

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

Naskah Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan dan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

Disusun oleh :

Dwi Juniar Dewanto
2112187014

Disetujui di Bandung, Tanggal 27 Bulan Agustus 2020
Oleh,

Dosen Pembimbing

Ir. Yushar Kadir, MT.
19560303 199303 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi S1 Teknik Sipil

Dr. Ir. Bakhtiar AB., MT.
432 200 090

Chandra Afriade Siregar, ST., MT
432 200 167

ABSTRAK

Seiring dengan pesatnya pembangunan di bidang konstruksi, kebutuhan beton semakin meningkat. Kebutuhan material pembentuk beton yang ada di alam seperti batu pecah apabila secara terus menerus diambil, akan berdampak terhadap kerusakan lingkungan. Penelitian ini penulis mencoba menggunakan limbah genteng beton untuk dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti batu pecah atau agregat kasar dalam pembuatan campuran beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah genteng terhadap kuat tekan beton. Metode yang digunakan adalah membuat campuran beton dengan komposisi agregat kasar dari limbah genteng beton: 0%, 50%, dan 100%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 14 hari dengan total 6 benda uji silinder. Hasil penelitian pengujian kuat tekan pada umur 14 hari dengan komposisi campuran 1 : 2 : 3 didapatkan nilai optimum pada campuran beton dengan komposisi genteng beton 0% atau beton normal yaitu sebesar 23,77 Mpa, sedangkan untuk beton yang mengandung genteng beton mengalami peningkatan nilai kuat tekan diatas beton normal, yaitu substitusi genteng beton 50% sebesar 24,90 Mpa, substitusi genteng beton 100% sebesar 26,03 Mpa.

Kata Kunci : Limbah Genteng Beton, Kuat Tekan Beton, Substitusi Agregat Kasar

ABSTRACT

Regarding to development darting in construction section, impact to increasing of concrete's need. Nature material needs to create concrete such as taking to over split stone continuously make impact to environment damage. On this research, the writer try to use concrete tile waste for being alternative substitute of split stone or coarse aggregate for making concrete mixture. This research purpose to measure how big impact of tile waste addition to compressive strength of concrete. The method that being used is making concrete mixture with coarse aggregate composition from concrete tile waste: 0%, 50%, and 100%. Compressive strength testing applies to scale of 7 and 14 days with 6 test cylinder objects. The result to scale of 14 days with mixture 1 : 2: 3 have optimum score according to concrete mixture with 0% concrete tile composition or 23,77 Mpa normal concrete, while concrete that contains concrete tile increasing value of compressive strength beyond normal concrete with 50% concrete tile substitution amount to 24,90 Mpa, 100% concrete tile substitution amount to 26,03 Mpa.

Keywords : Waste Concrete Tile, Concrete Compressive Strength, Substitution of Coarse Aggregate

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan Limbah Genteng Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Penulis menyadari bahwa selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini banyak pihak yang membantu, membimbing, dan memberikan dorongan positif kepada penulis. Dan pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada,

1. Dr. H. Asep Effendi, S.E., M.Si., PIA selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
2. Dr. Ir. Didin Kusdian, MT. selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
3. Memi Sulakmi, S.E., M.Si. selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
4. Dr. Deni Nurdyana Hadimin, Drs., M.Si. selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
5. Dr. Ir. Bakhtiar Abubakar, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
6. Slamet Risnanto, ST., M.Kom. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
7. Chandra Afriade Siregar, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
8. Muhammad Syukri, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
9. Dody Kusmana, ST., MT selaku Ketua Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.

10. Ir. Yushar Kadir, MT. sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Dosen – dosen dan seluruh staff di Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
12. Kedua orang tua dan keluarga serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tulisan ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Bandung, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3.1 Maksud Penelitian	2
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Masalah.....	3
1.6 Lokasi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Dasar Teori.....	5
2.1.1. Genteng Beton	5
2.1.2. Beton	8
2.1.3. Material Pembentuk Beton	9
2.1.4. Pengujian Beton Segar	20
2.1.5. Pengujian Kekuatan Beton	21
2.2. Tinjauan Pustaka	23
2.2.1. Studi Literatur	23
2.2.2. Hipotesis.....	24
BAB III	25
METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Persiapan Bahan	26
3.2. Pengujian Bahan	26

3.2.1.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	26
3.2.2.	Pengujian Berat Isi	30
3.2.3.	Pengujian Kadar Lumpur.....	32
3.2.4.	Pengujian Analisa Saringan.....	34
3.3.	Pembuatan Benda Uji.....	35
3.3.1.	Komposisi Campuran / Mix Design	35
3.3.2.	Pencampuran Benda Uji	37
3.3.3.	Slump Test	38
3.4.	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	39
3.4.1.	Pembuatan Benda Uji.....	40
3.4.2.	Pembebanan Tekan	40
BAB IV	.....	42
ANALISIS DAN PEMBAHASAN	.....	42
4.1.	Pengujian Bahan Pembentuk Beton.....	42
4.1.1.	Semen	42
4.1.2.	Agregat.....	42
4.1.3.	Air.....	51
4.2.	Perancangan Campuran Beton	52
4.3.	Perhitungan Campuran Beton.....	53
4.4.	Pembuatan Benda Uji.....	56
BAB V	.....	70
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	70
5.1.	Kesimpulan.....	70
5.2.	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	.....	72
LAMPIRAN	.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Keadaan Kandungan Air Pada Agregat.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi Tugas Akhir	25
Gambar 3.2 Bentuk Agregat Halus dalam Pengujian BJ dan Penyerapan.....	28
Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar	49
Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	50
Gambar 4.3 Pencampuran Beton Secara Manual	56
Gambar 4.4 Proses Pencucian dan Penjemuran Agregat	57
Gambar 4.5 Proses Penimbangan Agregat	57
Gambar 4.6 Sekop	58
Gambar 4.7 Alat Slump.....	58
Gambar 4.8 Alat Uji Kuat Tekan	58
Gambar 4.9 Cetakan Beton Silinder.....	59
Gambar 4.10 Batang Pematat	59
Gambar 4.11 Bahan-Bahan Penyusun Beton	60
Gambar 4.12 Penimbangan Masing-Masing Material	60
Gambar 4.13 Proses Pengolesan Cetakan Benda Uji.....	61
Gambar 4.14 Proses Pencampuran Beton	61
Gambar 4.15 Slump Test.....	62
Gambar 4.16 Hasil Slump Test	62
Gambar 4.17 Pembuatan Benda Uji	63
Gambar 4.18 Penimbangan Benda Uji	64
Gambar 4.19 Perendaman Benda Uji	64
Gambar 4.20 enekanan Benda Uji.....	67
Gambar 4.21 Grafik kuat tekan beton umur 7 hari.....	67
Gambar 4.22 Grafik kuat tekan beton umur 14 Hari.....	68
Gambar 4.23 Perbandingan Kuat Tekan Beton Masing-Masing.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Bagian Genteng Beton	6
Tabel 2.2 Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal.....	6
Tabel 2.3 Persyaratan Fisika Semen PCC	11
Tabel 2.4 Susunan Butir Agregat Halus Menurut British Standard (BS)	20
Tabel 2.5 Susunan Butir Agregat Kasar Menurut British Standard (BS)	20
Tabel 2.6 Nilai Slump Berdasarkan PBI 1971	21
Tabel 2.7 Angka Konversi Uji Kuat Beton PBI 1971	23
Tabel 3.1 Rencana Perbandingan Campuran Beton	36
Tabel 3.2 Kebutuhan Material.....	36
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	44
Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	45
Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air.....	45
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar	46
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar.....	46
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus	47
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus.....	47
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur dan Padat Agregat Kasar dan Halus	47
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	48
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	49
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kadar Agregat Kasar yang Lolos Saringan No. 200	51
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Dalam Agregat Halus Yang Lolos Saringan No.200	51
Tabel 4.13 Kebutuhan Campuran Material Beton	53
Tabel 4.14 Perkiraan Air Campuran Dan Persyaratan Kandungan Udara Untuk Berbagai Slump Dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum	54
Tabel 4.15 Kebutuhan Material Campuran Beton.....	55
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Keleccakan Beton	62

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering Pada Umur 7 Hari	65
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering Pada Umur 14 Hari	65
Tabel 4.19 Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 7 Hari	66
Tabel 4.20 Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 14 hari	66

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I LEMBAR ASISTENSI

LAMPIRAN II ANALISA DATA

L-1 *Mix Design*

Agregat Kasar :

L-2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

L-3 Berat Isi Gembur Agregat Kasar

L-4 Berat Isi Padat Agregat Kasar

L-5 Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar

L-6 Grafik Hasil Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar

L-7 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Agregat Halus :

L-8 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

L-9 Berat Isi Gembur Agregat Halus

L-10 Berat Isi Padat Agregat Halus

L-11 Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus

L-12 Grafik Hasil Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus

L-13 Kadar Lumpur Agregat Halus

Lain-lain :

L-14 Pengujian Slump Test Beton Segar

L-15 Pengujian Berat Sampel Beton Kering 7 Hari

L-16 Pengujian Berat Sampel Beton Kering 14 Hari

L-17 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan 1:2:3 Umur 7 Hari

L-18 Grafik Pengujian Kuat Tekan Dengan Perbandingan 1:2:3 Umur 7 Hari

L-19 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan 1:2:3 Umur 14 Hari

L-20 Grafik Pengujian Kuat Tekan Dengan Perbandingan 1:2:3 Umur 14 Hari

LAMPIRAN III DOKUMEN PENELITIAN

Foto-foto (dokumentasi) hasil dari penelitian.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam usaha untuk mengurangi tingkat kerusakan lingkungan akibat penambangan batu kali secara terus menerus dampak dari perkembangan pembangunan di bidang konstruksi, kebutuhan akan beton meningkat yang berakibat meningkatnya kebutuhan material pembentuk beton, maka penulis mencari bahan alternatif pengisi beton dari sisi material terutama dari limbah industri yang telah banyak dilakukan seperti bahan alternatif material sebagai pengganti agregat kasar dan halus.

Dalam membangun sebuah rumah dibutuhkan adanya atap sebagai pelindung, atap pelindung merupakan salah satu bagian yang penting untuk melindungi isi rumah dari hujan dan panas matahari. Atap pelindung rumah yang sering digunakan di Indonesia ada dua jenis bahan bangunan, antara lain genteng dan dak (atap cor). Diantara dua bahan bangunan atap pelindung tersebut yang lebih diminati masyarakat adalah genteng.

Ada beberapa jenis dari genteng antara lain, genteng tanah liat, genteng metal, genteng keramik, genteng seng, genteng kaca, dan genteng beton. Dari beberapa jenis genteng yang ada, genteng yang sering digunakan adalah genteng yang terbuat dari tanah liat. Karena genteng dari tanah liat merupakan salah satu yang relative murah harganya, dapat dikatakan mudah dalam pemasangan dan tahan terhadap berbagai cuaca.

Dengan adanya perkembangan genteng yang semakin maju menawarkan berbagai jenis dan kegunaanya sebagai pelindung atap yang memiliki variasi genteng dengan modifikasi dalam bahan maupun bentuk. Salah satu genteng yang sedang menjadi tren pada saat ini adalah genteng beton. Genteng beton sendiri dibagi menjadi dua tipe, yaitu genteng beton gelombang dan genteng beton flat.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dengan adanya limbah genteng beton yang tidak terpakai pada proyek pembangunan Summarecon Bandung. Maka pada penelitian ini penulis akan mencoba menggunakan limbah genteng beton sebagai alternatif pengganti agregat kasar atau batu pecah dalam pembuatan campuran beton. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian tentang ***“PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH GENTENG BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL”***. Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium uji beton Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini berupa penelitian pengganti agregat kasar menggunakan limbah genteng beton pada campuran beton, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah genteng beton sebagai pengganti material agregat kasar pada campuran beton terhadap kuat tekan beton normal.
2. Berapa besar peningkatan kekuatan tekan beton pada umur 7 dan 14 hari dengan penggunaan limbah genteng beton pada campuran beton sebagai pengganti material agregat kasar.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini yaitu untuk mempelajari atau mengetahui kuat tekan beton apabila dipengaruhi dengan limbah genteng beton yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar dan tanpa penggunaan limbah genteng beton sebagai agregat kasar (beton normal).

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besar kuat tekan beton dengan penggunaan limbah genteng beton sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Menambah wawasan baru dalam bidang penelitian campuran beton.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bahwa penggunaan limbah genteng beton pada campuran beton memberikan pengaruh pada kuat tekan beton.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup pembahasan tugas akhir ini dari penelitian pengganti agregat kasar menggunakan limbah genteng beton, yaitu:

1. Menggunakan mutu beton normal.
2. Pembuatan benda uji dilakukan dengan metode SNI 2834-2000
3. Benda uji silinder dengan ukuran 15 x 30 cm untuk uji kuat tekan.
4. Adukan beton dengan penggunaan limbah genteng beton yang digunakan 0%, 50% dan 100%.
5. Pengujian terhadap benda uji hanya dilakukan pada umur 7 (tujuh), dan 14 (empat belas) hari.

1.6 Lokasi Penelitian

Untuk pengujian material kuat tekan beton akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP, alamat Jl. Phh. Mustofa No.68 Bandung.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut,

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat, ruang lingkup, lokasi pengamatan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai Studi literatur yang berhubungan dengan kajian dalam topik Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi metodologi penyelesaian Tugas Akhir dan pembahasan mengenai Tugas Akhir.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan data – data hasil pengujian beton, penelitian beton, dan pengolahan data yang dilakukan di laboratorium.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan dari analisis data dan pembahasan hasil perhitungan yang telah dilakukan dan saran dari hasil yang diperoleh.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori

Dasar-dasar mengenai genteng beton terdapat pada SNI 0096:2007, mengenai beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 dan SNI 03-1750-1990

2.1.1. Genteng Beton

Genteng beton adalah salah satu unsur bangunan yang dipergunakan untuk penutup atap yang terbuat dari campuran merata antara semen Portland atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen. Bahan-bahan ini dicampur menjadi adonan yang lalu dicetak dengan sistem ekstrusi tekanan tinggi. Genteng beton ini memiliki kekuatan bahan yang baik dan warnanya pun tidak cepat pudar, karena sudah melewati perlakuan panas saat produksi.

2.1.1.1. Syarat Mutu

1. Sifat Tampak

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian.

2. Ukuran bagian genteng beton dapat dilihat pada **Tabel 2.1.**

Tabel 2.1 Ukuran Bagian Genteng Beton

Bagian yang diuji	Satuan	Persyaratan
- Tebal :		
Bagian yang rata	mm	min. 8
Penumpangan	mm	min. 6
- Kaitan :		
Panjang	mm	min. 30
Lebar	mm	min. 12
Tinggi	mm	min. 9
- Penumpangan :		
Lebar	mm	min. 25
Kedalaman alur	mm	min. 3
Jumlah alur	buah	min. 1

Sumber: SNI 0096:2007

3. Kerataan

Kerataan maksimal 3mm.

4. Beban Lentur

Genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimal seperti pada

Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal

Tinggi profil (mm)	Genteng interlok						Genteng non interlok
	Profil				Rata		
	t > 20		20 ≥ t ≥ 5		t < 5		
Lebar penutup (mm)	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	-
Beban lentur (N)	2000	1400	1400	1000	1200	800	550

Sumber: SNI 0096:2007

5. Penyerapan Air

Penyerapan air maksimal 10%.

6. Ketahanan Terhadap Rembesan Air (Impermeabilitas)

Tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam ± 5 menit.

2.1.1.2. Karakteristik Genteng Beton

1. Genteng beton adalah jenis genteng yang biasa digunakan oleh rumah bergaya minimalis. Bahan pembuatan genteng beton pada masing-masing produsen bias berbeda, tetapi secara umum bahan yang digunakan adalah semen Portland, campuran semen hidrolis dan fly ash, pasir, dan agregat lainnya.
2. Jenis genteng beton dihasilkan dengan cara dicetak, tersedia dalam beraneka ragam model dan warna yang bias disesuaikan dengan selera dan kebutuhan.
3. Genteng beton dapat bertahan hingga 20 tahun, tetapi bias juga lebih cepat. Hal ini tergantung pada proses pemasangan yang merupakan kunci seberapa lama genteng beton dapat bertahan.
4. Genteng beton memiliki kekuatan yang lebih baik.
5. Ukurannya lebih berat, jadi harus memastikan rangka penyangga dirancang atau dipasang sangat kuat.

2.1.1.3. Keunggulan dan Kelemahan Genteng Beton

A. Keunggulan Genteng Beton:

1. Kekuatan bahannya tinggi. Tahan terhadap pengaruh perubahan cuaca dan lingkungan, tidak mudah pecah.
2. Tahan lama dan usia pakainya cukup panjang. Ada yang hingga 20 tahun.
3. Memiliki sifat insulator akustik dan thermal. Rumah dapat lebih senyap karena suara dari luar dapat teredam dengan baik. Rumah juga lebih sejuk saat musim panas dan hangat saat musim hujan.
4. Tersedia dalam beberapa model: model rata dan model bergelombang.
5. Tersedia dalam berbagai warna menarik, sehingga dapat disesuaikan dengan warna dinding luar rumah Anda.
6. Bentuk dan ukurannya presisi dan konsisten. Hal ini Karena proses pembuatan yang menggunakan teknologi modern, sehingga semakin memudahkan dalam pemasangan.

7. Dapat dicat ulang jika warna mulai memudar. Biasanya setelah usia pakai beberapa tahun. Hal ini dapat memperpanjang usia pakainya.

B. Kelemahan Genteng Beton:

1. Bobotnya cukup berat sehingga memerlukan struktur rangka yang cukup kuat dan kokoh. Pastikan kekuatan struktur rangka atap cukup kuat untuk dapat menahan bobot atap secara keseluruhan.
2. Sistem pemasangannya pun cukup kompleks sehingga memerlukan ketelitian dan waktu pengerjaan yang lebih panjang.
3. Meskipun tahan lama, genteng beton memerlukan pelapisan khusus untuk menjaga supaya tetap kuat. Pelapisan khusus ini harus dilakukan secara rutin untuk mencegah kelembaban masuk ke dalam genteng.

2.1.2. Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain (SNI Bahan Bangunan). Berdasarkan umur beton, beton terbagi menjadi dua macam, yaitu beton segar dan beton keras. Beton segaryaitu campuran semen, air, dan agregat yang belum mengalami perubahan karakteristik, sedangkan beton keras adalah campuran semen, air, dan agregat yang telah mengalami beberapa perubahan karakteristik.

Beton merupakan salah satu dasar bangunan yang memiliki beberapa keunggulan dalam penggunaannya pada suatu konstruksi bangunan. Beton memiliki kemampuan untuk menahan gaya tekan yang diterima oleh konstruksi beton tersebut, namun beton kekuatannya rendah dalam menahan gaya tarik sehingga mudah mengalami keretakan. Karakteristik beton yang dapat berubah berdasarkan fase umur beton juga dapat difungsikan sebagai bahan pembentuk dari design konstruksi yang telah direncanakan. Ketika campuran beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk, beton dapat ditempatkan dan dibentuk sesuai

dengan cetakan dari beton itu sendiri atau biasa disebut perancah (*bekisting*). Pada umumnya perancah biasa terbuat dari kayu atau besi.

Penggunaan beton sebagai bahan dasar bangunan secara khusus dalam bidang transportasi memberikan pengaruh besar dalam roda perkembangan zaman. Adapun penggunaan konstruksi beton pada bidang transportasi yaitu pada konstruksi jembatan, konstruksi underpass, konstruksi fly over, konstruksi bangunan bandara, terminal, dermaga, stasiun kereta api, serta konstruksi perkerasan jalan.

2.1.3. Material Pembentuk Beton

Beton merupakan campuran agregat halus, agregat kasar, air, dan semen portland. Dalam hal ini penulis akan menjelaskan masing-masing bahan pembentuk beton tersebut.

1. Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah agregat halus dan air, semen akan menjadi pasta semen. Dan jika digabungkan dengan agregat kasar pasta semen akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras. Semen yang paling banyak digunakan untuk bahan konstruksi yaitu semen Portland. Menurut ASTM C-150, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kapur (CaO), silica (SiO₃), alumina Al₂O₃, sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gipsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan

seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3,12 dan 3,16 serta berat volume sekitar 1500 kg/m^3 (Nawy dalam (Ed.), 2004).

Semen portland diklasifikasikan dalam 5 jenis sebagai berikut:

1. Jenis I - Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II- Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III- Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV- Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V- Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

a. Semen PCC

Indonesian Standard : SNI 15-7064-2004

European Standard : EN 197-1:2000 (42.5 N & 42.5 R)

Semen portland komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

PCC (Portland Composite Cement) digunakan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, sama dengan penggunaan Semen Portland Jenis I dengan kuat tekan yang sama. PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan dengan Semen Portland Jenis I, sehingga pengerjaannya akan lebih mudah dan menghasilkan permukaan beton/plester yang lebih rapat dan lebih halus.

b. Persyaratan Mutu Semen PCC (SNI 15-7064-2004)

- Syarat Kimia

Syarat kimia untuk semen portland komposit:

SO₃ maksimum 4,0 %.

- Syarat Fisika

Untuk syarat fisika pada semen PCC ditunjukkan pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Persyaratan Fisika Semen PCC

No	Uraian	satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat blaine	m ³ /Kg	min. 280
2	Kekekalan bentuk dengan autoclave: <ul style="list-style-type: none"> • Pemuai • Penyusutan 	%	<ul style="list-style-type: none"> • maks. 0,80 • maks.0,20
3	Waktu pengikatan dengan alat vicat: <ul style="list-style-type: none"> • Pengikatan awal • Pengikatan akhir 	Menit	<ul style="list-style-type: none"> • min. 45 • maks. 375
4	Kuat tekan : <ul style="list-style-type: none"> • Umur 3 hari • Umur 7 hari • Umur 28 hari 	Kg/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> • min. 125 • min. 200 • min. 250
5	Pengikatan semu: <ul style="list-style-type: none"> • Penitrasi akhir 	%	<ul style="list-style-type: none"> • min. 50
6	Kandungan udara dalam mortar	% volume	maks. 12

Sumber: SNI 15-7064-2004

Salah satu pengujian yang dapat mengindikasikan pada spesifikasi adalah dengan pengujian berat jenisnya. Berat jenis semen portland pada umumnya berkisar antara 3.00 – 3.20 dengan angka rata-rata 3.15 (ASTM C. 188).

Berat jenis semen dapat dihitung dengan rumus 2.1 :

$$B_j = \frac{w}{(V_2 - V_1)} * d \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

B_j = Berat Jenis semen portland (gr/mL).

W = Berat semen portland (gr).

V_1 = Volume awal kerosine setelah dikondisikan selama ± 15 menit (mL).

V_2 = Volume akhir semen + kerosine setelah dikondisikan selama ± 15 menit (mL).

d = Berat jenis air pada suhu ruang yang tetap (gram/mL).

2. Air

Air merupakan unsur yang penting dalam pembentukan beton, air berperan dalam reaksi kimia antara semen dan air sehingga dapat mengikat semua unsur yang ada dalam beton. Selain itu air dalam beton berperan dalam *workability* beton segar.

SKSNI S-04-1989-F mensyaratkan air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

- a. Air harus bersih,
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual,
- c. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter,
- d. Tidak mengandung garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/ liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m sebagai SO_3 ,
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%,
- f. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisis secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya,
- g. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 p.p.m.

3. Agregat

Agregat merupakan bahan pengisi dari campuran beton, volume agregat pada beton mencapai 60% - 70%. Berdasarkan ukuran butir agregat, agregat pada beton dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar.

A. Agregat Halus

Agregat Halus berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir maksimum 4,75 mm.

Adapun persyaratan agregat halus berdasarkan standard yang dikeluarkan oleh PUSLITBANG PU adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
- b. Butir-butir agregat halus harus memiliki sifat kekal, artinya butiran tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan. Untuk penentuan sifat kekal, maka butiran agregat halus diuji menggunakan larutan jenuh garam sulfat. Adapun syarat untuk penentuan sifat kekal adalah sebagai berikut:
 - Apabila diuji menggunakan Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - Apabila diuji menggunakan Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Kadar lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Untuk mengetahui hal tersebut dapat dilakukan dengan percobaan warna dari Abrams-Herder, yaitu dengan merendam agregat halus dalam larutan 3% NaOH. Cairan diatas endapan, tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini masih dapat dipakai, apabila kekuatan tekan adukan agregat

pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3 % NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.

- e. Susunan besar butir agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beranekan ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - Sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus maksimum 2 % berat.
 - Sisa diatas ayakan 1,2 mm, harus minimum 10 % berat.
 - Sisa diatas ayakan 0,3 mm, harus minimum 15 % berat.
- f. Untuk beton dengan keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
- g. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan diatas.

B. Agregat Kasar

Agregat Kasar berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 – 40 mm. Besar butir maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud pemakaian.

Adapun persyaratan dan mutu agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
- b. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dan panjang hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih dan panjangnya tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya.
- c. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan. Untuk

penentuan sifat kekal, butiran agregat halus diuji menggunakan larutan jenuh garam sulfat. Adapun syarat untuk penentuan sifat kekal adalah sebagai berikut:

- Apabila diuji menggunakan Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - Apabila diuji menggunakan Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- e. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- f. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
- Sisa diatas ayakan 38 mm, harus 0% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.

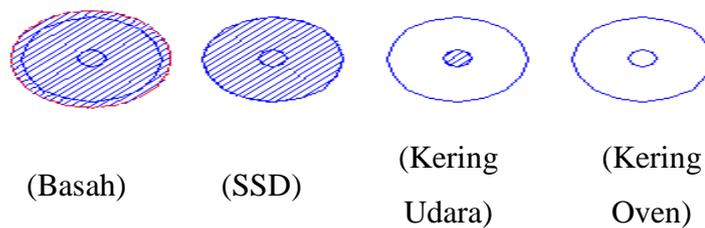
Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

C. Pengujian Agregat

Sebelum digunakan sebagai campuran beton, agregat harus dipastikan memenuhipersyaratan yang sudah di tetapkan, untuk itu terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap agregat yang akan dipakai. Pengujiannya antara lain :

a. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat merupakan bahan pengisi beton yang memiliki rongga-rongga atau pori-pori yang dapat terisi dengan air atau udara. Hal ini perlu diperhatikan karena air atau udara yang terkandung di dalam agregat dapat mempengaruhi proses pembuatan beton. Ada empat keadaan kandungan air dalam agregat yang mungkin terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Keadaan Kandungan Air Pada Agregat

Dalam pembuatan beton, air yang diserap oleh agregat akan tetap berada dalam agregat, sedangkan air bebas akan bercampur dengan semen dan dapat berfungsi sebagai air pembentuk pasta semen. Air bebas ini akan mempengaruhi factor air semen (w/c) ratio dari beton yang akan dibuat.

Berat jenis kering (curah) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25⁰C.

Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25⁰C.

Berat jenis semu (*apparent*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25⁰C.

Penyerapan air (*water absorption*) adalah perbandingan berat air yang dapat diserap terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

Berat jenis dan penyerapan air agregat perlu diketahui, selain menentukan mutu agregat juga diperlukan dalam perancangan campuran dan pengendalian mutu beton.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan b_j dan penyerapan air untuk agregat halus adalah:

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{B_j}{B_j + B_p - B_{pj}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Berat Jenis Bulk} = \frac{B_k}{B_j + B_p - B_{pj}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Berat Jenis Apparent} = \frac{B_k}{B_k + B_p - B_{pj}} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

B_j = Berat benda uji SSD (gram)

B_p = Berat Piknometer + Air (gram)

B_{pj} = Berat Piknometer + Benda Uji + Air (gram)

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

b. Bobot Isi Padat dan Gembur

Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditematinya. Hal ini dapat digunakan untuk mempermudah perhitungan campuran beton bila kita menimbang agregat dengan ukuran volume. Untuk mengetahui atau mendapatkan berat agregat dalam campuran beton dapat dilakukan dengan cara mengalikan volume dengan berat isinya. Bobot isi baik gembur maupun padat dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$\text{Bobot Isi} = \frac{W_{cal} - W_c}{V_c} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

W_{cal} = Berat bejana + Agregat (gram)

W_c = Berat bejana (gram)

V_c = Voume Bejana (cm^3)

c. Kadar Lolos Ayakan no.200

Kadar lumpur pada agregat dapat menurunkan kekuatan, karena lumpur yang sangat halus dapat menghambat proses hidrasi antara semen dan air, sehingga terbentuknya Calcium Silikat Hidrat atau dalam semen dinamakan Tobermorin, menjadi terhambat. Kadar lumpur yang tinggi juga dapat menyebabkan nilai creep (rangkak) pada beton menjadi tinggi. Kadar lumpur diuji dengan cara penyaringan basah yaitu menggunakan saringan 0.075 mm (No. 200).

Jumlah lumpur dalam agregat yang akan digunakan berdasarkan ASTM 117-95 tentang *Test Method for Materials Finers than 75- μ m (No.200) Sieve in Mineral Agregates by Washing* yaitu kadar lumpur agregat halus tidak melebihi 5% dan kadar lumpur agregat kasar tidak melebihi 1%. Jika kadar lumpur melebihi yang telah ditentukan maka agregat harus dicuci.

Perhitungan kadar lumpur yang ada dalam agregat dapat menggunakan persamaan dibawah ini

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

W_1 = Berat kering benda uji awal dalam keadaan kering oven (gram).

W_2 = Berat kering benda uji sesudah pencucian dalam keadaan kering oven (gram).

d. Kadar Zat Organik

Zat organik berasal dari penghancuran zat-zat tumbuhan yang berbentuk humus dan lumpur organik. Keberadaan zat organik dalam agregat halus pada pembuatan beton akan memperlambat pengikatan semen. Pengujian ini berdasarkan ASTM 40-92 tentang *Test Method for Organic Impurities in Fine Agregates for Concrete*.

Alat untuk menguji adanya zat organik dalam agregat halus disebut Kalorimeter. Pengujian Kalorimeter dilakukan dengan penetralan zat organik dengan larutan NaOH kadar 3%, didiamkan selama \pm 24 jam kemudian

dilakukan pengamatan warna yang terjadi dan dibandingkan dengan warna standar. Dari hasil pengamatan, jika warna lebih tua dari larutan pembanding maka kadar zat organik dalam agregat halus tinggi. Sedangkan jika warna lebih muda dari larutan pembanding maka kadar zat organik dalam agregat halus rendah.

e. Gradasi (Analisa Ayak)

Analisis ayak adalah salah satu pengujian agregat untuk menentukan susunan butir agregat. Susunan butir agregat (gradasi) yang baik adalah gradasi menerus, yaitu susunan agregat yang butirnya terdiri dari butiran halus hingga kasar secara beratur. Gradasi menerus ini sangat baik digunakan pada campuran beton karena butirannya akan saling mengisi sehingga akan diperoleh beton dengan kepadatan yang tinggi, mudah dikerjakan dan mudah dialirkan.

Mutu gradasi agregat, selain ditentukan terhadap distribusi butiran, beberapa standar mensyaratkan atas dasar angka modulus kehalusan (*Fineness Modulus*). Modulus kehalusan adalah jumlah presentase tertahan kumulatif untuk satu seri ukuran ayakan yang kelipatan dua, dimulai dari ukuran terkecil 0,15 mm dibagi 100.

ASTM C.33 dan SK SNI S- 04-1989 F, mensyaratkan nilai FM agregat halus untuk aduk dan beton masing masing : 2.3-3.1 dan 1.5-3.8, sedangkan untuk agregat kasar SK SNI S-04-1989, mensyaratkan 6.0-7.1.

Susunan butir agregat halus menurut *British Standart* dibagi dapat dilihat pada **Tabel 2.4**. Susunan butir tersebut dibagi menjadi 4 zone, yaitu :

- *Zone 1 (Overal grading)*
- *Zone 2 (Corse Grading)*
- *Zone 3 (Medium Grading)*
- *Zone 4 (Fine Grading)*

Tabel 2.4 Susunan Butir Agregat Halus Menurut British Standard (BS)

Ukuran Ayakan	% Tembus Kumulatif			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
(mm)				
9,6	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 79	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 55	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	5 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: SNI 03-1968-1990/BS 410-1986

Tabel 2.5 Susunan Butir Agregat Kasar Menurut British Standard (BS)

Ukuran Ayakan	% Tembus Kumulatif		
	Zone 1	Zone 2	Zone 3
(mm)			
38,10	95 – 100	100	
19,00	30 – 70	95 – 100	100
9,52	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4,76	0 – 5	0 – 10	0 - 10

Sumber: SNI 03-1968-1990/BS 410-1986

2.1.4. Pengujian Beton Segar

Pengujian ini dilakukan setelah melakukan proses pengadukan sesuai dengan hasil perencanaan. Adapun pengujian yang dilakukan pada beton segar salah satunya adalah Pengujian kelecakan beton (*slump test*).

Percobaan slump diperkenalkan oleh Chapman di USA (1913) dengan menggunakan alat kerucut terpancung yang berukuran sebagai berikut :

1. Diameter puncak = 100 mm
2. Diameter dasar = 200 mm
3. Tinggi = 300 mm

Kelecekan adukan beton yang masih segar perlu mendapatkan perhatian, karena banyak dipengaruhi pada kemampuan dalam pengerjaan. Beton yang kurang lecek atau kering, mudah menimbulkan pemisahan butir – butir beton, serta beton tidak jadi homogen akibatnya beton menjadi tidak seragam. Pengujian alat slump digunakan untuk mengetahui nilai kemudahan pengerjaan beton, yang nantinya berhubungan dengan kadar air dalam campuran beton.

Tabel 2.6 Nilai Slump Berdasarkan PBI 1971

No	Jenis pekerjaan beton	Slump (mm)	
		Maksimum	Minimum
1	Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi telapak bertulang	125	65
2	Pondasi telapak tidak bertulang dan konstruksi bawah tanah	90	25
3	Pelat, Balok, Kolom dan Dinding	150	75
4	Pengerasan jalan	75	50
5	Pembeton masal	75	25

Sumber: PBI 1971

2.1.5. Pengujian Kekuatan Beton

Pengujian kekuatan beton dilakukan pada saat beton telah mengalami perubahan karakteristik dari beton itu sendiri, yaitu pada umur beton 7, 14, 28 hari. Adapun analisa kekuatan beton yang dilakukan pada kajian ini adalah Uji Kuat Tekan Beton.

Kekuatan tekan beton adalah muatan tekan maksimum yang dapat dipikul oleh beton persatuan luas. Kekuatan tekan beton dalam industri konstruksi biasa dipakai untuk menilai serta untuk mengendalikan mutu beton dan untuk tujuan

persyaratan spesifikasi. Cara yang digunakan untuk pemeriksaan kekuatan tekan beton adalah dengan menggunakan mesin tekan.

Prinsip pengujian kuat tekan beton dengan alat mesin tekan adalah mengukur besarnya beban yang dapat dipikul oleh satu satuan luas beton (benda uji) sampai benda uji itu hancur / rusak.

Rumus umum tegangan, adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

- P = Tekanan (N)
- A = Luas bidang tekan (mm²)
- Σ = Tegangan (MPa)

Rumus kuat tekan beton, adalah:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- f_c = Kuat Tekan Beton (MPa)
- P = Tekanan (N)
- A = Luas Bidang Tekan (mm²)

Rumus kuat tekan rata-rata, adalah

$$f'_{Cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c_i}}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

n = jumlah benda uji

Rumus kuat tekan spesifik atau karakteristik yang dipakai, adalah:

$$f'c = f'_{cr} - k \cdot SD \dots\dots\dots(2.11)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c_i} - f_{c_r})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Berdasarkan bentuk dan ukuran benda uji, untuk pemeriksaan kuat tekan pada umumnya terdiri dari (PBI 1971):

1. Kubus ukuran 15x15x15 cm, dengan perbandingan kekuatan 1,0
2. Kubus ukuran 20x20x20 cm, dengan perbandingan kekuatan 0,95
3. Silinder ukuran 15x30cm, dengan perbandingan 0,83

Selanjutnya data kuat tekan umur 28 hari dapat dihitung berdasarkan data kuat tekan pada umur lainnya, yaitu dengan menggunakan angka konversi Menurut PBI 1971. Adapun angka koreksi uji kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Angka Konversi Uji Kuat Beton PBI 1971

UMUR BETON (HARI)	3	7	14	21	28	90	365
PC, Type I	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
PC, Type III	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber: PBI 1971

2.2. Tinjauan Pustaka

2.2.1. Studi Literatur

Limbah genteng beton yang digunakan pada penelitian ini adalah Genteng Cisangkan. Genteng cisangkan dengan menggunakan proses basah yaitu wet process. Raw material pasir dan semen pilihan akan melewati suatu proses yang panjang, kemudian setiap keeping genteng yang dihasilkan melewati proses rendam (2x24 jam) lalu curing secara alami (14-21 hari). Setiap kering genteng tersebut akan melewati proses penggosokan dan quality control satu per satu. Finishing akhir adalah proses coating dengan cat solvent base sesuai dengan pesanan. Genteng cisangkan dirancang sesuai dengan iklim tropis di Indonesia dan telah lolos pengujian yang mengacu pada standar nasional yaitu SNI 0096-2007. Standar Branding Test yaitu kekuatan lentur > 1200 N.

Adapun Spesifikasi Teknis Genteng Beton Cisangkan, antara lain:

1. Bahan dasar campuran beton
2. Mutu produk mengacu pada SNI 0096:2007
3. Beban lentur minimal 1200 N
4. Penyerapan air < 10%
5. System produksi mesin press wet system
6. System pengecatan mesin sprayboot 2 tahap (base coat dan pigment top coat)
7. Finishing menggunakan cat Solvent Based yang tahan cuaca, air, alkali dan sinar UV
8. Ketebalan cat 70 mikron
9. Prosedur dan hasil pengujian cat mengacu pada ASTM section 6, volume 06.01.

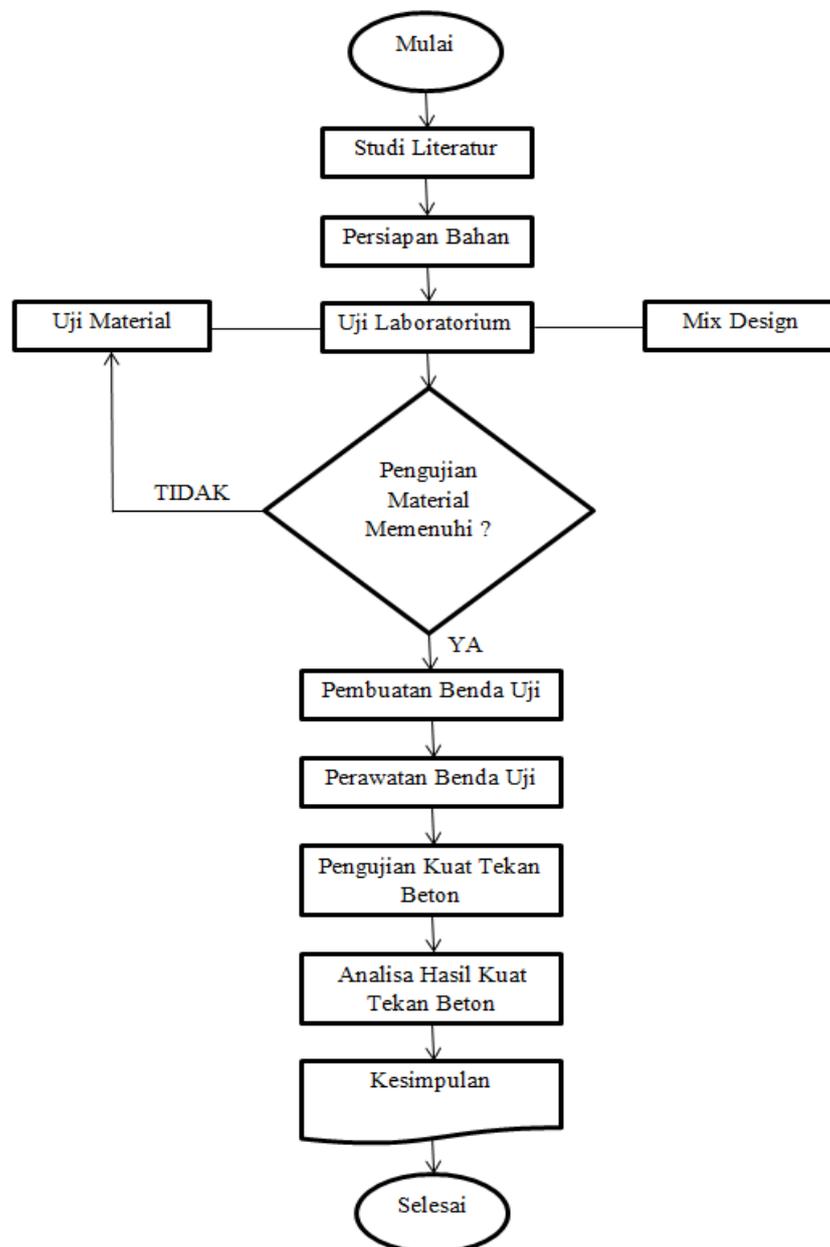
2.2.2. Hipotesis

Dari penjelasan studi literatur mengenai genteng beton, dengan adanya spesifikasi teknis yang dimiliki genteng beton cisangkan maka penulis menyakini bahwa semakin besar prosentase campuran limbah genteng beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap campuran beton akan semakin meningkatkan hasil kuat tekan beton itu sendiri. Sehingga penulis mengharapkan dengan adanya penelitian ini material limbah genteng beton dapat dijadikan alternative pengganti agregat kasar pada campuran beton.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai pengaruh limbah genteng beton sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton normal. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini sebagaimana ditampilkan pada diagram alir berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi Tugas Akhir

Pada **Gambar 3.1** dapat diketahui terdapat beberapa tahapan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Dibawah akan dijelaskan dengan lebih detail mengenai tahapan tersebut.

3.1. Persiapan Bahan

Pada pembuatan campuran beton, bahan-bahan seperti agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi diperoleh dari Laboraturium Universitas Sangga Buana/YPKP Bandung, sedangkan untuk bahan pengganti yaitu genteng beton didapat dari proyek Summarecon Bandung pada daerah Gedebage.

3.2. Pengujian Bahan

Setelah melakukan persiapan alat dan bahan, maka tahapan selanjutnya adalah pengujian bahan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui mutu bahan yang digunakan untuk campuran beton sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian bahan, berikut penjelasannya :

3.2.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

1. Referensi :

- a. SNI 03-1969-1990, Metoda pengujian BJ dan penyerapan air agregat kasar.
- b. SNI 03-1970-1990, Metoda pengujian BJ dan penyerapan air agregat halus.
- c. SNI 03-6889-2002, Tata cara pengambilan contoh agregat.

2. Tujuan :

Dapat menentukan sifat agregat kasar dan halus berdasarkan berat jenis dan penyerapan air dalam kaitan penggunaannya untuk bahan campuran beton semen.

3. Alat dan Bahan :

- A. Alat

1. Timbangan, ketelitian 0,01 gram, kapasitas >2000 gram.
2. Oven, digunakan untuk membuat agregat kering oven.
3. Kain penyerap, digunakan untuk membuat agregat kering permukaan.
4. Piknometer / Gelas Ukur, kapasitas minimal 500 ml.
5. Pelat Kaca, ukuran 15 x 15 cm.
6. Kerucut terpancung, diameter atas 40 mm dan diameter bawah 90 mm, tebal 0,8 mm, terbuat dari logam + batang penumbuknya
7. Saringan No. 4 : 4,75 mm.
8. Batang Penumbuk, terbuat dari baja dengan berat (340±15) gram dan Ø permukaan penumbuk (25±3) mm.
9. Nampan/Bejana, terbuat dari bahan yang tidak mudah menyerap air (baja atau gelas).

B. Bahan

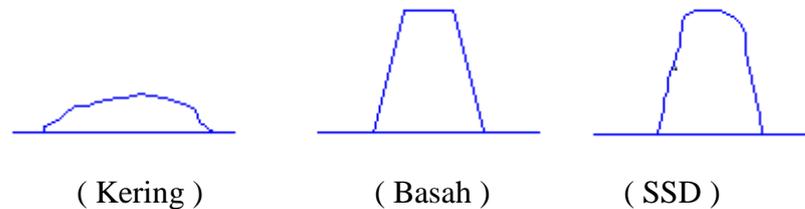
1. Agregat kasar : Agregat tertahan saringan no.4 (4.75 mm) yang diperoleh dari proses sampling.
2. Agregat Halus : Agregat lolos saringan no.4 (4.75 mm) yang diperoleh dari proses sampling.
3. Air suling atau air bersih dan tisu.

4. Prosedur Pengujian :

- Agregat Halus
 - a. Siapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan.
 - b. Ayak benda uji dengan ayakan 4,75 mm, lalu hitung persentase yang tertahan dan yang lolos.
 - c. Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
 - d. Setelah dicuci bersih kemudian rendam benda uji dalam air pada suhu ± 24 jam.
 - e. Keluarkan benda uji dari air, lalu pisahkan antara yang kasar (<4,75 mm) dan yang halus (>4,75 mm).
 - f. Masukkan agregat yang lolos (<4,75 mm) ke dalam kerucut terpancung dalam 3 lapisan, yang masing-masing lapisan ditumbuk 8 kali dan

ditambah satu kali penumbukan untuk bagian atasnya, seluruhnya 25 kali penumbukan.

- g. Angkat kerucut perlahan-lahan secara vertikal ke atas. Perhatikan ! Sebelum diangkat, cetakan harus dibersihkan dari butiran-butiran yang berada di luar cetakan.
- h. Periksa bentuk agregat yang terjadi, setelah kerucut diangkat. Disini ada 3 (tiga) kemungkinan bentuk agregat yang terjadi, seperti di bawah ini :



Gambar 3.2 Bentuk Agregat Halus dalam Pengujian BJ dan Penyerapan

Sumber : Laporan Praktikum Uji Bahan Polban, 2008

Jika agregat kering, maka agregat perlu ditambah air dengan cara dipercikan. Jika agregat basah, maka agregat perlu dikeringkan dahulu sampai didapat bentuk SSD.

- i. Setelah SSD dicapai, timbang agregat halus SSD tersebut.
- j. Isi bejana gelas (piknometer) dengan air hingga penuh, lalu hilangkan gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam piknometer dengan menggunakan spatula atau kawat.
- k. Tambahkan air hingga piknometer penuh, lalu tutup rapat dengan tutup kaca, kemudian timbang berat piknometer + air + tutup kaca.
- l. Keluarkan air dari piknometer ($\pm \frac{1}{2}$ isi piknometer), lalu masukkan benda uji yang sudah dalam keadaan SSD tersebut diatas, lalu hilangkan gelembung-gelembung udara yang terjebak.
- m. Tambahkan kembali air hingga penuh, lalu tutup kembali dengan tutup kaca perlahan-lahan (tanpa ada gelembung yang terjebak) kemudian timbang berat piknometer + air + agregat + tutup kaca.

- n. Keluarkan benda uji dari piknometer perlahan-lahan dan tampung dalam cawan, kemudian keringkan dalam oven pada suhu 110° C sampai berat tetap.
- o. Keluarkan benda uji dari oven, lalu timbang berat benda uji kering tersebut (Bk).
- Agregat kasar
 - a. Siapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan.
 - b. Benda uji di cuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
 - c. Setelah dicuci bersih, kemudian rendam benda uji dalam air pada suhu kamar kurang lebih 24 jam.
 - d. Keluarkan benda uji dari air, lalu lap dengan kain lembab sampai selaput air pada permukaan agregat hilang (agregat ini dinyatakan dalam keadaan jenuh air kering permukaan atau SSD). Perhatikan untuk butiran yang besar-besar, pengeringan dengan lap lembab harus satu persatu.
 - e. Timbang benda uji dalam keadaan SSD tersebut.
 - f. Isi bejana dengan air, masukkan benda uji yang sudah dalam keadaan SSD tersebut, lalu hilangkan gelembung-gelembung udara yang terjebak.
 - g. Keluarkan benda uji dari keranjang secara perlahan dan tampung dalam cawan, kemudian keringkan dalam oven sampai berat tetap.
 - h. Timbang benda uji kering tersebut (Bk).

Catatan : untuk butiran yang besar, pengeringan dengan lap dilakukan satu persatu.

5. Perhitungan :

- a. Berat jenis curah $= \frac{BK}{B + 500 - BT}$
(*bulk specific gravity*)
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh $= \frac{500}{B + 500 - BT}$
(*saturated surface dry*)

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat jenis semu} &= \frac{BK}{B + 500 - BT} \\
 & \text{(apparent specific gravity)} \\
 \text{d. Penyerapan air} &= \frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\% \\
 & \text{(apparent specific gravity)}
 \end{aligned}$$

3.2.2. Pengujian Berat Isi

1. Referensi :

- a. SNI 03-1973-1990 : Metoda pengujian bobot isi agregat
- b. SNI 03-3676-1999 : Metoda pengujian berat isi agregat.

2. Tujuan :

Menentukan berat isi atau bobot isi agregat kasar dan agregat halus dalam kondisi lepas dan padat.

3. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Timbangan
- b. Batang Pematik
- c. Container
- d. Alat Perata
- e. Sendok Sekop
- f. Spliter
- g. Kuas
- h. Ember
- i. Nampan

2. Bahan

Contoh agregat dikeringkan di udara, lalu dicampur rata. Kemudian contoh agregat diambil sebagian, pengambilan contoh benda uji dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- a. Cara *Quartering*

Contoh agregat diaduk dan dienggokkan menyerupai bukit berbentuk lingkaran. Lingkaran ini dibagi empat, dua bagian yang berhadapan dicampur dan yang lainnya dipisahkan. Pekerjaan ini dilakukan beberapa kali sehingga didapatkan jumlah contoh yang cukup untuk percobaan bobot isi padat dan gembur agregat kasar dan agregat halus.

b. Cara Riffle Sampler

Contoh agregat diaduk dan dimasukkan ke dalam *Riffle Sampler*, dimana alat ini dengan sendirinya membagi contoh agregat menjadi dua bagian. Terhadap salah satu bagian dilakukan pemisahan dengan *Riffle Sampler* lagi. Pekerjaan ini dilakukan sehingga dicapai jumlah contoh yang cukup untuk percobaan bobot isi padat dan gembur agregat kasar dan agregat halus.

4. Prosedur Pengujian :

- Bobot isi gembur :
 - Timbang berat container (W_c) yang telah diketahui volumenya (V_c).
 - Masukkan campuran agregat dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas container dengan menggunakan sendok/ sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan container dengan alat perata.
 - Timbang berat container + isi = (W_{cac})
 - Hitung :

$$\text{Bobot isi} = \frac{W_{cac} - W_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

- Bobot isi padat :
 - Ambil container isi, untuk agregat kasar volumenya 7.115 L, sedangkan untuk agregat halus volumenya 2.642 L.
 - Timbang container (W_c) + tutupnya.
 - Masukkan campuran agregat ke dalam container tersebut $\pm 1/3$ bagian lalu tusuk-tusuk dengan batang pemadat sebanyak 25 kali.
 - Ulangi hal yang sama untuk lapisan kedua dan ketiga.

- Untuk lapisan terakhir, masukkan campuran agregat kasar sehingga melebihi permukaan atas container (sampai meluap) lalu tusuk-tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- Ratakan permukaan campuran agregat dengan alat perata.
- Untuk agregat yang besar, ambil kelebihan kelebihan agregat atur sedemikian rupa sehingga volume agregat yang berada di atas batas container kurang lebih sama dengan volume rongga di permukaan.
- Timbang container + isi = (Wcac)
- Hitung :

$$\text{Bobot isi} = \frac{W_{cac} - W_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

3.2.3. Pengujian Kadar Lumpur

1. Referensi :

- a. PBI 1971: Tentang persyaratan kadar lumpur agregat halus dan kasar lolos saringan No. 200
- b. SNI 03-4142-1996 : Metoda pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200

2. Tujuan :

Untuk menentukan atau mengetahui kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus dan kasar dengan cara laboratorium.

3. Alat dan Bahan:

1. Alat
 - a. Timbangan
 - b. Saringan No.16 dan No.200
 - c. Cawan
 - d. Oven
 - e. Ember
 - f. Alat Pembagi Contoh (*Riffle sampler*)
2. Bahan

- a. Agregat halus dengan berat 1000 gr
- b. Agregat kasar kering oven dengan berat 1500 gr dengan besar butir maksimum 9.6 mm.
- c. Air bersih

4. Prosedur Pengujian:

- a. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan dan pastikan semua dalam kondisi baik.
- b. Timbang cawan yang akan digunakan.
- c. Bagi agregat yang akan diuji dengan alat pembagi (*Riffler Sampler*), lalu masukkan agregat tersebut kedalam cawan kemudian timbang beratnya.
- d. Masukkan agregat kering oven dengan berat tertentu (W_1) kedalam cawan (ember) dan tuangkan air bersih kedalamnya hingga agregat terendam.
- e. Aduk agregat agar terpisah dari bagian-bagian yang halus (lumpur), lalu tuangkan suspensi yang kelihatan keruh tersebut dengan perlahan-lahan kedalam susunan ayakan No. 16 dan No.200.
- f. Ulangi langkah 3 dan 4 diatas beberapa kali sampai air cucian (bilasan) dalam cawan / ember nampak jernih.
- g. Bilas butiran-butiran yang tertinggal diatas susunan ayakan hingga air bilasan nampak jernih.
- h. Tampung butiran-butiran yang tertinggal diatas ayakan dan cawan / ember, lalu keringkan butiran / agregat tersebut dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
- i. Agregat halus / kasar yang sudah dicuci lalu dioven.

5. Perhitungan :

$$\text{Nilai Bahan Lolos no.200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Dimana :

- W_1 = Berat benda uji sebelum dicuci kering oven (Gr)
- W_2 = Berat benda uji tertahan no.200 setelah di cuci kering oven (Gr)

3.2.4. Pengujian Analisa Saringan

1. Referensi :

- a. ASTM C.136-96a : *Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Agregates*
- b. SNI 03-1968-1990. : Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

2. Tujuan :

Dapat menentukan distribusi atau prosentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar untuk digunakan dalam campuran beton.

3. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Timbangan, Kapasitas 5 Kg dengan ketelitian 0.1 gr
- b. Riffle sampler, Alat yang terbuat dari logam yang berbentuk persegi yang berfungsi membagi dua agregat menjadi dua bagian yang sama.
- c. Ayakan
- d. Mesin Penggetar
- e. Kuas
- f. Cawan

2. Bahan

Benda uji diperoleh diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 1 kg.

4. Prosedur Pengujian :

- Analisa Ayak Agregat Halus
 - Agregat halus dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^0$, sampai berat tetap.
 - Ambil agregat dengan cara yang telah ditentukan, lalu timbang agregat halus tersebut sesuai dengan jumlah (gram) yang telah ditentukan pula.
 - Saring benda uji tersebut dengan menggunakan ayakan 4.75mm.

- Setelah diayak, agregat tersebut dibersihkan dengan sikat kawat dimulai dari ayakan lalu ditimbang.
- Untuk agregat halus yang tertahan saringan 4.75mm dipisahkan dan ditimbang
- Analisa ayak agregat kasar
 - Ambil agregat yang dibutuhkan dengan cara pengambilan yang telah ditentukan sesuai dengan jumlah (gr) yang telah ditentukan pula.
 - Saring agregat tersebut kedalam ayakan 4.75mm,
 - Setelah diayak, agregat yang tertahan ayakan 4.75mm ditimbang masing-masing ayakan.
 - Untuk agregat yang lolos ayakan 4.75mm dipisahkan dan ditimbang pula.
 - Setelah praktek uji gradasi ini selesai masukkan data kedalam form yang sudah disediakan.

5. Perhitungan :

$$\% \text{ Tertahan dia mm} = \frac{W_1}{W_{total}} \times 100\%$$

Dimana :

- W_1 = berat agregat tertahan di ukuran ayakan mm (gram)

W_{total} = berat agregat total (gram)

3.3. Pembuatan Benda Uji

3.3.1. Komposisi Campuran / Mix Design

Dalam perencanaan pembuatan beton terlebih dahulu dilakukan perancangan pembuatan benda uji yang sering disebut dengan *Mix Design*. *Mix Design* bertujuan untuk mendapatkan komposisi campuran beton dengan kualitas dan kuantitas yang sebaik-baiknya. Namun pada penelitian ini penulis tidak akan menggunakan *Mix Design* sebagai dasar penentuan komposisi benda uji, hal itu disebabkan karena keterbatasan sarana yang terdapat di Laboraturium. Oleh karena itu, pembuatan benda uji beton dilakukan dengan metoda perbandingan

volume. Berikut adalah komposisi campuran beton yang akan dibuat akan dijelaskan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Rencana Perbandingan Campuran Beton

No	Sample	Rencana Campuran	Jenis Pengujian	Dimensi Benda Uji	Jumlah Benda Uji pada Umur		
					7 Hr	14 Hr	Total
1	Normal	1:2:3	Kuat Tekan	15x30 cm	1	1	2
2	Genteng Beton 50%	1:2:(3-50%)	Kuat Tekan	15x30 cm	1	1	2
3	Genteng Beton 100%	1:2:(3-100%)	Kuat Tekan	15x30 cm	1	1	2
Jumlah Total					3	3	6

Rumus : $V = La.t$

$$V = 3,14 \times 7,5 \times 7,5 \times 30$$

$$V = 5298,75 \text{ cm}^3$$

$$= 0,00529875 \text{ m}^3$$

2. Kebutuhan Material

Tabel 3.2 Kebutuhan Material

No	Sample	Rencana Campuran	Jumlah benda uji	Volume Material (m3)				
				Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Genteng Beton (kg)	Air
1	Normal	1:2:3	6	2.69	4.45	6.57	0	1.09
2	Genteng Beton 50%	1:2:(3-50%)	6	2.69	4.45	3.29	3.29	1.09
3	Genteng Beton 100%	1:2:(3-100%)	6	2.69	4.45	0	6.57	1.09

3.3.2. Pencampuran Benda Uji

1. Referensi :

- a. SNI 03-2493-1991

2. Tujuan :

Menyatukan atau menjadi campuran beton yang terdiri dari semen, air dan agregat yang telah ditentukan jumlahnya sebelumnya menjadi suatu adukan yang *homogeny*.

3. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Mesin Pengaduk
- b. Skop atau sendok
- c. Kotak spesi
- d. Cawan / gelas ukur
- e. Cetakan
- f. Batang pematik

2. Bahan

- a. Semen,
- b. Agregat Kasar,
- c. Agregat Halus,
- d. Air,
- e. Bahan tambah

4. Prosedur Pengujian :

- a. Siapkan kebutuhan yang telah direncanakan.
- b. Untuk pasir yang dipakai adalah lolos ayakan 12,5 mm dan untuk batu pecah dipakai yang lolos 19 mm dn telah dicuci dengan tujuan untuk mengurangi kadar lumpur.
- c. Nyalakan terlebih dahulu mesin pengadukan, biarkan hingga putaran konstan. Kemudian tuangkan sedikit air (mesin tetap berputar) atur kemiringan molen adukan sehingga air melumasi seluruh permukaan dalam molen.

- d. Masukkan pasir dan batu pecah terlebih dahulu hingga tercampur merata, kemudian masukkan semen.
- e. Masukkan semen sedikit demikian sedikit dan atur kemiringan mesin pengadukkan hingga adukan tercampur dengan sempurna.
- f. Setelah adukan homogen tuangkan adukan ke dalam kotak spesi.
- g. Segera tuangkan ke dalam cetakan yang telah disediakan dengan menggunakan skop atau sendok besar sambil dipadatkan dengan batang pemadat sebanyak 3 (tiga) lapisan adukan.

3.3.3. Slump Test

1. Referensi :

- a. ASTM C.143a-97
- b. SNI 03-1972-1990

2. Tujuan :

Mampu melakukan penentuan nilai kekentalan (*viscosity*)/ plastisitas beton segar dengan mengukur penurunan beton segar setelah dipadatkan dengan alat slump, dalam satuan panjang (mm atau cm).

3. Alat dan Bahan :

1. Alat
 - a. *Slump Test Meter*
 - b. Meteran
 - c. Sendok Spesi dan Ruskam

2. Bahan

Beton segar (yang diambil segera setelah selesai pengadukan).

4. Prosedur Pengujian :

- a. Bersihkan peralatan slump dengan alat bantu, kemudian basahi dengan lap lembab.
- b. Letakan alat slump pada tempat yang kokoh serta posisi datar/ rata.

- c. Isikan beton yang di uji ke dalam alat, sebanyak 3 lapis, tiap lapis dipadatkan dengan batang pemadat sebanyak 25 kali. Penusukan dilakukan secara merata (memutar) dan penusukan sampai lapisan bagian bawah untuk tiap lapisannya, pada bagian sisi alat posisi tongkat penusuk juga dimiringkan.
- d. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dan singkikan sisa benda uji disekitar alat.
- e. Angkat cetakan secara perlahan dengan posisi tegak lurus. (jangka waktu dari pengisian cetakan sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit).
- f. Segera balikan cetakan dan letakan perlahan-lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

3.4. Pengujian Kuat Tekan Beton

1. Referensi :

- a. SNI 03-1974-1990 : Pengujian kuat tekan beton

2. Tujuan :

Dapat menentukan besarnya kemampuan beton menerima beban tekan, sesuai dengan prosedur pengujian yang digunakan.

3. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Mesin Penekan, Kapasitas > 2500 KN
- b. Timbangan Ketelitian 1 gr
- c. Cetakan Baja, Kubus ukuran 15 cm dan atau silinder dia. 15x30 cm
- d. Pemadat, Dapat berupa vibrator atau batang pemadat terbuat dari baja ϕ 16 mm, panjang 60 cm.
- e. Alat bantu lainnya

2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji yaitu campuran beton segar yang ada dalam mesin pengaduk (*concrete mixer*), komposisi bahan

sesuai dengan hasil perancangan campuran beton.

4. Prosedur Pengujian :

Prosedur pengujian meliputi, pembuatan benda uji dan pembebanan tekan.

3.4.1. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji, mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. Siapkan cetakan beton, periksa dimensinya, kemudian kencangkan penguatnya serta lumasi dengan olie atau sejenisnya secara tipis.
2. Isi cetakan dengan adukan beton segar, masing-masing: untuk slump >75 mm sebanyak 3 lapis, tiap lapisan ditumbuk/ditusuk sebanyak 25 kali secara merata, sedangkan untuk slump <25 mm digetar sebanyak 2 lapis, tiap lapis digetar selama 10-15 detik, dan untuk slump antara 25-75 mm dapat dilakukan penumbukan atau penggetaran tetapi harus dapat jaminan beton tidak terjadi segregasi dan bleeding.
3. Ratakan permukaan cetakan, menggunakan ruskam atau sejenisnya.
4. Letakkan cetakan di ruang lembab dan bebas dari getaran sampai berumur 24 jam, kemudian buka cetakan dan keluarkan benda uji secara hati-hati.
5. Perawatan (*curing*) benda uji dapat dilakukan dengan cara: direndam dalam air pada suhu normal atau disimpan di ruang lembab, sampai umur waktu pengujian (ASTM C.551).

3.4.2. Pembebanan Tekan

Pembebanan tekan benda uji, mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. Keluarkan benda uji dari tempat penyimpanan, lap permukaannya, kemudian timbang dan ukur dimensinya, masukkan data pengukurannya pada tabel.
2. Apabila benda uji tekan berbentuk silinder, maka salah satu permukaannya harus dilakukan perataan (*capping*), yaitu dengan menggunakan mortar atau campuran belerang dan pasir bangsa, dengan ketebalan maks. 10 mm (ASTM C.39)

3. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
4. Jalankan mesin penekan dengan kecepatan pembebanan $1,4 \text{ kg/cm}^2$ sampai $3,5 \text{ kg/cm}^2$ (20-50 Psi) untuk setiap detikanya.
5. Catat beban maksimum, kemudian masukkan pada tabel. Hitung kekuatan tekan, kekuatan tekan rata-rata, standar deviasi, dan kekuatan tekan karakteristik (kekuatan tekan spesifik).

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan standar metode pengujian yang berlaku, dilakukan pengujian di Laboratorium Departemen Teknik Sipil Universitas Sangga Buana / YPKP. Pengujian tersebut meliputi karakteristik bahan pembentuk beton dan pengujian beton keras. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 6 (enam) buah untuk pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 14 hari. Pengujian-pengujian tersebut dapat kami uraikan sebagai berikut.

4.1. Pengujian Bahan Pembentuk Beton

4.1.1. Semen

Semen adalah material yang paling dibutuhkan oleh beton, mengingat peranannya yang sangat penting yaitu sebagai bahan pengikat antara agregat kasar dan agregat halus sehingga menjadikan beton sebagai satu kesatuan yang homogen, padat dan mempunyai kekuatan yang tinggi. Untuk itu pemilihan material semen harus disesuaikan dengan perencanaan tipe struktur, pengembangan kekuatan yang diinginkan, dan lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Semen yang sering digunakan pada umumnya adalah semen portland tipe I, yaitu *Ordinary Portland Cement (OPC)*, begitu juga dengan penelitian ini menggunakan Semen tipe I. Berat jenis semen portland pada pengujian yang dilakukan adalah 3,04 dan memenuhi kisaran 3,00-3,15.

4.1.2. Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, berupa butiran atau pecahan termasuk di dalamnya adalah pasir, kerikil, agregat pecah terak tanur tinggi, abu atau debu agregat. Agregat halus

merupakan agregat yang butirannya lolos ayakan 4,75 mm dan tertahan ayakan No.200 (0,075 mm).

Agregat halus yang digunakan pada kajian ini adalah pasir Cimalaka, Pasir Cimalaka memiliki tekstur halus. Jika pada campuran beton menggunakan pasir halus, maka antara mortar (semen dan agregat halus) dengan agregat kasar akan memiliki lekatan yang kurang baik tetapi pekerjaan beton akan lebih mudah. Tetapi jika sebaliknya, lekatan antara material pembentuk beton akan lebih baik jika pasir memiliki tekstur kasar.

Sedangkan untuk agregat kasar, pada kajian ini agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar yang berasal dari Lagadar dengan ukuran maksimum agregat 20 mm. Hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar antara lain:

4.1.2.1. Pengujian Agregat

Beberapa pengujian agregat kasar dan halus yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berat jenis keadaan jenuh kering muka (SSD) adalah perbandingan antara berat suatu benda pada keadaan jenuh/kering muka dengan volume benda tersebut pada suhu tertentu. Berat jenis agregat berbeda satu sama lainnya, tergantung dari jenis batuan dan pasir dari susunan mineral, struktur butiran dan porositas batumannya. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2**.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Sampel Benda Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Berat benda uji	B _k	3197.3
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B _j	3352.5
Berat benda uji di dalam air	B _a	1997.2
Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.359
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.474
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.664
Penyerapan	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	4.85%

Dari hasil pengujian berat jenis di atas didapat berat jenis *Bulk Specific Gravity* sebesar 2,359 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan antara 2,2 sampai 2,7. Penyerapan air yang didapat dari pengujian yaitu 4,85 %. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam penyerapan air.

Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Sampel Benda Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500 gr	500
Berat benda uji kering oven	Bk	472.4
Berat piknometer diisi air (25°C)	B	2175.2
Berat pik + benda uji (SSD) + air (25°C)	Bt	2495.2
Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{Bk}{(B+500-Bt)}$	2.624
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{(B + 500 - Bt)}$	2.778
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$(Bk/B+500-Bt)$	2.624
Penyerapan air (%)	$((500-Bk)/Bk)*100$	5.843

Kesimpulan dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air

Sampel Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus
Bj SSD	2.474	2.778
Bj Bulk	2.359	2.624
Bj Apparent	2.664	2.624
Penyerapan Air (%)	4.85 %	5.843 %

2. Pengujian Berat Isi

Pengujian ini dilakukan dengan SNI 03-3637-1994 tentang metode pengujian berat isi agregat. Data hasil pengujian berat isi agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.4 dan 4.5**.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Notasi	I	II
Berat Bejana + Agregat	Gram	A	14361,5	13731,7
Berat Bejana	Gram	B	4695	4695
Berat Agregat	Gram	C=A-B	9666,5	9036,7
Volume Bejana	Cm ³	D	7115	7115
Berat Isi Agregat	Gram/cm ³	C/D	1,36	1,27
Berat Isi Rata-rata Agregat	Gram/cm ³		1,31	

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Notasi	I	II
Berat Bejana + Agregat	Gram	A	15386,2	14976,1
Berat Bejana	Gram	B	4695	4695
Berat Agregat	Gram	C=A-B	10691,2	10281,1
Volume Bejana	Cm ³	D	7115	7115
Berat Isi Agregat	Gram/cm ³	C/D	1,50	1,44
Berat Isi Rata-rata Agregat	Gram/cm ³		1,47	

Pada Agregat kasar didapat berat isi gembur sebesar 1,31 gram/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gram/cm³ (SII No.52.1980). Didapat juga berat isi padat sebesar 1,47 gram/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gram/cm³. Data hasil pengujian berat isi agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dan **Tabel 4.7**.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Notasi	I	II
Berat Bejana + Agregat	Gram	A	6359,4	6528,1
Berat Bejana	Gram	B	2701	2701
Berat Agregat	Gram	C=A-B	3658,4	3827,1
Volume Bejana	Cm ³	D	2642	2642
Berat Isi Agregat	Gram/cm ³	C/D	1,38	1,44
Berat Isi Rata-rata Agregat	Gram/cm ³		1,42	

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Notasi	I	II
Berat Bejana + Agregat	Gram	A	5975,8	5914,9
Berat Bejana	Gram	B	2701	2701
Berat Agregat	Gram	C=A-B	3274,8	3213,9
Volume Bejana	Cm ³	D	2642	2642
Berat Isi Agregat	Gram/cm ³	C/D	1,24	1,21
Berat Isi Rata-rata Agregat			1.23	

Setelah melakukan pengujian bobot isi padat dan gembur untuk agregat kasar dan agregat halus maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur dan Padat Agregat Kasar dan Halus

Pengujian	Bobot Isi Agregat Halus (gram/cm ³)	Bobot Isi Agregat Kasar (gram/cm ³)
Bobot Isi Padat	1,42	1,31
Bobot Isi Gembur	1,23	1,47

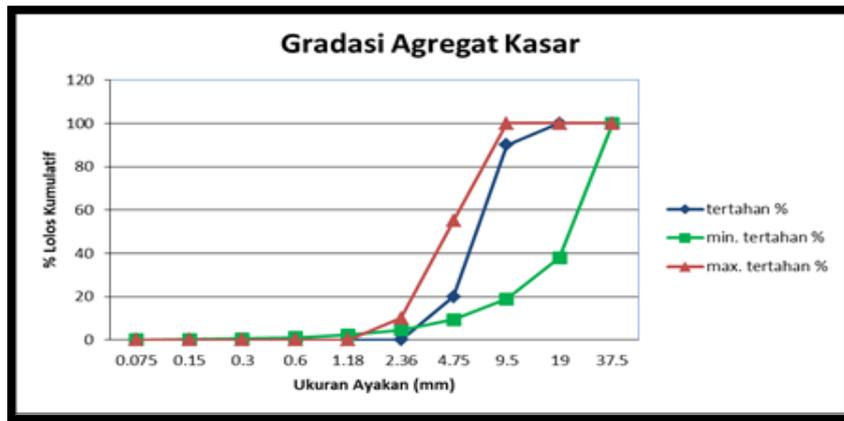
3. Analisa Saringan

Analisa saringan agregat adalah penentuan prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisa saringan agregat halus dan kasar. Gradasi agregat yang baik untuk beton adalah agregat dimana susunan butirnya (gradasi) terdiri dari butiran halus hingga kasar secara berurutan, karena butirannya akan saling mengisi sehingga akan diperoleh beton dengan kepadatan yang tinggi, mudah dikerjakan dan mudah dialirkan. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran ayakan (mm)	Tertahan Berat (gram)		Prosen (%)			Kumulatif Tertahan (%)	Kumulatif Lolos (%)	SPEK. ASTM C.33 20 mm	
	I	II	I	II	Rata-Rata			Min.	Maks.
37.5	0	0	0	0	0	0	100.00	100	100
19	51	205	0.42	1.65	1.04	1.04	98.96	90	100
9.5	9672	3742	79.14	30.18	54.66	55.70	44.30	20	55
4.75	1943	7863	15.90	63.42	39.66	95.35	4.65	0	10
2.36	248	186	2.03	1.50	1.76	97.12	2.88		
1.18	55	71	0.45	0.57	0.51	97.63	2.37		
0.6	52	58	0.43	0.47	0.45	98.08	1.92		
0.3	51	52	0.42	0.42	0.42	98.50	1.50		
0.15	37	61	0.30	0.49	0.40	98.89	1.11		
0.075	112	161	0.92	1.30	1.11	100.00	0.00		
Jumlah	12221	12399	100	100	100	742.299	0		
FM						6.423			

Grafik analisa ayak agregat kasar seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

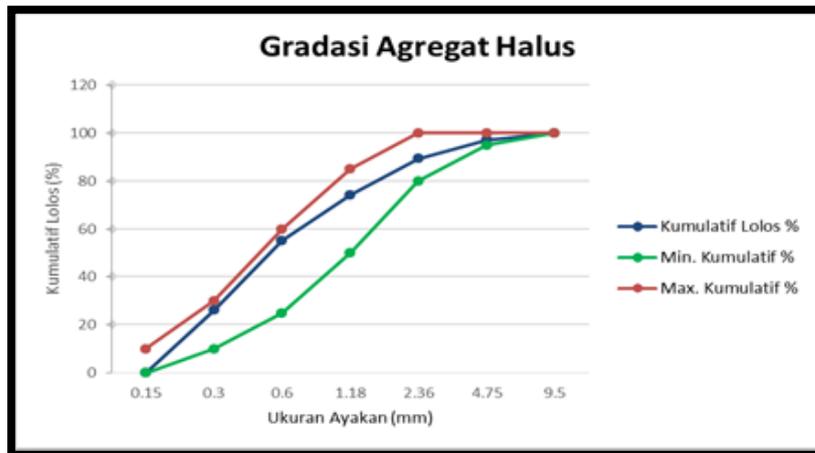
Didapat dari hasil pengujian analisa ayak agregat kasar didapat nilai FM = 6,43 %. Nilai ini berada dalam batas yang diijinkan ASTM C 33-93, yaitu 6 – 7 %.

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan					Kumulatif		SPEK. ASTM C.33	
	Berat (gram)		Prosen (%)			Tertahan (%)	Lolos (%)	AGREGAT HALUS	
	I	II	I	II	Rata-Rata	(%)	(%)	Min.	Maks.
9.5	0	0	0	0	0	0	100	100	100
4.75	52	13	5.4	0.5	2.9	2.9	97	95	100
2.36	129	58	13.4	2.2	7.8	10.8	89	80	100
1.18	153	374	15.9	14.3	15.1	25.8	74	50	85
0.6	182	499	18.9	19.0	19.0	44.8	55	25	60
0.3	240	873	24.9	33.3	29.1	73.9	26	10	30
0.15	207	805	21.5	30.7	26.1	100.0	0	0	10
Jumlah	963	2622	100	100	100	258.2			
FM						2.6			

Grafik analisa ayak agregat halus seperti pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Didapat dari hasil pengujian analisa ayak agregat halus didapat nilai $FM = 2.6$ %. Untuk nilai modulus kehalusan (FM) agregat halus ini harus memiliki nilai yang dibagi dalam beberapa kelas, yaitu :

- Pasir halus : $2.20 < FM < 2.60$
- Pasir sedang : $2.60 < FM < 2.90$
- Pasir kasar : $2.90 < FM < 3.20$

4. Pengujian Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200

Bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 sering terdapat dalam agregat. Bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 pada permukaan butiran agregat akan mengurangi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Pengujian ini dilakukan dengan SNI 03- 1753-1 990 tentang penentuan butir halus mudah pecah dan gumpalan - gumpalan lempung dalam agregat kasar dan agregat halus.

Hasil pengujian kadar bahan agregat kasar yang lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kadar Agregat Kasar yang Lolos Saringan No. 200

Nomor Contoh		I	II
Berat benda uji kering oven sebelum dicuci (gram)	W_1	2673,3	2579,4
Berat benda uji kering oven setelah dicuci (gram).	W_2	2658,7	2560,7
Kadar lumpur (%)	$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	0,55%	0,72%
Rata-rata (%)		0,64%	

Didapat nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 0,64%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu tidak melebihi dari 1% untuk agregat kasar (PBI 1971). Sedangkan hasil pengujian kadar bahan agregat halus yang lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Dalam Agregat Halus Yang Lolos Saringan No.200

Nomor Contoh		I	II
Berat benda uji kering oven sebelum dicuci (gram)	W_1	550,3	540,6
Berat benda uji kering oven setelah dicuci (gram).	W_2	529,1	520,9
Kadar lumpur (%)	$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	3,85%	3,64%
Rata-rata (%)		3,75 %	

Didapat nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 3,75%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu tidak melebihi dari 5% untuk agregat halus (PBI 1971).

4.1.3. Air

Air dalam campuran beton memiliki fungsi sebagai pereaksi kimia untuk

pasta semen sehingga terjadi pengikatan dan terjadinya proses pengerasan beton juga sebagai pelicin campuran batu pecah, pasir dan semen agar dapat mudah dicetak. Untuk semen portland dibutuhkan sebesar 25% per satuan berat semen untuk melakukan proses hidrasi. Oleh karena itu, perhitungan rasio air semen harus tepat agar dapat memudahkan beton untuk dikerjakan disamping agar kuat tekannya tidak menurun. Semakin besar perbandingan jumlah antara air dan semen, maka beton akan semakin mudah untuk dikerjakan tetapi mutu beton akan semakin rendah.

Rasio jumlah air dan semen yang optimum akan menghasilkan mutu beton yang baik. Selain kuantitas air, kualitas air juga harus diperhatikan. Air dalam campuran beton harus terbebas dari bahan - bahan atau zat - zat kimia yang dapat merusak beton seperti garam, mangan, seng, tembaga, dan NaC. Pengaruh zat - zat kimia dalam air yang dapat merusak beton akan mengakibatkan berkurangnya kekuatan beton dan mengurangi ketahanan beton sehingga umur beton menjadi berkurang

Air untuk campuran beton sebaiknya menggunakan air tawar yang memenuhi persyaratan untuk diminum. Pada penelitian ini air yang digunakan berasal dari saluran air bersih yang ada di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana - YPKP Bandung.

4.2. Perancangan Campuran Beton

Perancangan campuran beton dilakukan berdasarkan metode SNI 03-2834-2000 (Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal). Campuran dibuat menggunakan f.a.s yang sama dan perbandingan agregat terhadap semen yang sama. Penggantian material agregat kasar dengan material limbah genteng beton dilakukan dengan cara mengurangi jumlah agregat kasar berdasarkan perbandingan berat jenis antara agregat kasar dan material genteng beton.

Dengan menggunakan beberapa perbandingan campuran beton dan penggantian material agregat kasar dengan material genteng beton, penulis membuat rencana campuran beton sebanyak 3 jenis campuran dengan rincian sebagai berikut :

1. Campuran beton dengan substitusi agregat kasar dengan genteng beton 0 %
2. Campuran beton dengan substitusi agregat kasar dengan genteng beton 50 %
3. Campuran beton dengan substitusi agregat kasar dengan genteng beton 100 %

Jumlah sampel benda uji beton yang akan dibuat dapat dilihat pada **Tabel 4.13** berikut ini:

Tabel 4.13 Kebutuhan Campuran Material Beton

No	Sample	Rencana Campuran	Jenis Pengujian	Dimensi Benda Uji	Jumlah Benda Uji pada Umur		
					7 Hr	14 Hr	Total
1	Normal	1:2:3	Kuat Tekan	15x30 cm	1	1	2
3	Genteng Beton 50%	1:2:(3-50%)	Kuat Tekan	15x30 cm	1	1	2
4	Genteng Beton 100%	1:2:(3-100%)	Kuat Tekan	15x30 cm	1	1	2
Jumlah Total					4	4	6

4.3. Perhitungan Campuran Beton

Berdasarkan hasil pengujian bahan yang dilakukan terhadap material campuran beton di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana diperoleh data sebagai berikut

1. Agregat Kasar

DA_{maks}	= 19.00 mm	Diameter agregat kasar maksimal
$Bulk_{agg}$	= 2.359 kg/m ³	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)
η_{agg}	= 4.85 %	Penyerapan air (<i>water absorption</i>)
Dry_{m}	= 1.47 kg/cm ³	Berat isi (<i>dry roded mass</i>)

2. Agregat Halus

DA_{maks}	= 4.750 mm	Diameter agregat halus maksimal
$Bulk_{agg}$	= 2.624 kg/m ³	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)
η_{agg}	= 5.843 %	Penyerapan air (<i>water absorption</i>)
Dry_{m}	= 1.23 kg/cm ³	Berat isi (<i>dry roded mass</i>)

3. Semen Tiga Roda

SG	= 3,04 kg/m ³	Berat jenis (<i>specific gravity</i>)
----	--------------------------	---

Untuk mengetahui seberapa banyak kebutuhan bahan material beton yang

akan digunakan dalam penelitian ini, sebaiknya dilakukan terlebih dahulu analisa volume kebutuhan semen, pasir, batu pecah dan air. Kebutuhan jumlah air dalam sebuah volume dapat dihitung dengan mengacu pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.14 Perkiraan Air Campuran Dan Persyaratan Kandungan Udara Untuk Berbagai Slump Dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum

Slump(cm)	Air yang diperlukan tiap m ³ adukan beton (ltr/kg) Untuk ukuran agregat maksimum (mm)							
	9,6	12,5	19,6	25	38,1	50	76,2	150
Beton biasa (<i>non-air entrained</i>)								
2,5 – 5,0	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 – 10,0	228	216	205	193	181	169	145	124
15,0 – 17,5	243	228	216	202	190	178	160	-
Kira-kira udara Terperangkap (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Beton Bergelembung Udara (<i>air entrained</i>)								
2,5 – 5,0	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 – 10,0	202	193	184	175	165	157	133	119
15,0 – 17,5	216	205	197	184	174	166	154	-
Kira-kira udara Terperangkap (%)	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

Menurut data hasil pengujian agregat yang telah dilakukan dalam penelitian ini, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 19 mm dengan jenis beton yang akan dibuat adalah beton biasa. Jadi berdasarkan tabel diatas jumlah kebutuhan air per 1 m³ beton adalah 205 kg air, dengan jenis beton biasa tidak perlu rongga udara (*non air entrained*) dan nilai slump diperkirakan berkisar antara 7,5 hingga 10 cm.

Berdasarkan uraian perhitungan analisa untuk 1 buah benda uji silinder diatas, maka kebutuhan bahan untuk melaksanakan pembuatan benda uji beton normal dengan perbandingan 1 : 2 : 3 dengan campuran agregat kasar dengan genteng beton sesuai dengan persentase yang direncanakan yaitu 0%, 50% dan 100% adalah sebagai berikut:

1. Volume Silinder: $V = L \cdot a \cdot t$

$$V = 3,14 \times 7,5 \times 7,5 \times 30$$

$$V = 5298,75 \text{ cm}^3$$

$$= 0,00529875 \text{ m}^3$$

2. Perbandingan komposisi campuran beton (berat jenis beton)

1 kg semen : 2 kg pasir : 3 kg kerikil

$$\text{Semen} = \frac{1}{6} \times 0,00529875 = 0,000883 \text{ m}^3$$

$$\text{Pasir} = \frac{2}{6} \times 0,00529875 = 0,001766 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregat Kasar} = \frac{3}{6} \times 0,00529875 = 0,00264 \text{ m}^3$$

3. Jumlah kebutuhan material untuk benda uji silinder akan dijelaskan pada

Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Kebutuhan Material Campuran Beton

No	Sample	Rencana Campuran	Volume Material (m ³)				
			Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Genteng Beton (kg)	Air
1	Normal	1:2:3	2.69	4.45	6.57	0	1.09
2	Genteng Beton 50%	1:2:(3-50%)	2.69	4.45	3.29	3.29	1.09
3	Genteng Beton 100%	1:2:(3-100%)	2.69	4.45	0	6.57	1.09

Kebutuhan campuran beton normal

$$\text{Semen} = 3045 \text{ kg/m}^3 \times 0,000883 \text{ m}^3 = 2,69 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = 2521 \text{ kg/m}^3 \times 0,001766 \text{ m}^3 = 4,45 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 2480 \text{ kg/m}^3 \times 0,00264 \text{ m}^3 = 6,57 \text{ Kg}$$

$$\text{Air} = 205 \text{ kg/m}^3 \times 0,00529 \text{ m}^3 = 1,09 \text{ Kg}$$

4.4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji beton bertujuan untuk menyatukan bahan-bahan penyusun beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus, dan air agar menjadi suatu bahan campuran beton yang homogen. Bahan-bahan pembentuk beton dipersiapkan dengan cara ditimbang sesuai dengan perhitungan pada perancangan beton. Setelah perhitungan rencana campuran beton tahap selanjutnya yaitu pelaksanaan campuran beton, dalam penelitian ini pencampuran beton dilaksanakan dengan cara manual seperti pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Pencampuran Beton Secara Manual

Lamanya waktu pencampuran untuk masing-masing campuran adalah \pm 5-15 menit. Tahap-tahap pencampuran beton adalah sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

Sebelum melakukan pencampuran agregat kasar dan halus dicuci terlebih dahulu, dimaksudkan agar lumpur yang terkandung didalam agregat berkurang, dan kemudian dijemur kembali dibawah sinar matahari selama 24 jam seperti gambar di bawah ini. seperti pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Proses Pencucian dan Penjemuran Agregat

Kemudian timbang seluruh bahan bahan seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan genteng beton sesuai mix design yang telah rencanakan sebelumnya menggunakan timbangan, seperti pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Proses Penimbangan Agregat

Selain bahan material yang dipersiapkan, adapun peralatan yang digunakan untuk pengecoran dan pematatan, peralatan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini

2. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang harus disiapkan sebelum pencampuran beton yaitu:

- a. Sekop



Gambar 4.6 Sekop

b. Alat uji kelecakan (*Slump*)



Gambar 4.7 Alat Slump

c. Alat uji bobot isi beton segar



Gambar 4.8 Alat Uji Kuat Tekan

d. Cetakan benda uji silinder



Gambar 4.9 Cetakan Beton Silinder

e. Alat pemadat beton



Gambar 4.10 Batang Pemadat

f. Alat finishing beton

g. Pan besar

3. Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beton berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana - YPKP Bandung, sedangkan untuk limbah genteng beton didapat dari proyek pembangunan Summarecon Bandung. Bahan-bahan penyusun campuran beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, seperti pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11 Bahan-Bahan Penyusun Beton

4. Pembuatan benda uji

Tahap-tahap pembuatan benda uji beton adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang masing-masing bahan-bahan pembuat beton sesuai dengan proporsi kebutuhan.



Gambar 4.12 Penimbangan Masing-Masing Material

- b. Pengolesan cetakan benda uji dengan oli.



Gambar 4.13 Proses Pengolesan Cetakan Benda Uji

- c. Pencampuran bahan-bahan penyusun beton seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan genteng beton sesuai mix design. Lamanya waktu pencampuran antara 5 sampai 15 menit atau sampai adukan beton benar – benar tercampur secara merata. Seperti pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Proses Pencampuran Beton

5. Pengujian *Slump* beton

Untuk memastikan campuran beton sudah merata dan kelacakannya baik maka dilakukan *slump test* beton. Apabila nilai *slump test* memenuhi standar dilanjutkan untuk menuangkan campuran beton ke dalam cetakan beton, seperti yang terlihat pada **Gambar 4.15** di bawah ini.



Gambar 4.15 Slump Test

Pengujian slump test dilakukan sebagai penentu nilai kekentalan (*viscosity*) / plastisitas beton segar dengan mengukur penurunan beton segar setelah dipadatkan dengan alat slump, dalam satuan panjang (mm atau cm). Alat *slump test* itu bernama kerucut Abrams.



Gambar 4.16 Hasil Slump Test

Hasil pengujian kelecakan beton segar dapat dilihat pada **Tabel 4.16** berikut.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kelecakan Beton

Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i>	<i>Slump</i> Rencana
Beton dengan genteng beton 0% (Normal)	11 cm	12±2 cm
Beton dengan genteng beton 50%	11 cm	
Beton dengan genteng beton 100%	10.5 cm	

Berdasarkan hasil pengujian kelecakan beton segar pada **Tabel 4.16**, dengan komposisi rancangan yang sama, semakin besar substitusi agregat kasar dengan genteng beton maka nilai *slump* semakin kecil.

6. Pencetakan Benda Uji

Setelah pengujian beton segar selesai lalu masukan campuran beton segar ke dalam cetakan silinder, sedikit demi sedikit dan setiap 1/3 volume cetakan silinder campuran beton dipadatkan sambil ditusuk-tusuk menggunakan besi pemadat juga digetarkan dengan cara memukul - mukul cetakan menggunakan palu karet guna mengeluarkan udara pada beton sehingga tidak memiliki banyak rongga. Setelah proses pemadatan selesai, ratakan permukaan atas beton hingga air semen naik keatas permukaan dan membuat permukaan beton menjadi halus. Kemudian beton tersebut didiamkan selama 24 (dua puluh empat) jam sampai beton benar-benar mengeras seperti pada **Gambar 4.17**.



Gambar 4.17 Pembuatan Benda Uji

Setelah bagian atas permukaan diratakan, kemudian disimpan di tempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan. Silinder tersebut disimpan selama 24 jam kemudian dibuka.

7. Perawatan beton

Perawatan beton dilakukan setelah mengeluarkan benda uji dari cetakan

selinder beton. Perawatan beton dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam air selama waktu yang telah ditentukan sesuai dengan waktu pengetesan kuat tekan beton yaitu pada umur 7, dan 14 hari. Sebelum direndam timbang benda uji agar mengetahui berat dari benda uji.



Gambar 4.18 Penimbangan Benda Uji

Perawatan beton ini bertujuan untuk menghindari terjadinya proses hidrasi semen secara berlebihan yang dapat mengakibatkan beton menjadi retak, proses hidrasi semen terjadi ketika semen mulai tercampur dengan air sampai menghasilkan pasta yang plastis dan mudah dikerjakan.



Gambar 4.19 Perendaman Benda Uji

4.2. Pengujian Berat Isi Beton Kering

Pengujian berat isi beton kering dilakukan setelah proses perawatan beton (perendaman dalam air) dilakukan. Berat sampel benda uji ditimbang sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton dan kondisi beton dalam keadaan jenuh

kering permukaan (JKP). Berikut adalah hasil Pengujian berat sampel beton kering pada umur 7 dan 14 hari dijelaskan pada **Tabel 4.17 dan Tabel 4.18**.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering Pada Umur 7 Hari

No	Sample	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi Benda Uji (m)	Berat Isi Beton Kering (kg/m ³)
1	Beton normal	12.25	0.00529875	2311.87
2	Beton Normal dengan Genteng Beton 50%	11.55	0.00529875	2368.48
3	Beton Normal dengan Genteng Beton 100%	10.76	0.00529875	2476.06

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering Pada Umur 14 Hari

No	Sample	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi Benda Uji (m)	Berat Isi Beton Kering (kg/m ³)
1	Beton normal	12.15	0.00529875	2292.99
2	Beton Normal dengan Genteng Beton 50%	11.65	0.00529875	2387.36
3	Beton Normal dengan Genteng Beton 100%	11.05	0.00529875	2455.30

4.3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan silinder beton berukuran 15cm x 30cm. Pengujian dilakukan pada umur beton ke 7 dan 14 hari, Jenis benda uji ini masing-masing terdiri dari beton normal, substitusi agregat kasar dengan genteng beton 0%, substitusi agregat kasar dengan genteng beton 50% dan substitusi genteng beton 100%.

Kekuatan tekan beton adalah muatan tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton persatuan luas. Kekuatan tekan beton dalam industri konstruksi biasa dipakai untuk menilai serta untuk mengendalikan mutu beton dan untuk tujuan persyaratan spesifikasi. Cara yang digunakan untuk pemeriksaan kekuatan tekan beton adalah dengan menggunakan mesin tekan, pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan terhadap benda uji silinder pada masing - masing umur beton yaitu umur 7 dan 14 hari masa perawatan beton.

Untuk menghitung kuat tekan beton dari hasil pembebanan benda uji, bisa digunakan rumus Kuat tekan adalah Beban maksimum dibagi Luas penampang

benda uji ($\sigma = P/A$). Langkah pertama adalah menghitung luas penampang benda uji dengan menggunakan rumus:

Luas penampang silinder = sisi x sisi

Maka luas penampang untuk beton silinder dengan panjang sisi 15 cm adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= 1/4 \times 3,14 \times d \times d \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 150 \times 150 \\ &= 17671 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hasil nilai kuat tekan dapat dilihat pada **Tabel 4.19** dan **Tabel 4.20** di bawah ini:

Tabel 4.19 Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 7 Hari

No.	Benda Uji	Tanggal Cor	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (Kg)	Slump (cm)	Luas Bidang (cm ²)	Beban (KN)	f _c (N/mm ²) (Mpa)
1	Normal	02/07/2020	09/7/2020	7	12.25	11	17.67	370	20.94
2	Genteng Beton 50%	02/07/2020	09/7/2020	7	11.55	11	17.67	380	21.50
3	Genteng Beton 100%	02/07/2020	09/7/2020	7	10.76	10.5	17.67	390	22.07

Tabel 4.20 Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 14 hari

No.	Benda Uji	Tanggal Cor	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat Benda Uji (Kg)	Slump (cm)	Luas Bidang (cm ²)	Beban (KN)	f _c (N/mm ²) (Mpa)
1	Normal	02/07/2020	16/7/2020	14	12.15	11	17.67	420	23.77
2	Genteng Beton 50%	02/07/2020	16/7/2020	14	11.65	11	17.67	440	24.90
3	Genteng Beton 100%	02/07/2020	16/7/2020	14	11.05	10.5	17.67	460	26.03



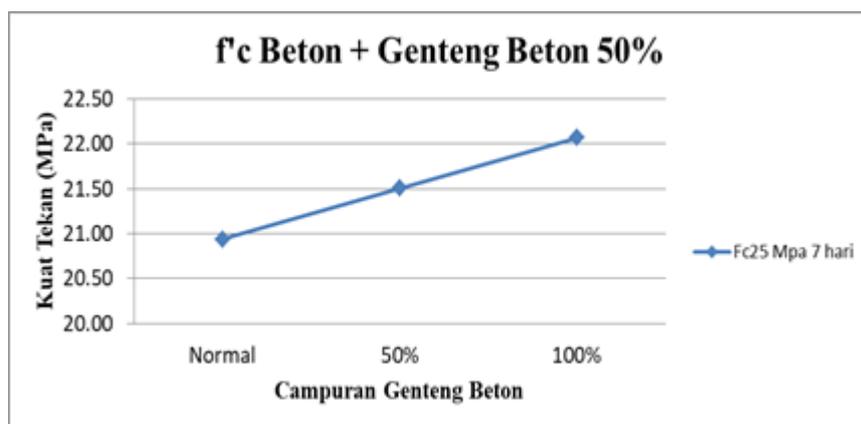
Gambar 4.20 Penekanan Benda Uji

Rincian perhitungan pada **Tabel 4.19** adalah sebagai berikut:

Perhitungan :

1. Beton Normal umur 7 hari
 $f'c = 370 \text{ (N)} / 17,671 \text{ mm}^2 = 20,94 \text{ Mpa}$
2. Beton dengan substitusi genteng beton 50% umur 7 hari
 $f'c = 380 \text{ (N)} / 17,671 \text{ mm}^2 = 21,50 \text{ Mpa}$
3. Beton dengan substitusi genteng beton 100% umur 7 hari
 $f'c = 390 \text{ (N)} / 17,671 \text{ mm}^2 = 22,07 \text{ Mpa}$

Grafik dari hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari seperti **Gambar 4.21** berikut:



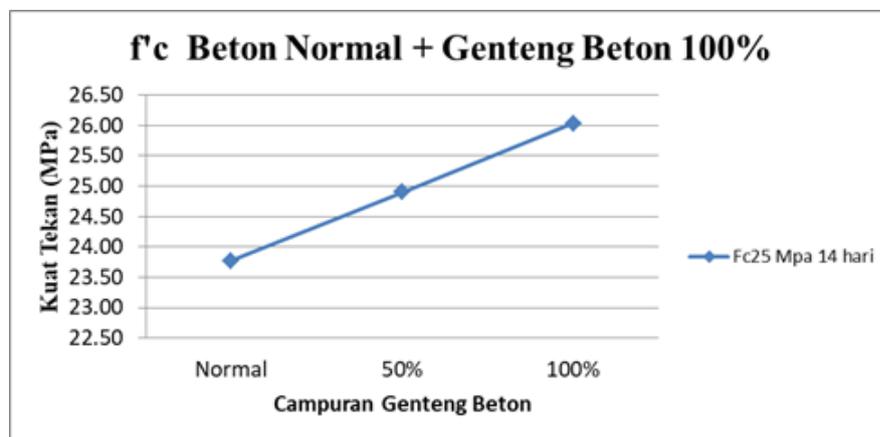
Gambar 4.21 Grafik kuat tekan beton umur 7 hari

Rincian perhitungan pada **Tabel 4.20** adalah sebagai berikut:

Perhitungan :

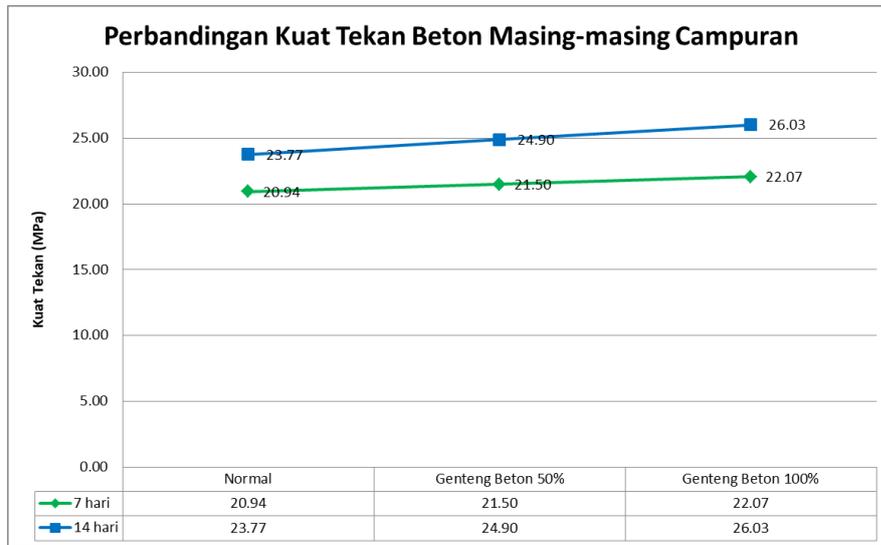
1. Beton Normal umur 14 hari
 $f'c = 420 \text{ (N)} / 17,671 \text{ mm}^2 = 23,77 \text{ Mpa}$
2. Beton dengan substitusi genteng beton 50% umur 14 hari
 $f'c = 440 \text{ (N)} / 17,671 \text{ mm}^2 = 24,90 \text{ Mpa}$
3. Beton dengan substitusi genteng beton 100% umur 14 hari
 $f'c = 460 \text{ (N)} / 17,671 \text{ mm}^2 = 26,03 \text{ Mpa}$

Grafik dari hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari seperti **Gambar 4.22** berikut:



Gambar 4.22 Grafik kuat tekan beton umur 14 Hari

Terlihat pada grafik kuat tekan beton umur 7 hari dan 14 hari **Gambar 4.21** dan **Gambar 4.22** bahwa kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 14 hari dari beton normal menuju beton dengan campuran genteng beton 50 % dan 100% mengalami peningkatan nilai kuat tekan. Sehingga semakin banyak campuran genteng beton yang sesuai membuat semakin tinggi nilai kuat tekan beton tersebut. Grafik perbandingan kuat tekan beton umur 7 hari dan 14 hari seperti pada **Gambar 4.23**.



Gambar 4.23 Perbandingan Kuat Tekan Beton Masing-Masing

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis pada bab IV yang berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Universitas Sangga Buana YPKP, penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan limbah genteng beton sebagai pengganti agregat kasar ternyata membuat nilai kuat tekan beton semakin naik, semakin besar penggantian agregat kasar dengan limbah genteng beton maka nilai kuat tekan beton akan semakin naik. Hal ini diakibatkan karena material dasar limbah genteng beton terbuat dari campuran agregat kasar dan halus seperti campuran beton normal.
2. Nilai kuat tekan beton umur 7 (tujuh) hari yang di hasilkan untuk beton normal (0%) penggantian agregat kasar dengan genteng beton adalah 20,94 Mpa, 50% penggantian agregat kasar dengan genteng beton adalah 21,50 Mpa, 100% penggantian agregat kasar dengan genteng beton adalah 22,07 Mpa.
3. Nilai kuat tekan beton umur 14 (empat belas) hari yang di hasilkan untuk beton normal (0%) penggantian agregat kasar dengan genteng beton adalah 23,77 Mpa, 50% penggantian agregat kasar dengan genteng beton adalah 24,90 Mpa, 100% penggantian agregat kasar dengan genteng beton adalah 26,03 Mpa.

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian di Laboratorium Universitas Sangga Buana YPKP dan didapatkan hasil pada kesimpulan, maka terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan, yaitu :

1. Untuk memaksimalkan nilai kuat tekan beton, limbah genteng beton dapat dianjurkan dipakai untuk struktur atau bangunan beton mutu tinggi dan beton mutu rendah.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang material limbah genteng beton itu sendiri, dan mengenai pengujian yang lain selain pengujian kuat tekan agar dapat lebih diketahui kegunaan genteng beton pada campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., (1986). *Bahan dan Praktek Beton*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- SK SNI T-15-1990-03. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Yayasan LPMB, Bandung .
- SK SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Balitbang PU, Bandung.
- SK SNI-03-1750-1990. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*.
- SK SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*.
- SK SNI 0096:2007. *Genteng Beton*.
- Soemantoro M, Safrin Zuraidah, Rika Nosen, 2015. *Pemanfaatan Limbah Genteng Sebagai Bahan Alternatif Agregat Kasar Pada Beton*
- Warsiti, 2007. *Analisis Kuat Tekan Beton Campuran Pecahan Genteng Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Beton Mutu Sedang*. Semarang: Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

LAMPIRAN