	2.216	2.216	kg	
(3)	Berat wadah + Benda uji	17.164	18.053	17.467	14.882	kg	
(4)	Berat benda uji = (3) - (2)	14.948	13.844	15.251	12.666	kg	
(5)	Berat volume agregat = (4) / (1)	1.470	1.361	1.499	1.245	kg/lt	
(6)	Berat volume rata-rata kondisi padat					1.485	kg/lt
(7)	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1.303	kg/lt

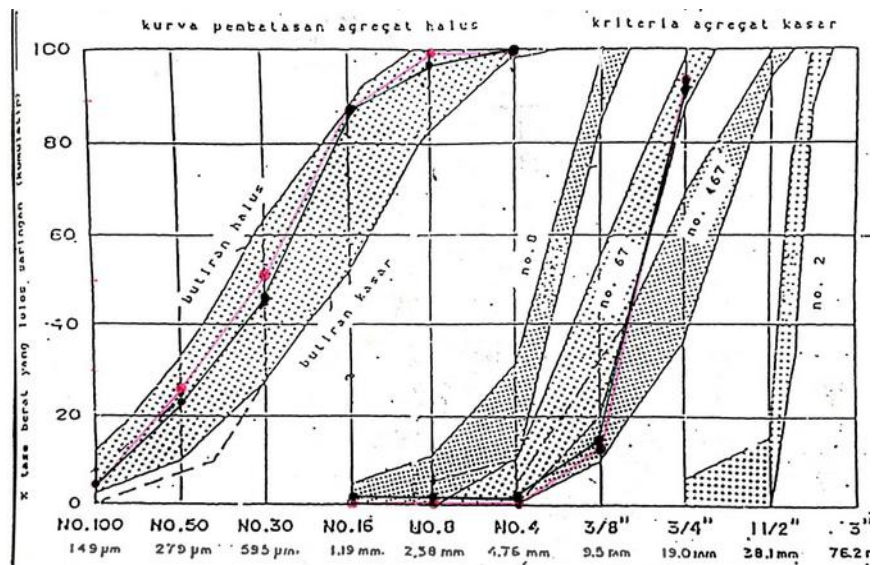
Berat volume rata-rata:

$$1) \text{ Kondisi padat} = \frac{E1+E2}{2} = \frac{1.470+1.499}{2} = 1.484 \text{ kg/m}^3$$

$$2) \text{ Kondisi gembur} = \frac{E1+E2}{2} = \frac{1.361+1.245}{2} = 1.303 \text{ kg/m}^3$$

3. Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar

Pemeriksaan analisis saringan agregat dilakukan pada agregat halus dan kasar. Pemeriksaan analisis saringan agregat bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat. Hasil analisis saringan terdapat dalam tabel berikut ini:



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat
 Sumber : Buku Pratikum Beton UM Sumatera Barat

Tabel 4.3 Analisis Ayakan Agregat Halus (berat contoh 500 gr)

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat kumulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9.50	3/8	-	-	-	-	100.00	100.00
No.4	4.76	-	-	-	-	-	100.00	100.00
No.8	2.38	-	5.5	13.0	1.10	2.60	98.80	98.80
No.16	1.19	-	33.0	38.0	6.60	7.60	92.00	92.00
No.30	0.59	-	91.5	221.0	18.30	44.20	74.00	74.00
No.50	0.27	-	183.0	138.0	36.60	27.60	37.40	37.40
No.100	0.14	-	140.0	69.0	28.00	13.80	9.40	9.40
No.200	0.07	-	30.0	13.0	6.00	2.60	3.40	3.40
Wadah			17.0	8.0	Total (saringan no.4 - no.200)		415.00	
Total			500.0	500.0				
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata							207.5	
Modulus kehalusan							2.08	

Berdasarkan tabel 4.3, dapat diperoleh angka kehalusan agregat halus adalah 3.10.

Tabel 4.4 Analisis Ayakan Agregat Kasar (berat contoh 500 kg)

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat yang lolos	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	12.50	3/4	265.0	265.0	10.60	10.60	89.40	89.40
-	9.50	3/8	201.0	201.0	88.04	88.04	1.36	1.36
No.4	4.70	-	26.0	26.0	1.12	1.12	0.24	0.24
No.8	2.38	-	2.0	2.0	-	-	0.24	0.24
No.16	1.19	-	-	-	-	-	0.24	0.24
Wadah			6.0	6.0	Total		91.48	91.48
Total			500.0	500.0				
Total rata-rata							91.48	

Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Berat terbesar yang tertahan pada agregat halus adalah pada saringan

$$\text{No. 30} = \frac{91,5+170}{2} = 130,7 \text{ gr.}$$

- b. Berat terbesar yang tertahan pada agregat kasar adalah pada saringan

$$\text{No. 3/8} = \frac{258+10.55}{2} = 134,27 \text{ gr.}$$

- c. Modulus kehalusan didapat dari penjumlahan % berat lolos saringan No. 200 keatas dibagi 100, karena % berat lolos pada wadah merupakan lumpur, jadi tidak dimasukkan kedalam perhitungan modulus kehalusan.

4. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Pemeriksaan kadar lumpur untuk agregat halus dilakukan dengan pemeriksaan lolos saringan No. 200. Nilai kadar lumpur agregat halus diperoleh 1%, memenuhi syarat SK-SNI S-04-1989-F dimana syarat agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton adalah yang memiliki kadar lumpur < 5%. Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Pemeriksaan Agregat Lolos Saringan No. 200

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat wadah	135.0	135.0	gr
(2)	Berat wadah + benda uji	635.0	635.0	gr
(3)	Berat benda uji = (2) - (1)	500.0	500.0	gr
(4)	Berat benda uji tertahan dalam saringan	494.0	496.0	gr
(5)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 = $\{ [(3) - (4)] / (3) \} \times 100$	1.200	0.80	%
(6)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 rata-rata		1.00	%

Jumlah bahan lewat saringan No. 200

Pengujian 1

$$\begin{aligned} &= (W3 - W4) / W3 \times 100\% \\ &= (500 - 494) / 500 \times 100\% \\ &= 1,2\% \end{aligned}$$

Pengujian 2

$$\begin{aligned} &= (W3 - W4) / W3 \times 100\% \\ &= (500 - 496) / 500 \times 100\% \\ &= 0,8\% \end{aligned}$$

Rata-ratanya:

$$1,2\% + 0,8\% = 1,00\%$$

Dari percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa agregat memiliki kadar lumpur yang rendah = $1,00\% < 5\%$ \longrightarrow OK

5. Pemeriksaan Zat Organik pada Agregat Halus

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap benda uji setelah direndam dengan campuran NaOH selama 24 jam, terjadi perubahan warna pada air perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut banyak mengandung organik. Kesimpulan yang dapat diambil disini adalah sebelum agregat halus atau pasir digunakan sebaiknya dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi jumlah zat organik yang terkandung dalam pasir tersebut.

6. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus menggunakan Pikometer, dilakukan dengan cara merendam selama 24 jam di dalam piknometer. Agregat halus yang dipakai buat adukan beton agregat yang memiliki kadar lumpur <5%. Dengan pengecekan agregat lewat saringan nomor 200 untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat. Bisa dilihat pada tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6 Pemeriksaan Kadar Lumpur

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Tinggi pasir	493.0	456.0	gr
(2)	Tinggi lumpur	5.0	7.0	gr
(3)	Kadar lumpur = (2) / [(1) + (2)]	1.00	1.51	%
(4)	Kadar lumpur rata-rata		1.26	%

Pengujian 1

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1+v_2} \times 100\% = \frac{5}{493+5} \times 100\% = 1\%$$

Pengujian 2

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1+v_2} \times 100\% = \frac{7}{456+7} \times 100\% = 1,51\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{1\%+1,51\%}{2} = 1,26\%$$

Hasil pengujian pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus didapatkan sebesar 1,26%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan dalam pembentuk beton layak digunakan, karena kandungan lumpur < 5%. Yang mana hal tersebut merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

7. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat Talam + Contoh Basah	1,061.00	1,061.00	gr
(2)	Berat Talam + Contoh Kering	990.00	969.00	gr
(3)	Berat Air = 1 - 2	71.00	92.00	gr
(4)	Berat Talam	61.00	61.00	gr
(5)	Berat Contoh Kering = 2 - 4	929.00	908.00	%
(6)	Kadar Air = $(3 : 5) \times 100 \%$	7.64	10.13	%
(7)	Kadar Air Rata-Rata		8.89	%

b. Agregat Kasar

Tabel 4.8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat Talam + Contoh Basah	1,061.00	1,061.00	gr
(2)	Berat Talam + Contoh Kering	990.00	990.00	gr
(3)	Berat Air = 1 - 2	71.00	71.00	gr
(4)	Berat Talam	61.00	61.00	gr
(5)	Berat Contoh Kering = 2 - 4	929.00	929.00	%
(6)	Kadar Air = $(3 : 5) \times 100 \%$	7.64	7.64	%
(7)	Kadar Air Rata-Rata		7.64	%

8. Analisis *Specific Gravity* Agregat

a. Analisis *Specific Gravity* Agregat Halus.

Tabel 4.9 Analisis *Specific Gravity* Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat piknometer	190.0	190.0	gr
(2)	Berat contoh dalam kondisi SSD	500.0	500.0	gr
(3)	Berat piknometer + contoh SSD + air	961.0	966.0	gr
(4)	Berat piknometer + air	688.0	688.0	gr
(5)	Berat contoh kering	493.0	495.0	gr
(6)	Apparent specific gravity = (5) / [(5) + (4) - (3)]	2.241	2.281	gr
(7)	Bulk specific gravity kondisi kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]	2.172	2.230	gr
(8)	Bulk specific gravity kondisi SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]	2.203	2.252	gr
(9)	Prosentase penyerapan (absorption) = { [(2) - (5)] / (2) } x 100	1.42	1.01	%
(10)	Apparent specific gravity rata-rata		2.261	gr
(11)	Bulk specific gravity kondisi kering rata-rata		2.201	gr
(12)	Bulk specific gravity kondisi SSD rata-rata		2.228	gr
(13)	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata		1.21	%

Pengujian

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C} = \frac{493}{493+688-961} = 2,241 \text{ gr}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{E}{B+D-C} = \frac{493}{500+688-961} = 2,172 \text{ gr}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD)} = \frac{B}{B+D-C} = \frac{500}{500+688-961} = 2,203 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase Penyerapan} &= \frac{B-E}{E} \times 100\% \\ &= \frac{500-493}{493} \times 100\% = 1,42\% \end{aligned}$$

Pengujian 2

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C} = \frac{495}{495+688-966} = 2,281 \text{ gr}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{E}{B+D-C} = \frac{495}{500+688-966} = 2,230 \text{ gr}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD)} = \frac{B}{B+D-C} = \frac{500}{500+688-966} = 2,252 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase Penyerapan} &= \frac{B-E}{E} \times 100\% \\ &= \frac{500-495}{495} \times 100\% = 1,01\% \end{aligned}$$

$$\text{Persentase Penyerapan} = \frac{1,42\% + 1,01\%}{2} = 1,215\%$$

b. Analisis *Specific Gravity* Agregat Kasar

Tabel 4.10 pemeriksaan analisis *Specific Gravity* agregat kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat contoh dalam kondisi SSD	8.7	8,069.0	gr
(2)	Berat contoh SSD dalam air	4,868.0	5,121.0	gr
(3)	Berat contoh kering di udara	8,086.0	7,872.0	gr
(4)	Apparent specific gravity = (3) / [(3) - (2)]	2.513	2.862	gr
(5)	Bulk specific gravity kondisi kering = (3) / [(1) - (2)]	2.130	2.670	gr
(6)	Bulk specific gravity kondisi SSD = (1) / [(1) - (2)]	2.280	2.737	gr
(7)	Prosentase penyerapan (absorption) = { [(1) - (3)] / (1) } x 100	7.13	2.50	%
(8)	Apparent specific gravity rata-rata		2.688	gr
(9)	Bulk specific gravity kondisi kering rata-rata		2.400	gr
(10)	Bulk specific gravity kondisi SSD rata-rata		2.509	gr
(11)	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata		4.82	%

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perhitungan dari perencanaan campuran adukan beton dengan SNI 03-2834-2000, untuk analisis hitungan perencanaan beton. Rencana untuk kebutuhan bahan adukan beton terdapat pada tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Perhitungan *Mix Design* Beton Normal

A. PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN			
(1)	Kategori Jenis Struktur		
(2)	Rencana Slump (Tabel III)	10.00	cm
(3)	Kekuatan Tekan Rencana Beton	20.75	Mpa
	Kuat tekan beton yang disyaratkan umur 28 hari	$f_c =$	20.75 Mpa
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji silinder Ø15 x 30 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	211.588	kg/cm ²
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	254.925	kg/cm ²
(4)	Modulus Kehalusan Agregat Halus	2.85	
(5)	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (Tabel IV)	2.50	mm
(6)	Specific Gravity Agregat Halus (SSD)	2.202	gr
(7)	Specific Gravity Agregat Kasar (SSD)	2.560	gr
(8)	Berat Isi Agregat Kasar	1.481,6	kg/m ³
B. PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON			
(9)	Rencana air adukan/m ³ beton (Tabel A)	193.00	kg/m ³
(10)	Prosentase udara yang terperangkap (Tabel A)	1.50	%
(11)	W/C Ratio (Grafik I atau Tabel I)	0.59	
	W/C Ratio Maksimum (Tabel I)	0.60	
	Berat semen = (11) / (9)	0.003	
	Berat jenis semen (a)	327.120	gr/cm ³
(12)	Berat semen = (9) / (11)	327.120	kg
(13)	Volume agregat kasar perlu /m ³ beton (Tabel B)	0.670	
(14)	Berat agregat kasar perlu = (13) x (8)	992.700	kg
(15)	Volume semen = 0,001 x (12) / (3.15)	0.104	m ³
(16)	Volume air = 0,001 x (9)	0.193	m ³
(17)	Volume agregat kasar = 0,001 x (14) / (7)	0.388	m ³
(18)	Volume udara (10)	0.015	m ³
(19)	Volume agregat halus = 1 - { (15) + (16) + (17) + (18) }	0.300	m ³
C. KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN /M3 BETON			
(20)	Semen (12)	327.120	kg
(21)	Air (9)	193.000	kg
(22)	Agregat halus kondisi SSD = (19) x (6) x 1000	660.600	kg
(23)	Agregat kasar kondisi SSD (14)	992.700	kg
(24)	Faktor semen = (20) / 50 { 1 zak = 50 kg }	6.542	Zak

D. KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN			
(25)	Prosentase kadar lembab agregat kasar : mk	0.0764	
(26)	Absorsi agregat kasar : ak	0.0482	
(27)	Kadar air agregat halus : mh	0.0889	
(28)	Absorsi agregat halus : ah	0.0121	
(29)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar = $(23) \times \{ [ak - mk] / [1 - mk] \}$	-30.339	kg
(30)	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan = $(23) \times \{ [mk - ak] / [1 - mk] \}$	30.339	kg
(31)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus = $(22) \times \{ [ah - mh] / [1 - mh] \}$	-55.664	kg
(32)	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan = $(22) \times \{ [mh - ah] / [1 - mh] \}$	55.664	kg
E. KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M3 BETON			
(33)	Semen (12)	327.120	kg
(34)	Air = (21) + (29) + (31)	106.997	kg
(35)	Agregat Halus kondisi lapangan = (22) + (32)	716.26	kg
(36)	Agregat Kasar kondisi lapangan = (23) + (30)	1,023.04	kg
F. KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON UNTUK VOLUME		=	0.0034 M3
(37)	Semen	9.945	kg
(38)	Air	5.868	kg
(39)	Agregat Halus kondisi lapangan	20.088	kg
(40)	Agregat Kasar kondisi lapangan	30.153	kg
G. DATA SETELAH PELAKSANAAN			
(41)	Sisa air campuran (jika ada)	-	kg
(42)	Penambahan air selama pelaksanaan (jika ada)	-	kg
(43)	Jumlah air sesungguhnya yang digunakan	3.969	kg
(44)	Nilai SLUMP yang diukur	8.5	cm

KOMPOSISI SUBSTITUSI LIMBAH KERAMIK TERHADAP BERAT AGGREGAT
KASAR

Komposisi	Campuran 2%	Campuran 5%	Campuran 8%	Sat
Semen	9,945	9,945	9,945	Kg
Air	5,868	5,868	5,868	Lt

Agregat Halus	20,088	20,088	20,088	Kg
Agregat Kasar	29,592	28,686	27,778	Kg
Limbah Keramik	0,603	1,509	2,415	Kg

4.3 Hasil dan Pembahasan Kuat Tekan Beton

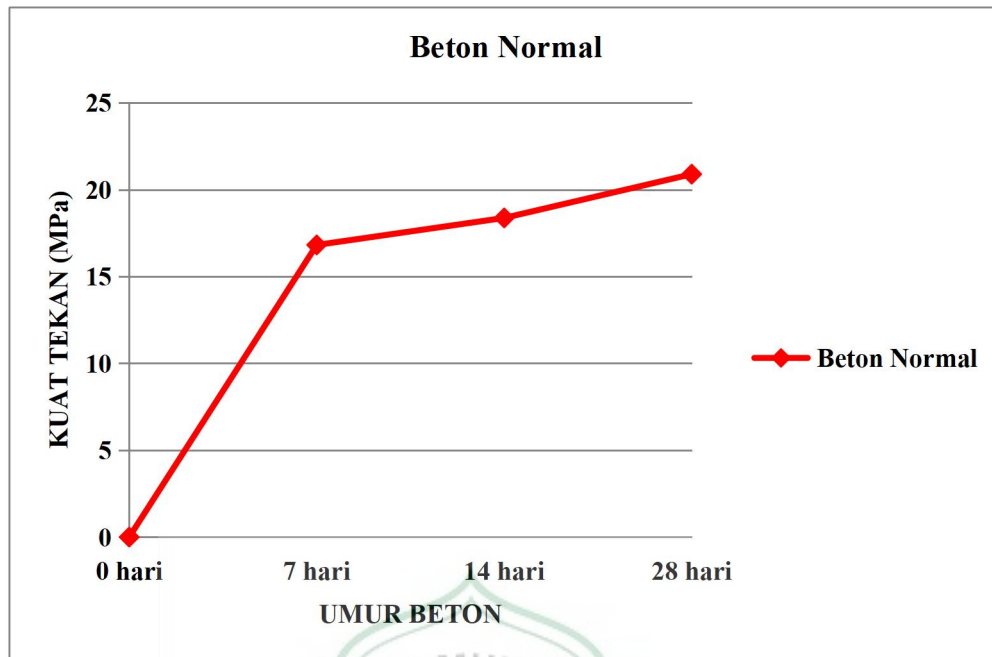
Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton substitusi limbah keramik 2%, 5%, dan 8%. Pengujian kuat tekan beton diuji pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan sebagai berikut:

4.3.1 Kuat Tekan Beton Normal

Beton normal pada pengujian ini dilakukan dengan uji kubus ukuran 15x15x15 cm. pengujian ini dilakukan saat umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan masing-masing benda uji 3 buah. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan beton normal seperti pada tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.12 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
Normal	7	7.506	22500.00	35.5	15.78	16.81	202.59
		7.486	22500.00	40	17.78		
		7.517	22500.00	38	16.89		
	14	7.657	22500.0	41.5	18.44	18.37	221.33
		7.455	22500.0	40.5	18.00		
		7.516	22500.0	42	18.67		
	28	7.432	22500.0	48	21.33	20.89	251.67
		6.555	22500.0	46	20.44		
		7.134	22500.0	47	20.89		



Gambar 4.2 Grafik Kuat Tekan Beton Normal

Berdasarkan pada gambar 4.4 grafik diatas diketahui nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari adalah 16,81 MPa (202,59 kg/cm²). Kemudian naik 18,37 MPa (221,33 kg/cm²) pada umur beton 14 hari. Begitu juga saat umur beton 28 hari yang mana nilai kuat tekan beton didapat adalah 20,89 MPa (251,67 kg/cm²).

Deviasi Standar Beton Normal Umur 28 Hari:

$$\begin{aligned} \Sigma b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 21,33 + 20,44 + 20,89 = 62,67 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma'_{bm} = \frac{62,67 \text{ MPa}}{3} = 20,89 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.13 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Beton Normal

No	$\sigma' b - \sigma'_{bm}$	$(\sigma' b - \sigma'_{bm})^2$
	(MPa)	(MPa)
1	21,33 – 20,89 = 0,44	0,019
2	20,44 – 20,89 = - 0,44	0,019
3	20,89 – 20,89 = 0	0
	Jumlah	0.04

Nilai Deviasi Standar benda uji:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\sigma' b - \sigma' bm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,04}{2-1}} = 0,2 \text{ MPa}$$

Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah:

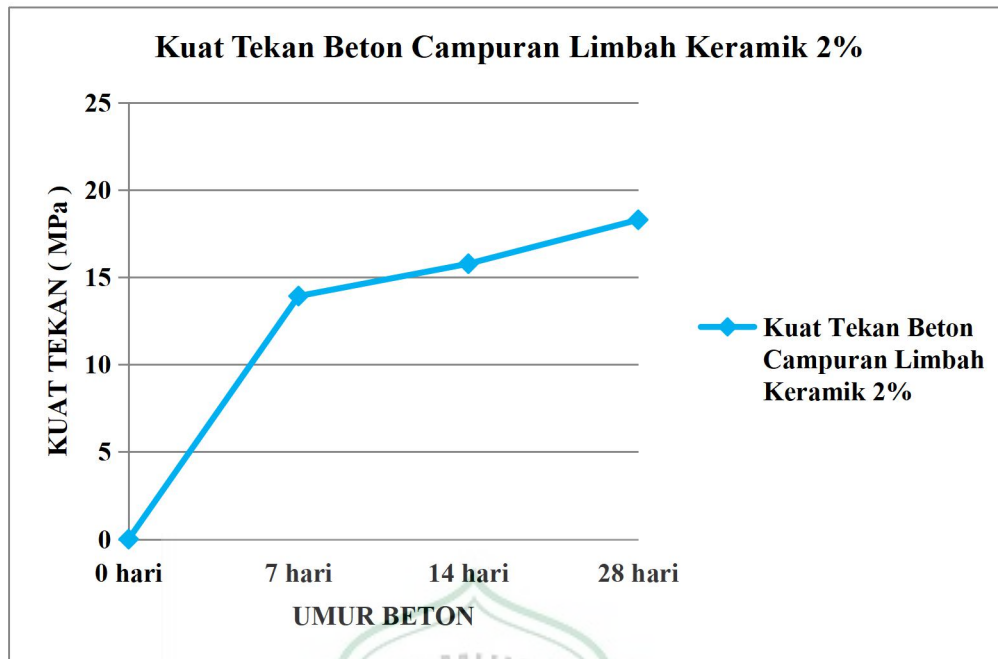
$$\begin{aligned} \sigma' bk &= \sigma' bm - (1,64 \times Sd) \\ &= 20,89 - (1,64 \times 0,2) = 20,562 \text{ Mpa} \\ &= 20,562 : 0,083 = 247,73 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.3.2 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 2%

Pengujian kuat tekan beton campuran limbah keramik 2% dilakukan dengan uji kubus ukuran 15x15x15 cm. Pengujian dilakukan saat umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan masing-masing benda uji 3 buah. Dari hasil penellitian didapat nilai kuat tekan beton normal seperti pada tabel 4.14 berikut ini:

Tabel 4.14 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 2%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
2%	7	7.592	22500.00	34	15.11	13.93	167.78
		7.609	22500.00	31	13.78		
		7.423	22500.00	29	12.89		
	14	7.64	22500.00	35	15.56	15.78	190.09
		7.578	22500.00	36	16.00		
		7.623	22500.00	35.5	15.78		
	28	7.62	22500.00	40	17.78	18.30	220.44
		7.535	22500.00	42.5	18.89		
		7.456	22500.00	41	18.22		



Gambar 4.3 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 2%

Pada gambar 4.5 grafik diatas adalah hasil pengujian beton campuran limbah keramik 2%. Pada umur beton 7 hari didapat nilai kuat tekan beton campuran limbah keramik 2% sebesar 13,93 MPa (167,78 kg/cm²). Kemudian pada umur ke 14 hari naik sebesar 15,78 MPa (190,09 kg/cm²) dari kuat tekan beton campuran 2% umur 7 hari. Dan pada umur 28 hari didapat nilai kuat tekan beton campuran limbah keramik 2% sebesar 18,30 MPa (220,44 kg/cm²).

Deviasi Standar Beton Normal Umur 28 Hari:

$$\begin{aligned} \Sigma \sigma_b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 17,78 + 18,89 + 18,22 = 54,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma'_{bm} = \frac{54,89 \text{ MPa}}{3} = 18,30 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.15 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 2%

No	$\sigma'b - \sigma'bm$	$(\sigma'b - \sigma'bm)^2$
	(MPa)	(MPa)
1	17,78 – 18,30 = - 0,52	0.27
2	18,89 – 18,30 = 0,59	0.35
3	18,22 – 18,30 = 0,59	0.35
	Jumlah	0.9

Nilai Deviasi Standar benda uji:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\sigma'b - \sigma'bm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,9}{2-1}} = 0,9 \text{ MPa}$$

Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah:

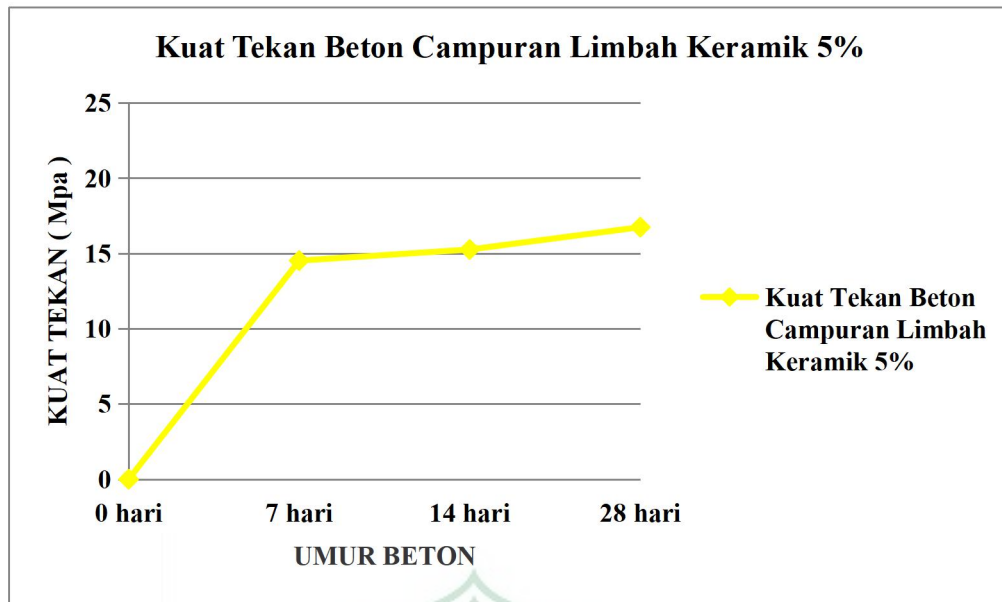
$$\begin{aligned} \sigma'bk &= \sigma'bm - (1,64 \times Sd) \\ &= 18,30 - (1,64 \times 0,9) = 16,82 \text{ Mpa} \\ &= 16,82 : 0,083 = 202,65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.3.3 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 5%

Pengujian kuat tekan beton campuran limbah keramik 5% dilakukan dengan uji kubus 15x15x15 cm. Pengujian dilakukan saat umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan masing-masing benda uji 3 buah. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan campuran limbah keramik 5% seperti tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 5%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
5%	7	7.655	22500.00	30	13.33	14.52	174.92
		7.728	22500.00	36	16.00		
		7.697	22500.00	32	14.22		
	14	7.592	22500.00	32	14.22	15.26	183.85
		7.67	22500.00	37	16.44		
		7.445	22500.00	34	15.11		
	28	7.367	22500.00	39	17.33	16.74	201.70
		7.383	22500.00	38	16.89		
		7.412	22500.00	36	16.00		



Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 5%

Pada gambar 4.6 grafik hasil pengujian kuat tekan beton campuran 5% . Dari hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah keramik 5% pada umur 7 hari didapat nilai kuat tekan sebesar 14,52 MPa (174,92 kg/cm²). Kemudian pada umur 14 hari meningkat 15,26 MPa (183,85 kg/cm²) dari nilai kuat tekan beton 7 hari. Dan pada umur 28 hari didapat nilai kuat tekan sebesar 16,74 MPa (201,70 kg/cm²).

Deviasi Standar Beton Normal Umur 28 Hari:

$$\begin{aligned} \Sigma b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 17,33 + 16,89 + 16,00 = 50,22 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma'_{bm} = \frac{50,22 \text{ MPa}}{3} = 16,74 \text{ MPa}$$

Tabel 4.17 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 5%

No	$\sigma'_{b} - \sigma'_{bm}$	$(\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2$
	(MPa)	(MPa)
1	17,33 – 16,74 = 0,59	0,35
2	16,89 – 16,74 = - 0,15	0,2
3	16,00 – 16,74 = - 0,74	0,55
	Jumlah	1.10

Nilai Deviasi Standar benda uji:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\sigma'b - \sigma'bm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,10}{2-1}} = 1,05 \text{ MPa}$$

Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah:

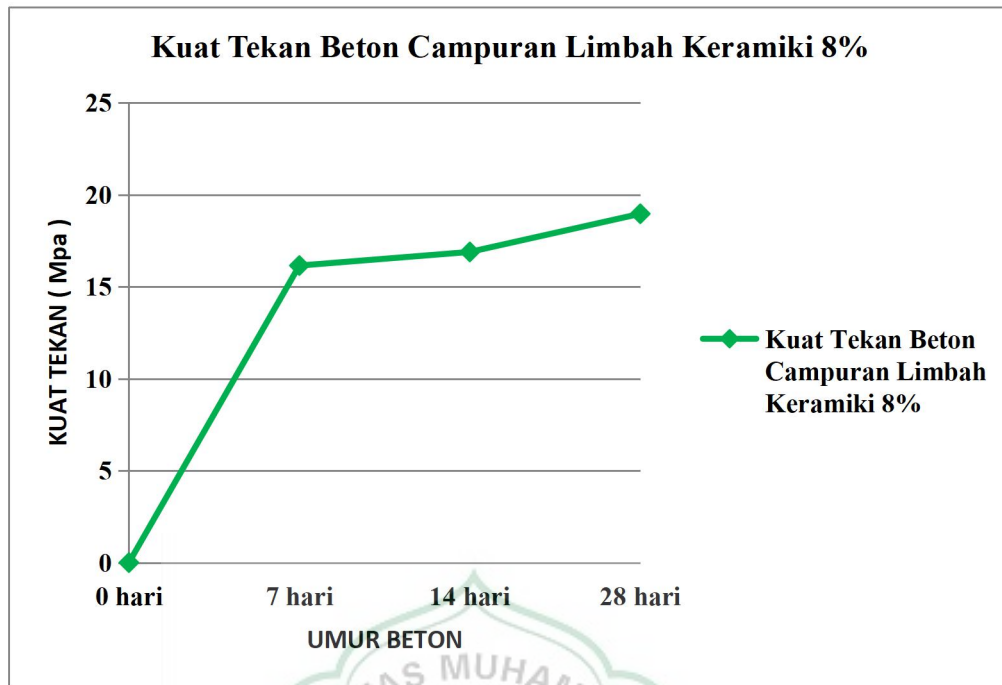
$$\begin{aligned} \sigma'bk &= \sigma'bm - (1,64 \times Sd) \\ &= 16,74 - (1,64 \times 1,05) = 15,02 \text{ Mpa} \\ &= 15,02 : 0,083 = 180,963 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.3.4 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 8%

Pengujian kuat tekan beton campuran limbah keramik 8% dilakukan dengan uji kubus 15x15x15 cm. Pengujian dilakukan saat umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan masing-masing benda uji 3 buah. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan campuran limbah keramik 5% seperti tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18 Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Limbah Keramik 8%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
8%	7	7.51	22500.00	38	16.89	16.15	194.56
		7.428	22500.00	31	13.78		
		7.494	22500.00	40	17.78		
	14	7.807	22500.00	39	17.33	16.89	203.48
		7.628	22500.00	37	16.44		
		7.724	22500.00	38	16.89		
	28	7.579	22500.00	42	18.67	18.96	228.47
		7.514	22500.00	42	18.67		
		7.623	22500.00	44	19.56		



Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Keramik 8%

Pada gambar 4.7 grafik hasil pengujian kuat tekan beton campuran 8% . Dari hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah keramik 8% pada umur 7 hari didapat nilai kuat tekan sebesar 16,15 MPa (194,56 kg/cm²). Kemudian pada umur 14 hari meningkat 16,89 MPa (203,48 kg/cm²) dari nilai kuat tekan beton 7 hari. Dan pada umur 28 hari didapat nilai kuat tekan sebesar 18,96 MPa (228,47 kg/cm²).

Deviasi Standar Beton Normal Umur 28 Hari:

$$\begin{aligned} \Sigma \sigma b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 18,67 + 18,67 + 19,56 = 56,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma'_{bm} = \frac{56,89 \text{ Mpa}}{3} = 18,96 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.19 Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 8%

No	$\sigma' b - \sigma'_{bm}$	$(\sigma' b - \sigma'_{bm})^2$
	(MPa)	(MPa)
1	18,67 – 18,96 = -0,29	0,8
2	18,67 – 18,96 = -0,29	0,8
3	19,56 – 18,96 = 0,60	0,36

	Jumlah	1,96
--	--------	------

Nilai Deviasi Standar benda uji:

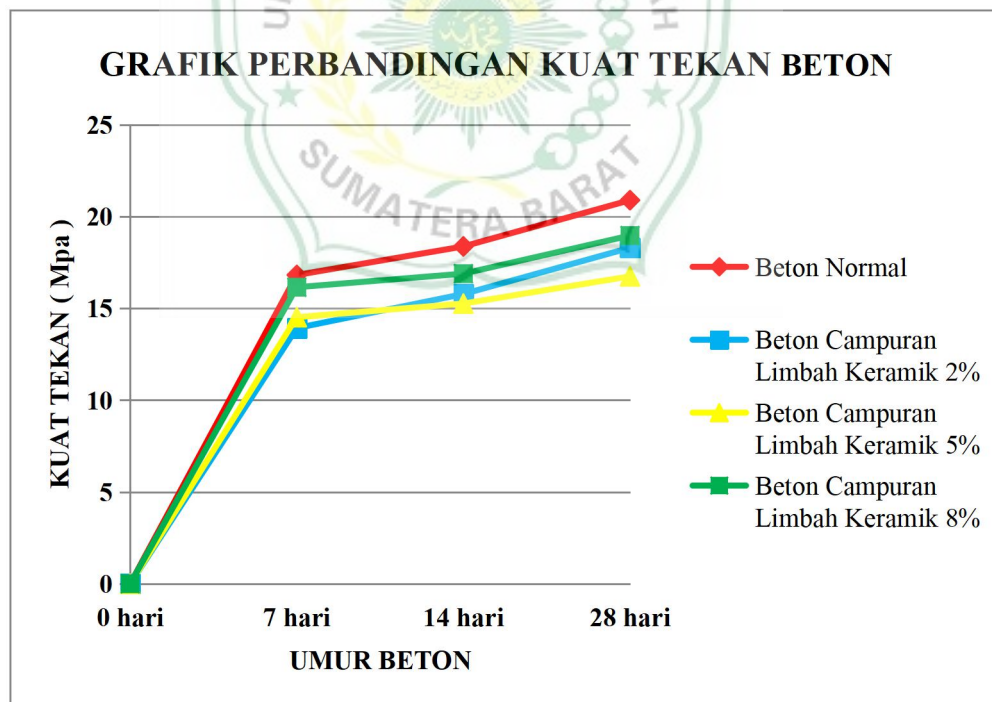
$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\sigma' b - \sigma' b m)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,96}{2-1}} = 1,4 \text{ MPa}$$

Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah:

$$\begin{aligned} \sigma' b k &= \sigma' b m - (1,64 \times Sd) \\ &= 18,96 - (1,64 \times 1,4) = 16,66 \text{ Mpa} \\ &= 16,66 : 0,083 = 200,722 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.4 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Campuran Limbah Keramik

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Penelitian dilakukan dengan membandingkan kuat tekan beton normal dengan beton campuran limbah keramik. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada gambar 4.8 grafik berikut:



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Campuran Limbah Keramik

Berdasarkan gambar 4.8 grafik diperoleh hasil substitusi limbah keramik terhadap beton normal terjadi peningkatan. Pada campuran dengan persentase 2%, 5%, dan 8% terjadi peningkatan sesuai dengan umur benda uji.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian beton normal dan beton yang dicampur dengan limbah keramik dapat disimpulkan:

NO	PERSENTASE BETON	HASIL PERHITUNGAN 28 HARI
1	Beton Normal	20,89 MPa
2	Campuran limbah keramik 2%	18,30 MPa (220,44 kg/cm ²)
3	Campuran limbah keramik 5%	16,74 MPa (201,70 kg/cm ²)
4	Campuran limbah keramik 8%	18,96 MPa (228,47 kg/cm ²)

Berdasarkan hasil penelitian nilai kuat tekan yang dihasilkan beton dengan campuran limbah keramik 2%, 5%, dan 8% mengalami peningkatan. Tapi nilai peningkatan tersebut masih dibawah beton normal, peningkatannya dibandingkan dengan persentase 2% dan 5%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan nilai yang didapatkan dari penelitian tersebut, perlu beberapa koreksi yang harus diperhatikan sebagai pedoman dan acuan penelitian selanjutnya agar dapat lebih baik. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Diperlukan ketelitian dalam perencanaan campuran (*mix design*) serta ketelitian dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan.
2. Bagian atas dan bawah benda uji diusahakan rata. Hal ini dimaksudkan pada waktu pengujian seluruh permukaan benda uji mendapat tekanan yang sama.

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan jumlah variasi persentase 0%, 3%, 6% dan 9%.



DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Pujo & Rahmat Purwono. 2010, "*Pengendalian Mutu Beton*", itspress Surabaya.
- Anonim, 2002, "*Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*" SK SNI 2491-2014, Badan Standar Nasional (BSN).
- Anonim, 2000, "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*" SK SNI 03-2834-2000, Badan Standar Nasional (BSN).
- Bardoso H & Bernardinus Herbuniman. "*Pemanfaatan Beton Daur Ulang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton Mutu Tinggi*", Bandung: Fakultas Teknik Institut Teknologi Nasional, 2010.
- Chandra Ghandi, Kumala. 2013. Pengaruh Penggunaan Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Pembuatan Bata Beton Bertulang. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang.
- Irawan, Dedi. 2020. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Bahan Campuran Terhadap Sifat Mekanik Batako. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Tjokrodinuljo, K. 2012. "*Teknologi Beton*", penerbit KMTS FT UGM.
- Muliyono, Tri. 2003, "*Teknologi Beton*", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nugraha. P, Antoni. 2007, "*Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, Beton kinerja Tinggi*", Penerbit Andi, Surabaya.

Ridwan Ahmad. Sigit Winarto. 2019. Studi Experimen Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Keramik dan Bata Merah. JURMATEKS. Volume 2. No 1.

Saputra,D.(2017). Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Adanyya Bahan Tambah Serat Mengkuang (*Pandanus Artocarpus*) Dan Substitusi Semen Dengan *Fly Ash*. Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung, Blitar.

Soelarso dkk. 2016. “*Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas*”, Banten: Fakultas Teknik Uiversitas Sultan Ageng Tirtayasa.

