

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

PROYEK AKHIR

*Proyek Akhir Ini Diajukan Sebagai
Salah Satu Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Program Studi Teknik Sipil Bangunan FT UNP Padang*



Oleh :
MUHAMMAD RANDI
2019/19062040

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN BANGUNAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2023**

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM TERHADAP KUAT
TEKAN BETON

Nama : Muhammad Randi
NIM : 19062040
Prodi : DIII Teknik Sipil Bangunan Gedung
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, 7 Februari 2023

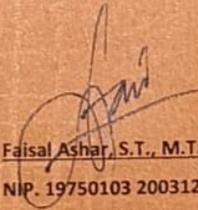
Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing



Dr. Nurhasan Syah, M.Pd

NIP. 19601105 198602 1 001

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP



Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19750103 200312 1 001

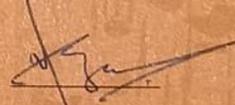
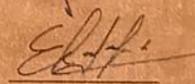
PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM TERHADAP KUAT
TEKAN BETON

Nama : Muhammad Randi
NIM : 19062040
Prodi : DIII Teknik Sipil Bangunan Gedung
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik Program Studi DIII Teknik Sipil Bangunan Gedung, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, 7 februari 2023

Nama	Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Nurhasan Syah, M.Pd	
2. Anggota	: Dr. Henny Yustisia, S.T.,M.T	
3. Anggota	: Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T, M.Eng	



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

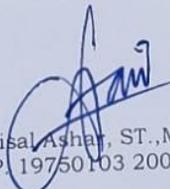
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Randi
NIM/TM : 1906204012019
Program Studi : D3 Teknik Sipil Borynon Gedung
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Pengaruh penambahan serbuk (angkang telur ayam) terhadap kuat beton

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Departemen Teknik Sipil


(Faisal Ashari, ST., MT., Ph.D)
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,


Muhammad Randi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tiada kata yang pantas diucapkan selain syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan ilmu kepada peneliti, saya persembahkan proyek akhir ini sebagai rasa hormat dan cinta kasih sayang saya yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua saya (Bapak Indra Gusti dan Ibu Efida Lendra) yang senantiasa mendidik saya dan mendoakan saya di jalan yang benar. Semoga Ayah dan Ibu diberikan umur yang panjang dan kesehatan sampai nanti bisa melihat saya menjadi orang yang kalian inginkan dan dibanggakan.
2. Untuk saudara saya Riski dan saudari saya Refa dan Refi yang selalu ada saat saya butuhkan hanya ucapan terimakasih yang dapat saya sampaikan atas support dari kalian saya bisa menyelesaikan perkuliahan ini.
3. Terimakasih kepada pembimbing saya Bapak Nurhasan Syah yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan proyek akhir ini, terimakasih untuk ilmu serta bantuan materi sehingga proyek akhir ini bisa saya selesaikan semoga Bapak berumur Panjang dan diberi Kesehatan.
4. Terimakasih kepada teman teman yang membantu saya selama penelitian yang mungkin tidak dapat saya sebutkan Namanya satu persatu, terimakasih untuk bantuan tenaga dan support dari kalian sehingga proyek akhir ini terselesaikan.

BIODATA

Data Diri

Nama Lengkap : Muhammad Randi
Tempat/Tanggal Lahir : Simabur, 05 Desember 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Anak Ke : Pertama (Satu)
Jumlah Saudara : Tiga (Tiga)
Alamat Tetap : DSN Balai-balai Jorong Tanjung Limau
Nomor Telepon : 089506622145



Riwayat Pendidikan

- a. SD/MI : SD Negeri 01 Simabur
- b. SMP/MTS : SMP Negeri 1 Pariangan
- c. SMA/MA/SMK : SMA Negeri 1 Pariangan

Penelitian Tindakan Kelas

Judul Proyek Akhir : Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Ayam
Terhadap Kuat Tekan Beton
Tanggal Sidang : 07-Februari-2023

Padang, 7 Februari 2023

Muhammad Randi

2019/19062040

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Penelitian ini dilatar belakangi dengan besarnya penggunaan beton, sementara material penyusun beton yang semakin terbatas dan mahal, maka diperlukan terobosan untuk mengganti bahan penyusun beton dengan bahan lainnya. Salah satu bentuk terobosan ini dilakukan dengan mengganti atau mengurangi sebagian bahan penyusun beton dengan bahan lainnya misalnya memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita. Salah satu bahan tambah yang berbasis limbah dan ramah lingkungan adalah cangkang telur. Salah satu solusi untuk mengatasi lingkungan dari cangkang telur ayam adalah mengolah cangkang telur menjadi bahan pengganti semen pada campuran beton.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan serbuk cangkang telur sebagai bahan campuran tambahan pada beton normal dengan memvariasikan komposisi campuran beton dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan beton. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Mekanika Tanah, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang menggunakan alat uji tekan beton yaitu *Compression Machine Test*. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan besaran campuran cangkang telur specimen control, 5%, 10%, 15% dari semen yang dipakai dan akan dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Eksperimen ini dilakukan terhadap 20 sampel beton dengan cetakan silinder. Menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada persentase SCT 0% sebesar 24,6 Mpa. Sedangkan kuat tekan rata-rata pada persentase SCT 5%, 10%, 15% berturut-turut adalah sebesar 21,79 Mpa, 15,443 Mpa dan 14,68.

Pada setiap penambahan persentase serbuk cangkang telur ayam pada kuat tekan beton yang diperoleh mengalami penurunan nilai kuat tekan, maka dengan hal ini penggunaan serbuk cangkang telur ayam kurang baik untuk kualitas campuran pengganti semen pada beton

Kata Kunci: Beton, Serbuk Cangkang Telur, Kuat Tekan

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis ucapkan atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini. Tidak lupa shalawat beriringan salam Penulis sampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Penulisan Proyek Akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Penulis untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik. Selama membuat Proyek Akhir dengan judul “Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap Kuat Tekan Beton” ini, Penulis mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini Penulis ucapkan rasa terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Nurhasan Syah, M.Pd. Selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir yang telah memberikan waktu untuk bimbingan, petunjuk, pengarahan dan nasihat dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.
2. Ibu Dr. Henny Yustisia, S.T.,M.T. Selaku Dosen Penguji Proyek Akhir.
3. Ibu Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T, M.Eng. Selaku Dosen Penguji Proyek Akhir.
4. Ibu Dr. Nevy Sandra, S.T., M. Eng. Selaku Ketua Prodi DIII Teknik Sipil Bangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph. D. Selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Fitra Rifwan, S.Pd., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik Penulis.
7. Terkhusus kepada Keluarga penulis yang sudah memberi dukungan dan semangat selama penyusunan proyek akhir
8. Kepada teman-teman seperjuangan angkatan 2019 yang telah memberi semangat serta dukungan untuk menyelesaikan proyek akhir ini segera mungkin.

Semoga semua bantuan yang telah diberikan kepada Penulis mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT. Sebagai manusia yang tidak terhindar dari kesalahan dan kekurangan, Penulis menyadari bahwa dalam Proyek Akhir ini masih

terdapat kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Untuk itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari Pembaca dalam memperbaiki kekurangan tersebut.

Padang, 7 Februari 2023

Muhammad Randi
2019/19062040

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUI	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT KETERANGAN PLAGIAT	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
BIODATA	i
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Tujuan dan Manfaat Proyek Akhir	3
C. Batasan Masalah	3
D. Spesifikasi Teknis.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Beton	5
1. Pengertian Beton.....	5
2. Sifat-Sifat Beton.....	6

3.	Pengelompokan Beton	6
4.	Keunggulan dan Kelemahan Beton	12
B.	Bahan Material Penyusun Beton.....	15
1.	Semen (<i>Portland Cement</i>)	15
2.	Agregat	17
3.	Air	21
4.	Bahan Tambahan (<i>Additional</i>).....	22
C.	Kuat Tekan Beton	25
D.	Penelitian Yang Relevan	26
BAB III	PROSEDUR DAN TAHAPAN PERHITUNGAN /RANCANGAN	29
A.	Jenis Proyek Akhir	29
B.	Lokasi Penelitian.....	29
C.	Prosedur Pengujian Laboratorium	29
1.	Pengujian Agregat Halus (Pasir)	29
2.	Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)	36
D.	Perhitungan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	43
E.	Pembuatan Benda Uji	44
F.	Perawatan Benda Uji.....	46
G.	Pengujian Kuat Tekan Beton	47
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A.	Hasil Penelitian.....	51
1.	Pengujian Bahan Material	51
a.	Agregat Halus	51

b. Agregat Kasar.....	57
2. Perhitungan Mix Design	63
3. Pengujian Beton Segar (<i>Slump Test</i>)	71
4. Pengujian Kuat Tekan	72
5. Pembahasan	74
BAB V PENUTUP.....	74
A. Kesimpulan.....	76
B. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Cangkang Telur	24
Tabel 2. Susunan Butir Contoh yang Diuji dan Jumlah Bola Baja	41
Tabel 3. Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Pada Beton	44
Tabel 4. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.	51
Tabel 5. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.	52
Tabel 6. Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir.....	53
Tabel 7. Data Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus.	54
Tabel 8. Standar Warna Kadar Organik Agregat Halus.	55
Tabel 9. Data Pemeriksaan Analisis Ayak Agregat Halus.....	56
Tabel 10. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.	58
Tabel 11. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.	59
Tabel 12 . Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Kerikil.	60
Tabel 13. Data Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar.	61
Tabel 14. Data Pemeriksaan Analisis Ayak Agregat Kasar.....	62
Tabel 15. Hasil Pemeriksaan Bahan dan Material Pembentuk Beton.....	63
Tabel 16. Nilai Standar Deviasi Untuk Berbagai Pengendalian Mutu.	64
Tabel 17. Nilai Proporsi Cacat (Faktor K).....	64
Tabel 18. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton.	65
Tabel 19. Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS Maksimum.....	67
Tabel 20. Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan.....	67
Tabel 21. Komposisi campuran Kebutuhan 1 m^3 Beton.	71
Tabel 22. Komposisi campuran untuk 5 buah benda uji ($0,02654 \text{ m}^3$).....	71
Tabel 23. Slump Test	72
Tabel 24. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cangkang Telur	24
Gambar 2. Serbuk Cangkang Telur.....	25
Gambar 3. Sketsa Uji Kuat Tekan.....	26
Gambar 4. Bahan Material Campuran Beton	45
Gambar 5. Pembuatan Benda Uji	45
Gambar 6. Benda Uji Dalam Cetakan	46
Gambar 7. Perawatan Benda Uji.....	47
Gambar 8. Benda Uji Yang Sudah di Capping.....	48
Gambar 9. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	48
Gambar 10. Bagan Alur Penelitian.....	50
Gambar 11. Hasil Pemeriksaan Kadar Organik Pasir.	55
Gambar 12. Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus Zona III.	57
Gambar 13. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen.....	66
Gambar 14. Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm.	69
Gambar 15. Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Didapatkan.	70
Gambar 16 . Grafik Hasil Pemeriksaan <i>Slump</i>.....	72
Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 hari.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing.....	79
Lampiran 2. Surat Izin Melakukan Penelitian.....	80
Lampiran 3. Surat Izin Pemakaian Labor Mekanika Tanah dan Bahan Bangunan...	81
Lampiran 4. Jadwal Rencana Penelitian	82
Lampiran 5. Lembar Konsultasi Pembimbing.....	83
Lampiran 6. Dokumentasi Pengujian.....	86

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Beton adalah salah satu komponen penting dalam struktur bangunan, yang banyak digunakan dalam jasa konstruksi karena materialnya mudah diperoleh dan memiliki kuat tekan yang cukup baik. Beton sangat diminati karena banyak memiliki kelebihan antara lain mudah dalam pengerjaan, bersifat kaku dan biaya produksi yang relative murah. Beton terdiri dari beberapa material yang diikat menjadi satu oleh bahan ikat. (Antoni, 2007).

Beton disebut juga gabungan dari bahan-bahan penyusunnya yaitu yang terdiri dari PC (semen hidrolik), agregat kasar dan agregat halus, air serta bahan-bahan tambah yang biasa disebut sebagai *admixture* atau *additive*. Cara yang tepat agar dapat memahami sifat-sifat dari bahan-bahan campuran penyusun beton ialah dengan mempelajari tentang karakter dari setiap masing-masing komponen bahan penyusun. Dalam perancangan beton perlu adanya pemahaman tentang karakteristik setiap masing-masing komponen bahan penyusun beton.

Pada umumnya beton digunakan sebagai salah satu bahan konstruksi yang sering dipakai dalam pembangunan. Akibat besarnya penggunaan beton, sementara material penyusun beton yang semakin terbatas dan mahal, maka diperlukan terobosan untuk mengganti bahan penyusun beton dengan bahan lainnya. Salah satu bentuk terobosan ini dilakukan dengan mengganti atau mengurangi sebagian bahan penyusun beton dengan bahan lainnya misalnya memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita. Dengan demikian limbah-limbah tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal, sehingga mempunyai nilai tambah yang tinggi.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun *domestic* (rumah tangga). Salah satu bahan tambah yang

berbasis limbah dan ramah lingkungan adalah cangkang telur. Limbah cangkang telur akan semakin berlimpah selama penggunaan telur di berbagai bidang peternakan serta digunakan sebagai bahan olahan dalam pembuatan makanan di *restaurant*, pabrik roti dan mie. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, produksi telur di Sumatera Barat pada tahun 2019 sebesar 284.134,54 ton, pada tahun 2020 sebesar 321.917,73 ton, dan pada tahun 2021 sebesar 289.152,19 ton. (Badan Pusat Statistik, 2021).

Komposisi cangkang telur secara umum terdiri atas: air (1,6%) dan bahan kering (98,4%). Dari total bahan kering yang ada, dalam cangkang telur terkandung unsur mineral (95,1%) dan protein (3,3%). Berdasarkan komposisi mineral yang ada, maka cangkang telur tersusun atas kristal CaCO_3 (98,43%), MgCO_3 (0,84%) dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) (Armendariz, 2015).

Tingginya tingkat pembangunan di saat ini membuat tingkat perkembangan penggunaan beton semakin tinggi. Untuk meminimalisir kebutuhan tersebut, perlu adanya inovasi yang mampu menekan angka produksi material, seperti semen. Perlu adanya alternatif untuk memanfaatkan limbah yang terbuang seperti cangkang telur untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. Cangkang telur yang terbuang dihaluskan sehingga menghasilkan serbuk. Dalam penelitian ini peneliti mencoba memanfaatkan serbuk cangkang telur untuk menggantikan sebagian jumlah berat semen dalam proporsi campuran penyusun beton karena ada persamaan kandungan semen dan cangkang telur yaitu kalsium karbonat.

Berdasarkan latar belakang di atas, Penulis bermaksud ingin memanfaatkan limbah-limbah yang tidak termanfaatkan sebelumnya dan untuk mengurangi penggunaan semen pada teknologi campuran beton dengan memperhatikan nilai kuat tekan pada campuran beton dan diharapkan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai substitusi semen dengan komposisi yang tepat dapat diaplikasikan dalam dunia konstruksi dan dapat mengurangi penggunaan semen dalam jumlah

yang cukup signifikan . Sehingga Penulis mengangkat sebuah Proyek Akhir dengan judul **“Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap Kuat Tekan Beton”**

B. Tujuan dan Manfaat Proyek Akhir

1. Tujuan dari penelitian ini adalah :
 - a. Untuk mengetahui nilai kuat tekan pada beton dengan dicampur bahan pengganti semen yaitu serbuk cangkang telur.
 - b. Untuk mengetahui apakah serbuk cangkang telur ayam dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen pada campuran beton.
2. Selanjutnya manfaat dari proyek akhir yang akan dilakukan adalah :
 - a. Mengurangi jumlah cangkang telur dengan memanfaatkan limbah cangkang telur untuk industri konstruksi.
 - b. Bagi peneliti lain yang akan meneliti menggunakan serbuk cangkang telur ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan .
 - c. Bagi penulis dapat menambah wawasan dan ilmu mengenai pengujian dari kuat tekan beton.
 - d. Bahan masukan pada masyarakat atau pekerja tentang penggunaan cangkang telur pada campuran beton.
 - e. Sebagai bahan rekomendasi tentang layak atau tidaknya cangkang telur digunakan sebagai bahan campuran semen dalam pembuatan beton.

C. Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan pembahasan pada penelitian ini, maka diperlukan adanya batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bahan campuran beton yang digunakan adalah serbuk cangkang telur
2. Kadar penambahan cangkang telur yang digunakan yaitu (0%, 5%, 10%, 15%) dari semen yang dipakai
3. Pengujian kuat tekan akan dilakukan pada umur 28 hari.

4. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah benda uji silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm
5. Penelitian pada beton ini hanya dilakukan dengan mutu beton $f_c' = 20$ MPa
6. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Universitas Negeri Padang

D. Spesifikasi Teknis

Penelitian ini dilakukan berdasarkan acuan pada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan dan Mekanika Tanah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang menggunakan alat uji tekan *Compression Machine Test*. Kegiatan ini dilakukan selama kurang lebih 2 (dua) bulan menggunakan metode eksperimen. Sebelum dilakukan pembuatan benda uji, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan fisik material penyusun beton untuk menentukan kebutuhan semen, agregat kasar, agregat halus, dan serbuk cangkang telur yang lolos saringan no. 200 yang akan digunakan dalam campuran beton. Pada penelitian ini, penulis hanya menggunakan serbuk cangkang telur sebagai bahan campuran tambahan pada beton normal dengan memvariasikan komposisi campuran beton menggunakan serbuk cangkang telur dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan beton. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan besaran campuran cangkang telur sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dari semen yang dipakai dan akan dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Setelah benda uji mencapai umur yang direncanakan, kemudian dilakukan pengujian untuk membandingkan hasil yang diperoleh. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui apakah serbuk cangkang telur yang merupakan limbah bisa digunakan sebagai bahan tambah pengganti sebagian semen pada beton.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

1. Pengertian Beton

Beton adalah pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton (Dipohusodo, 1994). Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTU) beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen *Portland* dan air. Menurut SK SNI 2847-2013 beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai di Indonesia dalam pembangunan fisik. Karena sifatnya yang unik maka diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasinya, dan variasi bahan tambahannya (Samekto, 2001).

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung pada sifat bahan-bahan dasar penyusunnya yaitu semen *portland*, air, agregat halus, dan agregat kasar, serta pengerjaannya dalam menggunakan bahan tambah (*admixture*) seperti *superplasticizer* (Tjokrodimuljo, 1996). Selain itu cara pengadukan maupun pengerjaannya juga dapat mempengaruhi kekuatan, keawetan serta sifat beton tersebut. Untuk mendapatkan beton yang baik maka diperlukan ketelitian dalam perhitungan komposisi adukan materialnya, semakin baik komposisi adukannya maka semakin baik pula

beton yang diperoleh. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadinya pemisahan agregat dari adukan dan pemisahan air dan semen dari adukan (*bleeding*) aktif, maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah. (Tjokrodimuljo, 1996).

Semen yang digunakan untuk bahan beton pada penelitian ini adalah semen *portland*, berupa semen *hidrolik* yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Dengan jenis semen tersebut diperlukan air guna berlangsungnya reaksi kimiawi pada proses hidrasi. Pada proses hidrasi semen mengeras dan mengikat bahan susun beton membentuk masa padat. semen *portland* yang pada awalnya ditemukan di dekat kota Dorset, Inggris, adalah bahan yang umumnya digunakan untuk keperluan tersebut (Dipohusodo, 1994).

2. Sifat-Sifat Beton

Beton memiliki beberapa sifat yang harus diketahui antara lain adalah:

a. *Workability*

Pembuatan campuran beton dipengaruhi oleh komposisi tingkat kemudahan pengerjaan beton. Tingkat kelecakan beton dipengaruhi oleh beberapa unsur, adapun unsur tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Air yang digunakan dalam campuran beton apabila air yang digunakan banyak mengandung air maka semakin mudah pekerjaan beton yang segar.
- b) Semen yang digunakan dalam campuran beton dengan mempertahankan nilai faktor air semen.
- c) Gradasi agregat yang digunakan akan mudah dikerjakan apabila agregat yang digunakan berada dalam daerah yang sesuai aturan yang ada.

- d) Butiran agregat yang berbentuk bulat akan mempermudah dalam pengerjaan campuran beton
- e) Semakin besar ukuran agregat, maka semakin sedikit jumlah air yang diperlukan agar memperoleh tingkat kelecakan yang baik pada campuran beton.

Kemungkinan penurunan slump yang sering dijumpai saat pelaksanaan uji *slump* adalah sebagai berikut:

- a) Beton kerucut beton mengalami penurunan yang seimbang di setiap sisinya dinamakan *slump* ideal.
- b) Campuran beton yang kurang baik terjadinya *kohesivitas* campuran beton yang menyebabkan sebagian kerucut beton meluncur ke bawah di sepanjang bidang miring. Dinamakan *slump geser*.
- c) Beton runtuh terjadi pada campuran beton normal yang kurang kohesif. Salah satu sifat beton sebelum mengeras beton segar adalah kemudahan pengerjaan *workability*, dinamakan *slump* runtuh.

Workability memiliki sifat-sifat sebagai berikut.

- a) *Mobility* ialah memudahkan campuran beton untuk mengalir dan masuk kedalam cetakan yang telah disediakan.
- b) *Stability* adalah kemampuan campuran beton untuk tetap homogen, mengikat, dan tidak mengalami pemisahan butiran.
- c) *Compatibility* adalah kemudahan campuran beton untuk dipadatkan sehingga rongga udara dapat berkurang.
- d) *Finishability* ialah kemudahan yang terjadi pada campuran beton untuk mencapai tahap akhir.

Sifat-sifat *workability* dipengaruhi oleh beberapa unsur diantaranya ialah:

- a) Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton.

- b) Penambahan semen ke dalam campuran akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya.
- c) Apabila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang disarankan sesuai peraturan, maka campuran beton akan mudah dikerjakan.
- d) Pemakaian butiran batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
- e) Tingkat kemudahan dalam pekerjaan berpengaruh pada pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai.
- f) Pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda jika cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit jika dipadatkan dengan tangan.

b. *Segregasi*

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton disebut juga dengan segregasi. Penyebab terjadinya segregasi adalah sebagai berikut.

- a) Campuran beton kurang semen dan kurus.
- b) Banyaknya air yang digunakan.
- c) Maksimum ukuran agregat lebih dari 40 mm.
- d) Terlalu kasarnya permukaan butiran agregat.

Segregasi dapat dicegah dengan cara sebagai berikut:

- a) Tinggi jatuhnya butiran diperpendek.
- b) Menggunakan air sesuai yang disyaratkan.
- c) Memiliki ruangan cukup antara batang tulangan dengan acuan.
- d) Ukuran agregat harus sesuai dengan ketentuan.
- e) Melakukan pemadatan yang baik.

c. *Bleeding*

Bleeding merupakan peristiwa naiknya air ke permukaan beton yang baru dicor karena bahan campuran mengendap dan bahan material yang disusun kurang mampu merekat secara terbagi atau merata pada seluruh campuran beton. Adapun dampak yang ditimbulkan dari peristiwa bleeding ialah:

- a) Beton yang dihasilkan berpori dan lemah karena lapisan terlalu basah
 - b) Lapisan berbentuk berbuih pada permukaan lapisan dikarenakan air naik ke permukaan.
 - c) Menimbulkan rongga rongga besar karena air berkumpul dalam kerikil
- Cara mengatasi peristiwa bleeding pada beton adalah sebagai berikut.

- a) Mengontrol jumlah air agar tidak melebihi kebutuhan yang diinginkan untuk mencapai workability.
- b) Menggunakan campuran dengan semen yang lebih banyak.
- c) Memberikan semen dengan butiran halus
- d) Agregat batuan harus memiliki gradasi yang baik
- e) Pasir alam yang bulat dengan persentase butiran halus lebih besar
- f) Penambahan zat yang berguna untuk memperbaiki gradasi agregat batuan kadang kadang digunakan bubuk Al, menyebabkan pengembang pada pasta lebih sedikit.

d. Umur beton

Kekuatan beton akan mengalami kenaikan secara cepat hingga usia 28 hari, namun setelah itu kenaikannya akan mengecil. Kekuatan desak beton pada permasalahan tertentu terus akan meningkat hingga sebagian tahun kedepan. Agar mendapatkan kenaikan besar maka beton perlu dikombinasikan dengan tambahan kimia dengan jenis semen I (OPC-1). Laju peningkatan usia beton sangat bergantung dari pemakaian bahan penyusunnya terutama terhadap pemakaian semen karena cenderung langsung memperbaiki kuat desaknya. (Mulyono, 2004).

Umur beton dihitung sejak beton dibuat, kenaikan kuat desak beton awalnya cepat, kemudian kenaikan itu akan semakin lambat dan kenaikan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Kenaikan kuat desak beton dipengaruhi oleh beberapa faktor lain yaitu jenis semen Portland yang digunakan, suhu di sekeliling beton, faktor air semen dan faktor lain yang mempengaruhi kuat desak beton.

3. Pengelompokan Beton

Menurut Mulyono (2003), beton dibagi menjadi beberapa macam yaitu:

a. Berdasarkan Jenisnya

1) Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal, agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1440-1850 kg/m³ , dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 MPa sampai 17,24 Mpa.

2) Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 MPa.

3) Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.

4) Beton Massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan. Batuan yang digunakan dapat lebih besar dari yang disyaratkan sampai 150 mm, dengan *slump* rendah yang akan mengurangi jumlah semen.

5) *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah bahan gabungan yang diperoleh dari campuran beton dengan tulangan kawat ayam/kawat yang dianyam. Beton jenis ini akan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan daktail, serta lebih *waterproofing*. Ketebalannya biasanya antara 10-60 mm dengan volume tulangan 60-75% volume mortalnya.

6) Beton Serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktail daripada beton normal.

7) Beton Siklop

Beton siklop menggunakan agregat yang besar-besar, sampai dengan 20 cm, batasannya tidak lebih dari 20%. Digunakan untuk pekerjaan beton massa (*mass concrete*).

8) Beton Hampa (*vacuum concrete*)

Beton vakum adalah beton yang air sisa dari proses hidrasinya (sekitar 50%), disedot keluar setelah beton mengeras. Penyedotan ini dinamakan *vacuum method*.

b. Berdasarkan Kelas dan Mutu Beton

- 1) Beton kelas I digunakan untuk pekerjaan non struktur. Tidak memiliki keahlian khusus pada pelaksanaannya. Mutu kelas I ini dinyatakan dengan B0, pengawasan yang dilakukan ringan terhadap mutu bahan dan pengawasan dibatasi.
- 2) Beton kelas II digunakan untuk pekerjaan struktur secara umum. Memerlukan keahlian yang cukup serta dibawah pengawasan tenaga ahli. Mutu beton standar B1, K - 125, K - 175, dan K – 225 merupakan mutu beton yang termasuk dalam kelas II.
- 3) Beton kelas III digunakan untuk pekerjaan struktur yang lebih tinggi dari K - 225. Memerlukan keahlian khusus dan dibawah pimpinan tenaga ahli. Pengawasan mutu secara berkelanjutan dengan adanya laboratorium beton serta peralatan yang lengkap yang diawasi langsung oleh tenaga ahli.

4. Keunggulan dan Kelemahan Beton

a. Keunggulan Beton

Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain. (Nugraha. P, 2007:4)

- 1) Ketersediaan (*availability*) material dasar.
 - a) Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokal setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian, biaya pembuatan relative lebih murah karena semua bahan bias didapat di dalam negeri, bahkan bisa setempat.

- b) Tidak demikian halnya dengan struktur baja, karena harus dibuat di pabrik, apalagi kalau masih harus impor. Pengangkutan menjadi masalah tersendiri bila proyek berada di tempat yang sulit untuk dijangkau, sementara beton akan lebih mudah karena masing-masing material bias diangkut sendiri.
 - c) Ada masalah lain dengan struktur kayu. Meski problemnya tidak seberat struktur baja, namun penggunaannya secara massal akan menyebabkan masalah lingkungan, sebagai salah satu penyebab utama kerusakan hutan.
- 2) Kemudahan untuk digunakan (*versatility*).
- a) Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bias diangkat secara terpisah.
 - b) Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa untuk keperluan dekoratif.
 - c) Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung, tandon air, bangunan maritim, instalasi militer dengan beban kejut besar, landasan pacu pesawat terbang, kapal dan sebagainya.
- 3) Kemampuan beradaptasi (*adaptability*).
- a) Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
 - b) Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (*shell*) maupun bentuk-bentuk khusus 3 dimensi.
 - c) Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar. Dari cara sederhana yang tidak

memerlukan ahli khusus (kecuali beberapa pengawas yang sudah mempelajari teknologi beton), sampai alat modern di pabrik yang serba otomatis dan terkomputerisasi. Metode produksi modern memungkinkan industri beton yang profesional.

d) Konsumsi energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bat

4) Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

b. Kelemahan Beton dan Cara Mengatasinya

Di samping segala keunggulan di atas, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan. (Nugraha. P, 2007:6)

- 1) Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m³.
- 2) Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekanannya besar.
- 3) Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
- 4) Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
- 5) Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur-ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

Meskipun demikian beberapa beberapa kelemahan beton tersebut di atas dapat diatasi dengan berbagai cara, yaitu:

- 1) Untuk elemen struktural: Membuat beton mutu tinggi, beton pratekan, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat memakai beton ringan.
- 2) Memakai beton bertulang atau beton pratekan.
- 3) Melakukan perawatan (*curing*) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (*expansive admixtures*).
- 4) Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan kontrol kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (*ready mix*) atau beton pracetak.
- 5) Beberapa elemen struktur dibuat pracetak (*precast*) sehingga dapat dilepas per elemen seperti baja. Kemungkinan untuk melakukan beton *recycle* sedang dioptimalkan

B. Bahan Material Penyusun Beton

1. Semen (Portland Cement)

Menurut ASTM C-150,1985 dalam Mulyono (2004), semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan umumnya. Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Fungsi utama dari semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%,

namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Sifat-sifat semen *Portland*:

1. Kehalusan Butir

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi semen, semakin halus butiran semen maka proses hidrasi akan semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

2. Waktu ikatan

Waktu yang diperlukan semen terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan yang disebut waktu ikatan. Waktu ikat semen dibagi dua yaitu waktu ikat awal (*initial time*) dan waktu ikatan air (*final setting time*). Waktu dari pencampuran semen dan air sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikatan awal, dan waktu mencapai pastinya menjadi massa yang keras disebut waktu ikatan akhir. Pada semen Portland biasa, waktu ikatan awal tidak boleh kurang dari 60 menit, dan waktu ikatan akhir tidak boleh lebih dari 480 menit (8 jam).

3. Panas hidrasi

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi. Panas hidrasi

didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 120 kalori/gram. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan (*curing*) pada saat pelaksanaan.

4. Berat jenis

Berat jenis semen berkisar antara 3,15 mg/m³. Berat jenis digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja

Menurut ASTM C150, semen *Portland* dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

1. Tipe I : *Ordinary Portland Cement (OPC)*, semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
2. Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
3. Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Tipe IV : *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.
5. Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

2. Agregat

Agregat merupakan butiran-butiran alami yang digunakan untuk mengisi campuran pada beton maupun mortar. Agregat adalah bahan yang dapat diperoleh dari butir-butir kerikil, pasir, batu pecah maupun mineral lainnya yang berbentuk padat dan memiliki ukuran yang beragam (Iskandar G Rani, 2009).

a. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Kegunaan agregat halus ialah mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan.

Adapun syarat yang harus terpenuhi dalam agregat halus ialah sebagai berikut:

- 1) Indeks kekerasan dalam agregat halus sebesar $\pm 2,2$ yang terdiri dari butiran yang tajam dan keras.
- 2) Butiran agregat halus tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti panas matahari dan hujan.
- 3) Apabila sifat kekalnya diuji dengan larutan garam sulfat, yaitu memakai Natrium Sulfat, maksimal 12% bagian yang hancur dan apabila memakai Magnesium Sulfat, hanya maksimal 10% bagian yang hancur.
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5%, apabila mengandung kadar lumpur lebih 5% agregat halus harus dicuci.
- 5) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik yang terlalu banyak.
- 6) Apabila agregat halus tidak memenuhi warna percobaan dapat juga dipakai, asalkan kekuatan tekan adukan tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air pada umur yang sama.
- 7) Agregat halus harus memenuhi modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butiran dengan susunan yang beraneka ragam.

- 8) Reaksi pasir dengan alkali harus bersifat negatif supaya mendapatkan tingkat keawetan beton yang tinggi.
- 9) Agregat halus yang digunakan untuk campuran beton tidak boleh menggunakan pasir laut termasuk untuk semua mutu beton terkecuali menggunakan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang telah diakui sebelumnya.

Adapun akibat dari pemakaian agregat halus yang sedikit adalah:

- 1) Segregasi terjadi apabila agregat halus tidak dapat mengisi rongga antara butiran agregat kasar dengan baik.
- 2) Akan terjadinya kekurangan pasir yang sering disebut *under sanded*.
- 3) Menimbulkan sarang kerikil yang disebabkan oleh adukan beton sulit untuk dikerjakan.
- 4) Menghasilkan beton dengan permukaan yang kasar.
- 5) Menghasilkan beton yang tidak awet.

Adapun tiga macam agregat halus untuk campuran beton yaitu:

- a) Pasir Galian Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.
- b) Pasir Sungai Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.
- c) Pasir Laut Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-

garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

b. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000 tentang agregat kasar ialah hasil desintegrasi alami dari kerikil atau berupa batu pecah yang didapatkan dari industri pemecah batu berukuran butir antara 5 mm - 40 mm terdiri dari butiran dengan permukaan yang kasar, keras, dan kekal.

Ada beberapa syarat yang harus ada didalam agregat kasar adapun syarat tersebut ialah:

- 1) Agregat kasar terdiri dari butiran yang tidak berpori dan berbutir keras.
- 2) Butiran yang pipih dan panjang tidak melewati 20% dari jumlah agregat.
- 3) Agregat kasar memiliki sifat butiran yang kekal, maksud dari butiran yang kekal adalah tidak berpengaruh terhadap cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
- 4) Apabila diuji sifat kekalnya dengan larutan garam sulfat dijelaskan bahwa memakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12% dan apabila memakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.
- 5) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat reaktif alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Agregat kasar harus dicuci apabila kadar lumpur melampui 1% karena kadar lumpur yang terkandung dalam agregat harus kurang dari 1%.

- 7) Susunan besar butiran Agregat kasar mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 yang terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan.
- 8) Tidak diizinkan butiran agregat maksimum lebih dari seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan, sepertiga tebal plat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batangan tulangan.

3. Air

Air adalah senyawa an-organik yang dijadikan sebagai bahan penyusun beton. Air memiliki fungsi sebagai penyatu antara agregat dan semen. Air dijadikan sebagai bahan utama untuk mencampur bahan pembuat beton yang memiliki kadar sebanyak 8-10 % dari total campuran adukan beton (Iskandar G Rani, 2009).

Tujuan utama penggunaan air agar terjadi proses hidrasi yang menyebabkan campuran beton mengeras setelah selang waktu tertentu. Selain untuk mencampur adukan beton, air juga dapat digunakan untuk perawatan pada beton, adapun persyaratan penggunaan air adalah sebagai berikut :

- 1) Air tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, bahan organis atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton.
- 2) Apabila ada keraguan tentang air, dianjurkan membawa contoh air tersebut ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan untuk dites.
- 3) Apabila pemeriksaan kelembagaan tersebut tidak dapat dilakukan maka air dapat dipakai atau digunakan untuk campuran beton asalkan Campuran semen + air harus mempunyai kekuatan tekan paling sedikit 90% dari kekuatan semen + air menggunakan air pada umur 7, 14 dan 90 hari.

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI - 1982), antara lain:

- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- 3) Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram / liter.
- 4) Tidak mengandung garam-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 SO₃.
- 5) Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi.

4. Bahan Tambahan (*Additional*)

Menurut Mulyono (2004) Bahan tambahan adalah bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Menurut Antoni (2007) Bahan mineral pembantu saat ini banyak ditambahkan ke dalam campuran beton dengan berbagai tujuan antara lain, mengurangi semen, mengurangi temperature akibat raksihidrasi, mengurangi bleeding atau menambah kelecakan beton segar. Cara pemakaiannya pun berbeda-beda sebagai bahan pengganti atau sebagai tambahan pada campuran untuk mengurangi pemakaian agregat.

Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan

kondisi dan tujuan yang diinginkan serta dapat pula sebagai bahan tambah (*admixed*) disebut sebagai *plasticizer*, sebagai *superplasticizer* syarat pemakaian yang dianjurkan (dosis) berkisar antara 0.2% - 0.5% dari pemakaian semen yang dibutuhkan.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan aditif yaitu bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.

Bahan tambah ini biasanya merupakan bahan tambah kimia yang dimaksudkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah aditif merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah aditif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatan

a. Cangkang Telur

Cangkang telur merupakan lapisan luar dari telur yang berfungsi melindungi semua bagian telur dari luka atau kerusakan. Cangkang telur ayam yang membungkus telur umumnya beratnya 9-12% dari berat telur total. Warna kulit telur ayam bervariasi mulai dari putih kekuningan sampai coklat. Warna cangkang telur ayam ras (ayam boiler) ada yang putih dan ada yang coklat. Bedanya pada ketebalan cangkang, cangkang berwarna coklat lebih tebal daripada cangkang berwarna putih (Wirakusumah, 2011).

Secara umum struktur cangkang telur terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan kutikula, lapisan spons, dan lapisan lamelar. Lapisan kutikula

merupakan permukaan terluar yang mengandung sejumlah protein. Lapisan spons dan lamelar membentuk matriks yang dibentuk oleh serat protein yang terikat oleh kalsium karbonat dalam cangkang telur. Lapisan kulit telur memberikan perlindungan fisik, terutama terhadap mikroba, karena mengandung *enzim lisozim*, maka membran kulit telur dipercaya bersifat membunuh mikroba terhadap *Gram positif*. Lapisan ini tidak efektif untuk mencegah masuknya mikroba yang menghasilkan *enzim proteolitik*, karena protein lapisan tersebut akan mudah dihancurkan oleh enzim bakteri (Winarno dan Koswara,2002).

Komposisi cangkang telur secara umum terdiri atas: air (1,6%) dan bahan kering (98,4%). Dari total bahan kering yang ada, dalam cangkang telur terkandung unsur mineral (95,1%) dan protein (3,3%). Berdasarkan komposisi mineral yang ada, maka cangkang telur tersusun atas kristal CaCO_3 (98,43%), MgCO_3 (0,84%) dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) (Armendariz, 2015).

Tabel 1. Komposisi Cangkang Telur

Komposisi Cangkang Telur	% dari berat total
Kalsium Karbonat (CaCO_3)	98,43
Magnesium karbonat (MgCO_3)	0,84
Kalsium Fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)	0,75

(Sumber: Armendariz, 2015.)



Gambar 1. Cangkang Telur

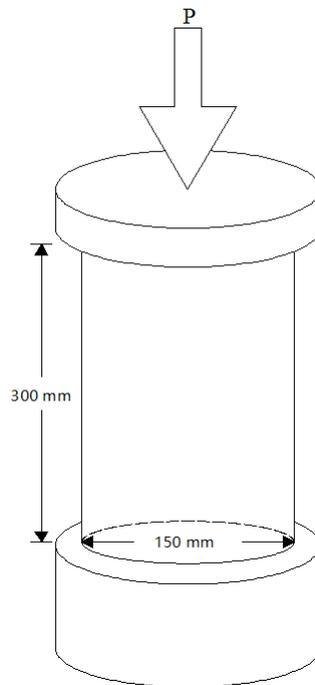


Gambar 2. Serbuk Cangkang Telur
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2022)

C. Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan. Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima (P) oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata (A) yang ditentukan. Kekuatan beton akan terus meningkat dengan bertambahnya umur pada beton. Biasanya kuat tekan rencana beton adalah hitungan pada umur 28 hari. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kuat tekan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis dan tekstur bidang permukaan agregat.
3. Perawatan beton harus diperhatikan, sebab kehilangan kekuatan akibat pengeringan sebelum waktunya adalah sekitar 40%.
4. Suhu mempengaruhi kecepatan pengerasan.
5. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya.



Gambar 3. Sketsa Uji Kuat Tekan
(Sumber: Data Pribadi, 2023)

D. Penelitian Yang Relevan

1. *Pelatihan Teknologi Limbah Cangkang Telur Pada Kuat Tekan Beton* oleh Agus Febry Anto (2020). Pada penelitian ini penambahan Serbuk Cangkang Telur dalam pembuatan beton di umur 28 hari menghasilkan kuat tekan yang sama dengan beton normal dengan prosentase penambahan serbuk cangkang telur sebesar 10% yaitu sebesar 24,1 Mpa namun untuk presentase serbuk cangkang telur 5% mengalami penurunan yakni 22,05 Mpa dan pengaruh kuat tekan beton pada umur 28 + 7 hari dengan bahan tambah Serbuk Cangkang Telur 10% pada penelitian ini menghasilkan kuat tekan terbesar yakni 25,1 Mpa lebih besar dari pada penambahan serbuk cangkang telur 5% yakni 24 Mpa.
2. *Pengaruh Cangkang Telur Ayam Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton* oleh Dina Novianti dkk (2019). Penelitian ini didapatkan kesimpulan, yaitu kuat tekan beton normal yang dihasilkan pada umur 28 hari ialah sebesar 41,204 MPa. Lalu untuk kuat tekan beton variasi cangkang telur

1% ialah sebesar 29,736 MPa dan beton variasi cangkang telur 2,5% ialah sebesar 25,077 MPa untuk beton normal dan beton variasi cangkang telur 1% dan beton variasi cangkang telur 2,5% memenuhi kuat tekan rencana yaitu $f_c' = 25$. Sedangkan untuk beton variasi cangkang telur 5% yang dihasilkan pada umur 28 hari ialah sebesar 16,407 mpa tidak memenuhi kuat tekan rencana yaitu $f_c' = 25$. Penambahan cangkang telur ayam sebagai substitusi semen kurang efektif untuk dijadikan campuran dalam beton karena dari hasil pengujian kuat tekan beton terjadi penurunan terhadap mutu dari kuat tekan beton tersebut

3. *Kuat Tekan Beton yang Mengandung Bubuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Sebagian* oleh S Mohd Arif, Wahai Rokia, M Khairunisa, BW Chong, YC Chek, D Youventharan, PJ Ramadhansyah dan SI Doh (2021). Dari penelitian ini peningkatan persentase penggantian tepung cangkang telur dalam campuran beton mengakibatkan workability beton semakin rendah. Workability beton secara langsung dipengaruhi oleh semakin tinggi penyerapan air serbuk cangkang telur, penggantian cangkang telur pada beton akan menurunkan workability beton. Penggabungan serbuk cangkang telur pada beton sangat mempengaruhi kuat tekan. Penggantian sebagian semen dengan cangkang telur sebagai bahan pengisi dalam campuran beton akan meningkatkan kekuatan beton. Beton yang mengandung bubuk cangkang telur 10% menunjukkan kuat tekan tertinggi 68,4 MPa. Sedangkan peningkatan lebih lanjut serbuk cangkang telur dalam penggantian semen hingga 15% akan mengakibatkan penurunan kuat tekan.
4. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton* oleh Yosefa Flaviana Zynthia Dewi dkk. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan beton untuk material konstruksi struktural dengan bahan baku yang terdiri dari serbuk cangkang telur (SCT), semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Variasi

komposisi SCT adalah: 0%, 2.5%, 5%, 7,5%, 10% dari total penggunaan semen. Pengujian dilakukan ketika beton berumur 28 hari. Sampel benda uji berbentuk silinder dengan dimensi tinggi (H) 200 mm dan diameter (D) 100 mm. Dari hasil penelitian, beton dengan substitusi parsial semen dengan menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan terbesar terdapat pada presentase SCT 2.5%, yaitu sebesar 23.94 MPa dan kuat tarik belah terbesar terdapat pada presentase SCT 2.5%, yaitu sebesar 2.78 MPa.

5. *Studi Eksperimental Penggantian Semen Sebagian Dengan Bubuk Seluruh Telur Dalam Beton* oleh Bandhavya, Sandeep, Bindhushree (2017). Pada penelitian ini kuat tekan lebih tinggi dari beton konvensional untuk penggantian ESP 5% dan 10% pada umur perawatan 3, 7 dan 28 hari. Penggantian ESP lebih besar dari 10% memiliki kekuatan yang lebih rendah dari beton konvensional. Kekuatan tarik belah beton ESP sebanding dengan beton konvensional hingga penggantian ESP 15%. Namun beton dengan ESP 10% dan 15% memiliki kuat tarik belah lebih rendah dibandingkan beton konvensional. Kuat tarik belah beton serbuk cangkang telur menurun dengan penambahan tepung cangkang telur. Hal ini dapat ditingkatkan jika beton digunakan dengan tulangan.

BAB III

PROSEDUR DAN TAHAPAN PERHITUNGAN /RANCANGAN

A. Jenis Proyek Akhir

Jenis proyek akhir ini adalah pengujian di laboratorium dengan membuat sampel uji. Sampel uji yang dibuat berupa beton silinder berukuran 15 cm x 30 cm dengan menggunakan cangkang telur sebagai bahan tambahan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan cangkang telur terhadap kuat tekan beton.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat. Perencanaan kegiatan penelitian beton ini dilaksanakan dalam kurun waktu kurang lebih 3 bulan lamanya, yang dimulai pada bulan November 2022 sampai bulan Januari 2023.

C. Prosedur Pengujian Laboratorium

Tahapan pengujian ini dilakukan secara bertahap adapun tahap pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Agregat halus harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik. Beberapa pengujian agregat halus yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pengujian Berat Isi pasir

Pemeriksaan berat isi pasir bertujuan untuk mengetahui berat isi pasir dalam keadaan gembur maupun padat. Berikut langkah pemeriksaan berat isi pasir:

1) Alat

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- b) Sendok semen
- c) Literan kapasitas 1 liter
- d) Mesin ketuk
- e) Ember atau baskom

2) Bahan

Pasir SSD

3) Langkah Kerja

- a) Timbang literan (a gram).
- b) Masukkan pasir ke dalam literan hingga setengah literan terisi.
- c) Letakan literan di atas mesin ketuk, ketuk sebanyak 30 kali.
- d) Masukkan kembali pasir ke dalam literan hingga penuh kemudian ketuk kembali sebanyak 30 kali.
- e) Setelah itu ratakan literan dan timbang (b gram).
- f) Lakukan pengujian sebanyak 3 kali.
- g) Analisis data menggunakan rumus berikut:

$$\text{Berat isi} = \frac{b-a}{\text{volume literan}}$$

b. Pengujian Berat Jenis Pasir

Pemeriksaan berat jenis pasir bertujuan untuk mengetahui berat jenis pasir yang akan digunakan dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*).

Berikut langkah kerja pemeriksaan berat jenis pasir:

1) Alat

- a) Mangkok porselen
- b) Gelas ukur
- c) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
- d) Sendok semen
- e) Kerucut abram

- f) Saringan
- 2) Bahan
 - a) Pasir SSD 500 gr
 - b) Air
- 3) Langkah Kerja
 - a) Ambil pasir SSD 3 x 100 gr.
 - b) Masukkan air ke dalam tabung hingga penuh dan timbang (a gram).
 - c) Setelah itu keluarkan air sebagian dan masukkan pasir ke dalam tabung. Jika tabung belum terisi penuh, tambahkan air hingga penuh sampai gelembung udaranya keluar dan timbang tabung (b gram).
 - d) Lakukan sebanyak 3 kali.
 - e) Analisis data menggunakan rumus:

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat pasir SSD}}{(a + \text{Berat pasir SSD}) - b}$$

c. Pengujian Kadar Air Pasir

Pengujian kadar air pasir bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terkandung dalam pasir. Pasir yang digunakan dalam kondisi jenuh permukaan atau SSD. Berikut langkah kerja pemeriksaan kadar air pasir:

- 1) Alat
 - a) Sendok semen
 - b) Mangkok porselen
 - c) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
 - d) Oven
 - e) Kerucut abram lengkap dengan penumbuknya
 - f) Kain lap, ember, dan tampah
 - g) Corong
 - h) Kuas
- 2) Bahan

a) Pasir 500 gr

b) Air

3) Langkah kerja

a) Rendam pasir selama 24 jam.

b) Keringkan pasir secara perlahan-lahan hingga didapatkan jenuh kering muka (SSD) melalui percobaan menggunakan kerucut abram.

c) Letakkan kerucut abram di tempat yang datar.

d) Isi sepertiga bagian, tumbuk 8 kali.

e) Isi sepertiga bagian lagi dan tumbuk 8 kali.

f) Isi penuh lalu tumbuk 9 kali (total tumbukan 25 kali).

g) Ratakan permukaan pasir, bersihkan keliling kerucut dan angkat tegak lurus, pekerjaan ini dilakukan 10 menit.

h) Perhatikan keadaan pasir jika runtuh sebagian maka pasir sudah dalam keadaan SSD, jika utuh seperti kerucut maka pasir masih basah, jika pasir runtuh semua berarti pasir sudah lewat SSD dan lakukan pengujian kembali sampai pasir dalam keadaan SSD.

i) Ambil 3 x 100 gr pasir yang sudah SSD dan masukan ke dalam mangkok porselen. Keringkan kedalam oven hingga kering tetap dan timbang pasir (y gram).

j) Analisis data tersebut menggunakan rumus:

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

d. Pengujian Kadar Lumpur Pasir

Pemeriksaan kadar lumpur pasir bertujuan untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam pasir. Kadar lumpur dalam pasir tidak boleh lebih dari 5%. Berikut langkah kerja pemeriksaan kadar lumpur pasir:

1) Alat

- a) Bejana gelas diameter 10 cm dan tinggi 20-30 cm
- b) Kayu pengaduk
- c) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
- d) Oven
- e) Ember
- f) Sendok semen
- g) Mangkok porselen
- h) Ayakan dengan lubang 70 mikrometer

2) Bahan

- a) Pasir 500 gr
- b) Air

3) Langkah kerja

- a) Ambil pasir ± 500 gr masukkan ke dalam oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$, hingga kering tetap yang diinginkan dan timbang beratnya.
- b) Ambil pasir 3 x 100 gr dan masukkan ke dalam gelas, rendam selama 60 menit.
- c) Setelah 60 menit, aduk pasir menggunakan kayu dan diamkan selama ± 1 menit. Tumpahkan airnya, lakukan pekerjaan ini sampai air diatas permukaan pasir tidak keruh lagi.
- d) Tuang pasir ke dalam ayakan 70 mikrometer dan masukkan ke dalam cawan porselin.
- e) Panaskan dalam oven sampai berat tetap.
- f) Dinginkan dan timbang (p gram).
- g) Analisis data menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{100 - p}{100} \times 100 \%$$

e. Pengujian Daya Serap Pasir

Pemeriksaan kadar air pasir bertujuan untuk menghitung banyaknya air yang terkandung dalam pasir. Menurut SNI-1970-1990 F,

daya serap maksimal agregat adalah 5 %. Berikut langkah pemeriksaan kadar air pasir:

1) Alat

- a) Oven
- b) Desikator
- c) Timbangan
- d) Ember atau baskom
- e) Kerucut abram
- f) Kain lap

2) Bahan

- a) Pasir
- b) Air

3) Langkah kerja

- a) Pasir diambil sebanyak 800 gr.
- b) Pasir dipanaskan sampai berat kering tetap lalu ditimbang (B).
- c) Kemudian pasir direndam dalam air selama 24 jam.
- d) Pasir dikeringkan perlahan-lahan/kering SSD, lalu cek kondisi SSD dengan kerucut abram. Timbang beratnya (A).
- e) Hitung nilai daya serap pasir SSD dengan rumus:

$$\text{Daya Serap Pasir SSD} = \frac{A - B}{B} \times 100 \%$$

f. Pengujian Analisis Ayak Pasir

Pengujian analisis ayak pasir bertujuan untuk mengetahui gradasi atau susunan butiran dari pasir. Berikut langkah pengujian ayak pasir:

1) Alat

- a) Sendok semen
- b) Tampah
- c) Oven
- d) Timbangan

- e) Ayakan standar
- f) Kuas
- 2) Bahan
 - Pasir kering SSD 1.500 gr
- 3) Langkah kerja
 - a) Ambil bahan kurang lebih 1.500 gr dan masukan ke dalam oven selama 24 jam hingga kering.
 - b) Keluarkan pasir dari oven, dinginkan dan ambil 1.000 gr.
 - c) Susun ayakan mulai dari ukuran 4,8 mm paling atas dengan susunan berbanding 2 kali lipat sampai paling bawah.
 - d) Masukan pasir kering ke dalam ayakan, digoyang selama 10 menit.
 - e) Keluarkan dari ayakan, kemudian timbang tiap ayakan dan catat hasilnya
- g. Pengujian Zat Organik Pasir
 - Pengujian zat organik dari agregat halus bertujuan untuk mengetahui kualitas agregat halus yang akan digunakan untuk campuran beton. Zat organik yang terkandung di dalam agregat dapat menghambat ikatan semen dan memperlambat proses perkerasan beton. Langkah-langkah pengujian zat organik agregat halus yaitu sebagai berikut:
 - 1) Alat
 - a) Botol lengkap dengan ukuran
 - b) Skala warna
 - c) Tabung gelas
 - 2) Bahan
 - a) Agregat halus (pasir)
 - b) Soda api (NaOH)
 - 3) Langkah kerja
 - a) Siapkan alat dan bahan.

- b) Buat cairan soda api.
- c) Siapkan tabung gelas, isi air murni seberat 9,7 gram. Lalu masukan soda api seberat 3 gram. Tutup tabung gelas dan kocok larutan hingga soda api larut.
- d) Tambahkan pasir ke dalam botol sebanyak 150 cc/ml.
- e) Cukupkan larutan hingga botol berisi 220 cc dengan menambahkan soda api.
- f) Lalu tutup botol dengan rapat.
- g) Kocok botol selama 10 menit dan diamkan dalam 24 jam.
- h) Perhatikan warna cairan yang berada diatas larutan dan bandingkan dengan warna standar.

2. Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

Kerikil merupakan agregat kasar. Beberapa pengujian yang harus dilakukan pada kerikil adalah sebagai berikut:

a. Pengujian Berat Isi Kerikil

Pemeriksaan berat isi kerikil bertujuan untuk mengetahui berat isi kerikil. Berikut langkah pemeriksaan berat isi kerikil:

1) Alat

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
- b) Sendok semen
- c) Literan kapasitas 5 liter
- d) Mesin ketuk
- e) Baskom

2) Bahan

Kerikil SSD

3) Langkah kerja

- a) Timbang literan (a gram).
- b) Masukan kerikil ke dalam literan hingga setengah literan terisi.

- c) Masukkan literan di atas mesin ketuk, lalu ketuk sebanyak 30 kali.
- d) Penuhi literan kemudian ketuk kembali sebanyak 30 kali.
- e) Setelah itu ratakan literan dan timbang (b gram).
- f) Lakukan pengujian sebanyak 3 kali.
- g) Analisis data menggunakan rumus:

$$\text{Berat isi} = \frac{b - a}{\text{volume literan}}$$

b. Pengujian Berat Jenis Kerikil

Pemeriksaan berat jenis kerikil bertujuan untuk menentukan berat jenis kerikil dalam keadaan SSD. Berikut langkah pemeriksaan berat jenis kerikil:

1) Alat

- a) Mangkok porselen
- b) Ember
- c) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
- d) Sendok semen
- e) Kain lap

2) Bahan

- a) Kerikil 1.000 gr
- b) Air

3) Langkah kerja

- a) Kerikil dicuci untuk menghilangkan debu atau lumpur yang ada hingga bersih.
- b) Kerikil dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105 C sampai beratnya tetap.
- c) Kerikil didinginkan sampai pada temperatur kamar (3 jam), kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram (C).
- d) Kerikil direndam selama 24 jam.

- e) Kemudian buang air rendaman, dan dilap menggunakan kain sampai kondisi jenuh kering muka.
- f) Kerikil ditimbang jenuh kering muka (A).
- g) Kerikil dimasukkan ke dalam keranjang kawat, kemudian digerakkan agar udara yang terperangkap keluar. Lalu Timbang di dalam rendaman air (B).
- h) Analisis data menggunakan rumus

$$\text{Berat Jenis Kerikil SSD} = \frac{A}{A - B}$$

$$\text{Berat Jenis Kerikil Bulk} = \frac{C}{A - B}$$

c. Pengujian Kadar Air Kerikil

Pemeriksaan kadar air kerikil bertujuan untuk menghitung banyaknya air yang terkandung dalam kerikil. Menurut SNI-1970-1990 F, daya serap maksimal agregat adalah 5 %. Berikut langkah pemeriksaan kadar air kerikil:

1) Alat

- a) Ember
- b) Mangkok porselen
- c) Kain lap
- d) Tampah
- e) Oven
- f) Timbangan

2) Bahan

- a) Kerikil 800 gr
- b) Air

3) Langkah kerja

- a) Rendam kerikil selama 24 jam.
- b) Setelah di rendam, keluarkan, dan di lap menggunakan kain lap hingga tidak ada lagi air yang menetes dari kerikil (SSD).

- c) Ambil 3 x 250 gr masukan ke dalam mangkok porselen.
- d) Keringkan dalam oven hingga kering tetap, dinginkan, dan timbang (w gram).
- e) Analisis data menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{250 - w}{w} \times 100 \%$$

d. Pengujian Kadar Lumpur Kerikil

Pemeriksaan kadar lumpur kerikil bertujuan untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam kerikil. Kadar lumpur maksimal pada agregat kasar ditetapkan yaitu 1%. Berikut langkah pemeriksaan kadar lumpur kerikil:

1) Alat

- a) Bejana gelas diameter 10 cm dan tinggi 20-30 cm
- b) Baki
- c) Timbangan
- d) Oven
- e) Ember
- f) Sendok semen
- g) Saringan

2) Bahan

- a) Kerikil 1.000 gr
- b) Air

3) Langkah kerja

- a) Masukan kerikil ke dalam oven sampai kerikil kering tetap, lalu dinginkan, dan timbang.
- b) Ambil 3 x 250 gr dan masukan ke dalam ember.
- c) Rendam sambil diaduk hingga terpisah partikel yang menempel dan dibuang airnya. Lakukan sampai air pencuci bersih.
- d) Saring kerikil menggunakan saringan No. 100.

- e) Ambil kerikil yang berada di atas saringan kemudian masukkan ke dalam oven sampai kering tetap.
- f) Dinginkan dan timbang (a gram).
- g) Analisis data dengan rumus:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{250 - a}{250} \times 100 \%$$

e. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Alat *Los Angeles*

Pemeriksaan Keausan agregat dengan alat *los angeles* bertujuan untuk mengetahui kekerasan/kehancuran kerikil yang akan digunakan untuk campuran beton. Berikut langkah pemeriksaan keausan agregat dengan alat *los angeles*.

1) Alat

- a) Bejana *Los Angeles* dilengkapi dengan bola baja
- b) Ayakan standar
- c) Timbangan
- d) Oven
- e) Baki/plat penampung

2) Bahan

Kerikil 5.000 gr

3) Langkah kerja

- a) Ambil kerikil dan cuci bersih.
- b) Masukkan ke dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^\circ \text{C}$ hingga kering tetap.
- c) Dinginkan dan timbang agregat (a gram).
- d) Pisahkan butiran agregat sesuai dengan tabel dan pengujian, tentukan bola baja yang diperlukan sesuai tabel.
- e) Masukkan agregat dan bola baja ke dalam bejana dan tutup rapat penutup bejana.

- f) Putar bejana dengan kecepatan 30-33 putaran per menit jumlah putaran.
- g) Keluarkan butiran agregat dari bejana, butiran yang besar diayak dengan ayakan 2 mm.
- h) Cuci agregat bersih yang tertahan di atas ayakan hingga bersih.
- i) Keringkan agregat menggunakan oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ \text{C}$ sampai kering tetap.
- j) Dinginkan agregat dan timbang (b gram).
- k) Analisis data dengan menggunakan rumus:

$$\text{Keausan agregat} = \frac{a-b}{a} \times 100 \%$$

Tabel 2. Susunan Butir Contoh yang Diuji dan Jumlah Bola Baja

U. Ayakan (mm)		Berat Contoh Yang Diuji						
Tinggal	Lolos	1	2	3a	3b	4	5	6
63	75	2500±50						
50	63	2500±50						
37,5	50	5000±50	5000±50					
25	37,5		5000±25	5000±25	1250±25			
19	25			5000±25	1250±25			
12,5	19				1250±10	2500±10		
9,5	12,5				1250±10	2500±10		
6,3	9,5						2500±10	
4,8	6,3						2500±10	
2,4	4,8							5000±10
Jml. Contoh di Uji		10000±75	10000±50	10000±50	5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Jml. Bola Baja		12	12	12	12	11	8	8
Jml. Putaran		1000%	1000%	1000%	500%	500%	500%	500%

Sumber: Labsheet Bahan Bangunan 2 Teknik Sipil FT UNP.

f. Pengujian Daya Serap Kerikil

Pengujian daya serap kerikil dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa persentase daya serap agregat kasar (kerikil) yang akan digunakan sebagai adukan beton. Menurut SNI-1970-1990 F, daya serap maksimal agregat adalah 5 %.

1) Alat

- a) Oven
- b) Desikator
- c) Timbangan
- d) Ember
- e) Baskom
- f) Kain lap

2) Bahan

- a) Kerikil
- b) Air

3) Langkah kerja

- a) Kerikil diambil sebanyak 1000 gr.
- b) Kerikil dipanaskan sampai berat kering tetap lalu timbang (B).
- c) Rendam kerikil dalam air selama 24 jam.
- d) Buang air lalu keringkan dengan menggunakan kain lap (SSD) dan timbang beratnya (A).
- e) Hitung nilai daya serap kerikil dengan rumus:

$$\text{Daya Serap Kerikil SSD} = \frac{A - B}{B} \times 100 \%$$

g. Pengujian Analisa Ayak Kerikil

Pengujian analisa ayak kerikil bertujuan untuk mengetahui gradasi atau susunan butiran dari kerikil. Berikut langkah pengujian analisa ayak kerikil:

1) Alat

- a) Timbangan
 - b) Sendok semen
 - c) Oven
 - d) Baki
 - e) Satu set ayakan
 - f) Kuas dan gundar
- 2) Bahan
- Kerikil 5.000 gr
- 3) Langkah kerja
- a) Keringkan kerikil menggunakan oven selama 24 jam hingga kering tetap.
 - b) Keluarkan dari oven, dinginkan, lalu timbang.
 - c) Susun ayakan dari 76 mm sampai 2,4 mm.
 - d) Masukkan kerikil ke dalam ayakan dan goyangkan selama 20 menit.
 - e) Timbang setiap butiran yang tertinggal.

D. Perhitungan Campuran Beton (Mix Design)

Campuran beton (Mix Design) dapat dilakukan apabila telah dilakukan beberapa pengujian terhadap agregat halus dan kasar yang akan digunakan. Hasil pengujian bahan nantinya dimanfaatkan untuk mendapatkan proporsi bahan campuran beton mix design. Metode *mix design* yang digunakan yaitu mengacu pada SNI-03-2834-2000.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat campuran beton dengan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Data Perencanaan
2. Menentukan Faktor Air Semen
3. Menentukan Kadar Air Bebas Semen
4. Menghitung Kebutuhan Semen yang Digunakan
5. Menentukan Komposisi Berat Agregat

E. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan sesuai dengan perhitungan rencana campuran (*mix design*) yang telah ditentukan. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan & Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Padang.

Pembuatan benda uji yang direncanakan adalah sebanyak 20 buah beton silinder yang diuji pada umur 28 hari dengan presentase penambahan putih cangkang telur adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat semen yang akan digunakan. Tujuan penambahan cangkang telur yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan cangkang telur terhadap nilai kuat tekan beton. Berikut merupakan keterangan dari metode penelitian yang akan dilakukan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Pada Beton

Presentase Campuran	Jumlah Benda Uji	Umur Benda Uji
0% (Normal)	5 Buah	28 Hari
5%	5 Buah	28 Hari
10%	5 Buah	28 Hari
15%	5 Buah	28 Hari
Jumlah Total Benda Uji	20 Buah	

Sumber : Data Pribadi, 2022

Langkah-langkah pembuatan benda uji yaitu:

1. Siapkan alat dan bahan benda uji yang akan dibutuhkan.



Gambar 4. Bahan Material Campuran Beton

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2022)

2. Timbang seluruh material beton yang dibutuhkan sesuai dengan perencanaan *mix design*.
3. Setelah ditimbang masukkan setiap material ke dalam wadah atau ember sesuai porsinya dengan perhitungan *mix design* agar bisa langsung dituang ke dalam mesin *concrete mixer* saat proses pencampuran.
4. Masukkan pasir, kerikil, semen dan juga bahan tambah serbuk cangkang telur sesuai persentase yang direncanakan ke dalam mesin *concrete mixer*.



Gambar 5. Pembuatan Benda Uji

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2022)

5. Setelah campuran beton diaduk cukup merata dan kental maka campuran tersebut dikeluarkan dari mesin *concrete mixer* ke dalam bejana. Campuran beton segar tersebut kemudian dilakukan pengujian *slump* untuk mengecek *workability* beton.
6. Setelah dilakukan pengujian *slump*, beton segar dimasukkan ke dalam masing-masing cetakan yang sudah dipersiapkan sebelumnya.
7. Beton segar yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan kemudian ditumbuk menggunakan batang rojok dengan 25 kali pada 1/3 tinggi cetakan, lanjutkan ke 2/3 tinggi cetakan lalu tumbuk sebanyak 25 kali dan yang terakhir isi *slump* hingga penuh dan tumbuk sebanyak 25 kali. Ratakan permukaan dengan skrap.
8. Tandai benda uji yang telah dibuat agar tidak terjadi kesalahan ketika akan melakukan pengujian benda uji.



Gambar 6. Benda Uji Dalam Cetakan
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2022)

F. Perawatan Benda Uji

Untuk pengerjaan selanjutnya adalah perawatan benda uji. Benda uji yang sebelumnya dibuat dan dicetak akan melalui proses perawatan hingga beton mencapai umur rencana pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Berikut adalah tahap-tahap dalam perawatan benda uji :

1. Benda uji yang sudah selesai dibuat, dibiarkan mengikat kuat dan mencapai suhu ruangan.
2. Kemudian benda uji direndam ke dalam kolam air bertujuan untuk menghindari kehilangan air pada beton akibat penguapan dan menjaga agar mutu beton yang direncanakan dapat tercapai.



Gambar 7. Perawatan Benda Uji
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2022)

G. Pengujian Kuat Tekan Beton

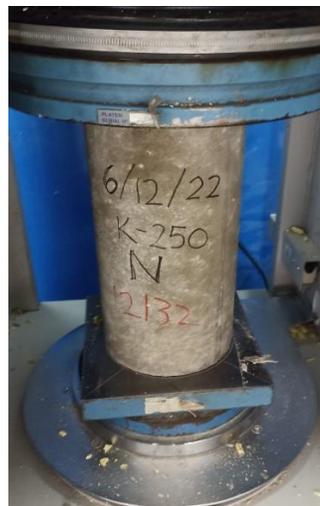
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan pengaruh penggunaan serbuk cangkang telur sebagai penambah semen pada beton terhadap benda uji yang dibuat berdasarkan mix design. Pengujian dilakukan pada umur dan 28 hari setelah pengecoran benda uji. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat *compression machine test* yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan silinder beton. Langkah-langkah pengujian kuat tekan sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji yang akan digunakan untuk pengujian.
2. Ambil benda uji dari bak perendam apabila beton sudah berumur 28 hari.
3. Bersihkan permukaan beton dari kotoran yang menempel.
4. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
5. Lapisi permukaan benda uji dengan menggunakan beton belerang (capping). Benda uji siap untuk dilakukan pemeriksaan.



Gambar 8. Benda Uji Yang Sudah di Capping
(Sumber: Dokumen Pribadi)

6. Selanjutnya letakan benda uji secara sentris pada mesin tekan.
7. Menjalankan mesin tekan dengan proses penambahan beban sekitar $2 \text{ kg} / \text{cm}^2 - 4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ per second.
8. Lakukan pembebanan hingga benda uji hancur.
9. Catat pembebanan maksimum yang terjadi selama pengujian berlangsung.
10. Gambar dan lakukan dokumentasi bentuk kerusakan pada benda uji.
11. Hitung kuat tekan beton dengan rumus beban per satuan luasnya



Gambar 9. Pengujian Kuat Tekan Beton
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Nilai kuat tekan diperoleh dari pengujian terhadap silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang telah diberikan beban (P) dan ditekan sampai hancur. Karena ada beban tekan P, maka terjadilah tegangan tekan pada beton (f_c') sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang (A), sehingga dirumuskan kuat tekan menurut SNI 1974-2011 yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

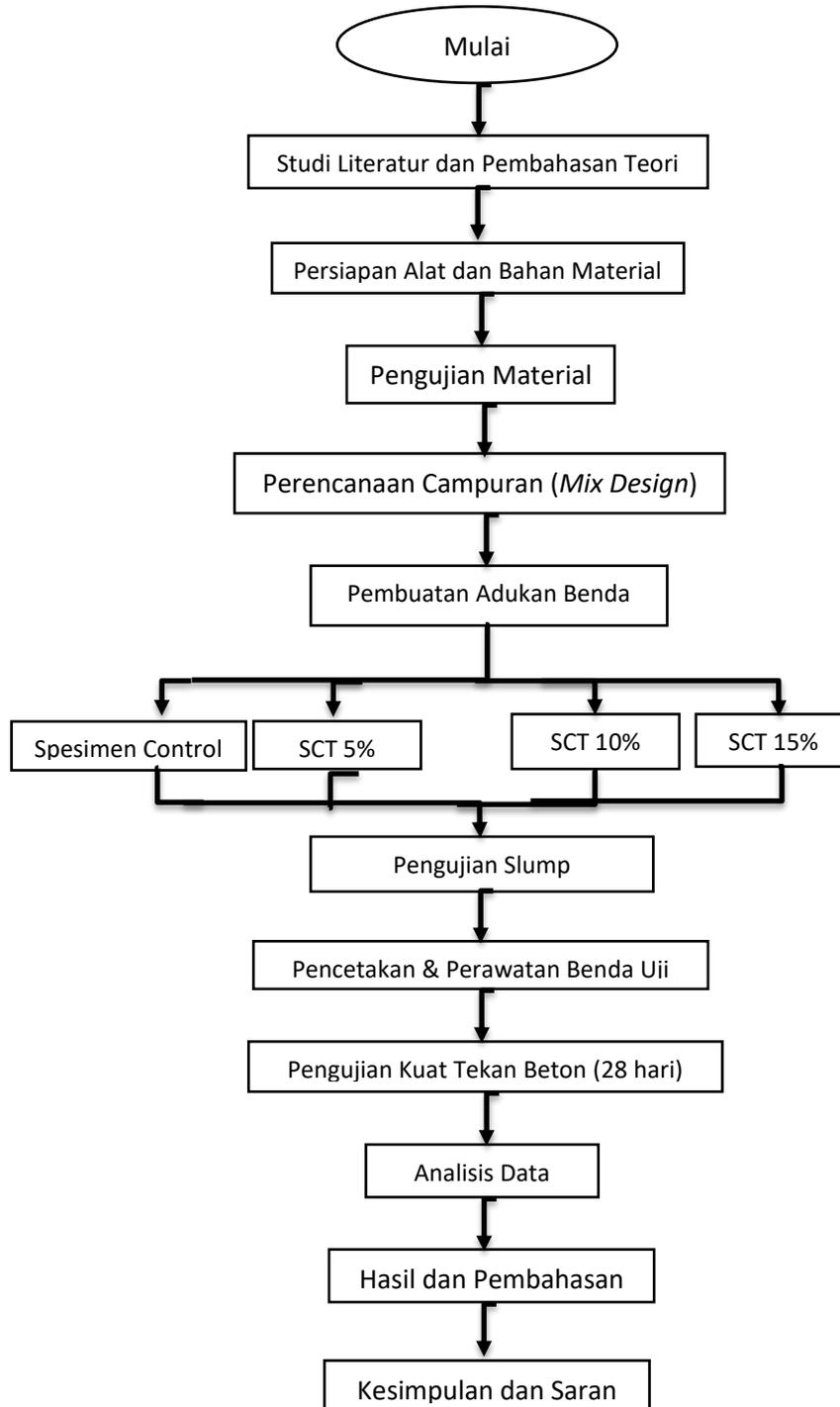
$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana: f_c' = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

H. Bagan Alur Penelitian



Gambar 10. Bagan Alur Penelitian.

(Sumber: Data Pribadi, 2022)

**BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian

1. Pengujian Bahan Material

a. Agregat Halus

1) Pengujian Kadar Air Pasir

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat semula} - a}{a} \times 100 \%$$

I. $\frac{100 - 90,60}{90,60} \times 100 \%$ = 10,37 %

II. $\frac{100 - 90,68}{90,68} \times 100 \%$ = 10,27 %

III. $\frac{100 - 90,13}{90,13} \times 100 \%$ = 10,95 %

Tabel 4. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.

No.	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
1.	Berat Semula (gr)	100	100	100
2.	Berat Kering Tetap (gr)	90,60	90,68	90,13
3.	Selisih (gr)	9,40	9,32	9,87
	Kadar Air Pasir (%)	10,38	10,28	10,95
	Rata-rata Kadar Air (%)	10,53		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Kadar air agregat halus sebesar 10,53%, dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air yaitu 3% - 5%. Dengan demikian perhitungan campuran adukan beton perlu mengurangi jumlah air ke dalam campuran. Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran adukan beton sesuai nilai fas.

2) Pengujian Kadar Lumpur Pasir

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Berat semula} - a}{\text{Berat semula}} \times 100 \%$$

$$\text{I. } \frac{100 - 97,91}{100} \times 100 \% = 2,09 \%$$

$$\text{II. } \frac{100 - 97,50}{100} \times 100 \% = 2,50 \%$$

$$\text{III. } \frac{100 - 98,38}{100} \times 100 \% = 1,62 \%$$

Tabel 5. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.

No.	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
1.	Berat Pasir Kering Tetap (gr)	100	100	100
2.	Berat Kering Tetap Setelah Dicuci (gr)	97,91	97,50	98,38
3.	Selisih (gr)	2,09	2,50	1,62
	Kadar Lumpur Pasir (%)	2,09	2,50	1,62
	Rata-rata Kadar Lumpur (%)	2,07		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Kadar lumpur agregat halus sebesar 2,07%, dan nilai ini memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu < 5%. Lumpur yang menempel pada permukaan agregat dapat menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Nilai kadar lumpur yang kecil menandakan kandungan lempung atau kotoran pada agregat sedikit. Dengan demikian agregat ini dapat digunakan sebagai material pembentuk beton.

3) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

$$\text{a) Berat Jenis SSD} = \frac{A}{(D + A) - B}$$

$$\text{I. } \frac{500}{(1980,55 + 500) - 2280,69} = 2,501$$

$$\text{II. } \frac{500}{(1980,55 + 500) - 2283,16} = 2,533$$

$$\text{III. } \frac{500}{(1980,55 + 500) - 2283,35} = 2,535$$

$$b) \text{ Penyerapan} = \frac{A - C}{C} \times 100 \%$$

- I. $\frac{500 - 479,68}{479,68} \times 100 \% = 4,23 \%$
- II. $\frac{500 - 482,45}{482,45} \times 100 \% = 3,63 \%$
- III. $\frac{500 - 483,06}{483,06} \times 100 \% = 3,51 \%$

Tabel 6. Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir.

No.	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
1.	Berat Pasir SSD (A)	500	500	500
2.	Berat Piknometer + Air + Pasir (B)	2280,69	2283,16	2283,35
3.	Berat Pasir Kering (C)	479,68	482,45	483,06
4.	Berat Piknometer + Air (D)	1980,55	1980,55	1980,55
5.	Berat Jenis SSD (A/(A+D-B))	2,502	2,533	2,535
6.	Berat Jenis Kering (C/(A+D-B))	2,400	2,444	2,450
7.	Penyerapan ((A-C)/C)*100	4,24	3,64	3,51
	Rata-rata Berat Jenis SSD	2,523		
	Rata-rata Penyerapan (%)	3,79		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity* pada keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*). Nilai berat jenis agregat halus sebesar 2,523 gr/cm³, dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 s/d 2,83 gr/cm³. Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 s/d 2,7 gr/cm³ akan menghasilkan beton berberat jenis sekitar 2,3 gr/cm³ (Tjokrodinuljo, 1995). Apabila agregat berberat jenis tinggi, maka beton yang dihasilkan berberat jenis tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi pula.

Pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat halus diperoleh sebesar 3,79%, yang berarti agregat halus tersebut memenuhi standar

spesifikasi yaitu antara 2% - 7%. *Absorpsi* agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen. Dengan demikian agregat ini dapat digunakan sebagai material pembentuk beton.

4) Pengujian Berat Isi Pasir

$$\text{Berat isi} = \frac{b - a}{\text{Volume literan}}$$

a) Berat Isi Gembur

$$\text{I. } \frac{1508 - 262}{1000} = 1,24 \text{ gr/mL}$$

$$\text{II. } \frac{1496 - 262}{1000} = 1,23 \text{ gr/mL}$$

$$\text{III. } \frac{1512 - 262}{1000} = 1,25 \text{ gr/mL}$$

b) Berat Isi Padat

$$\text{I. } \frac{1722 - 262}{1000} = 1,46 \text{ gr/mL}$$

$$\text{II. } \frac{1765 - 262}{1000} = 1,50 \text{ gr/mL}$$

$$\text{III. } \frac{1738 - 262}{1000} = 1,47 \text{ gr/mL}$$

Tabel 7. Data Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus.

No.	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
Berat Isi Gembur				
1.	Berat Liter + Pasir (gram)	1508	1496	1512
2.	Berat Literan (gram)	262	262	262
3.	Berat Pasir (gram)	1246	1234	1250
4.	Volume Literan (L)	1000	1000	1000
	Berat Isi Pasir	1,246	1,234	1,250
	Rata-rata Berat Isi Pasir	1,243		
Berat Isi Padat				
1.	Berat Liter + Pasir (gram)	1722	1765	1738
2.	Berat Literan (gram)	262	262	262
3.	Berat Pasir (gram)	1460	1503	1476
4.	Volume Literan (L)	1000	1000	1000
	Berat Isi Pasir	1,460	1,503	1,476
	Rata-rata Berat Isi Pasir	1,480		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Berat isi agregat halus kondisi gembur sebesar 1,243 gr/mL, untuk kondisi ini tidak memenuhi standar spesifikasi berat isi, sedangkan untuk kondisi padat sebesar 1,480 gr/mL, dimana kondisi ini memenuhi standar spesifikasi yaitu 1,4 gr/mL s/d 1,9 gr/mL. Porositas atau kepadatan mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen. Dengan demikian agregat halus ini dapat digunakan pada pembuatan beton, karena kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatan beton akan bertambah.

5) Pengujian Kadar Organik Pasir



Gambar 11. Hasil Pemeriksaan Kadar Organik Pasir.
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2022)

Tabel 8. Standar Warna Kadar Organik Agregat Halus.

No.	Warna	Kandungan Zat Organik	Kelayakan
1.	Kuning Muda	Sedikit	Baik untuk digunakan
2.	Kuning	Lumayan Banyak	Dapat digunakan
3.	Orange	Banyak	Kurang baik digunakan
4.	Coklat	Lebih Banyak	Tidak boleh digunakan
5.	Hitam	Banyak Sekali	Tidak boleh digunakan

(Sumber: Data Pribadi, 2022)

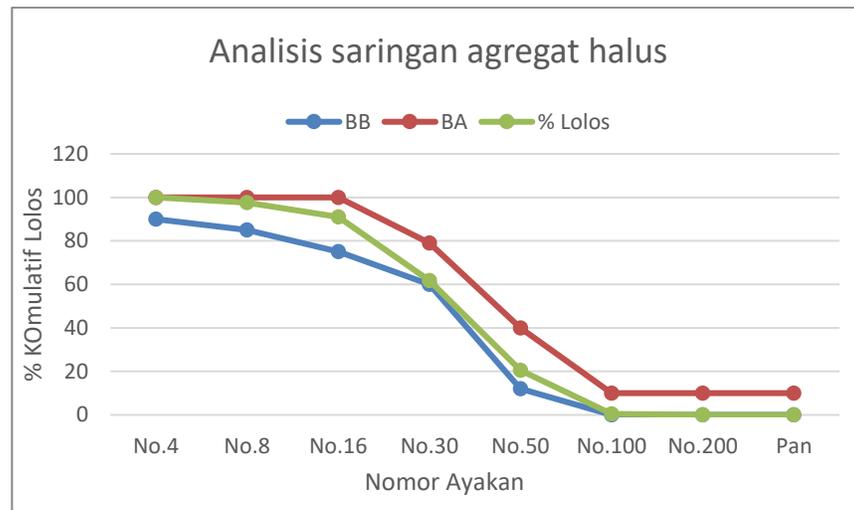
Setelah dilakukan pemeriksaan kadar organik terhadap agregat halus, maka didapatkan hasil berupa larutan NaOH yang dicampurkan dengan agregat halus yang berasal dari, Kab. Padang Pariaman, Sumatera Barat berwarna Kuning dengan parameter no. 2. Dengan artian agregat halus tersebut lumayan tidak terlalu banyak mengandung bahan organik dan dapat digunakan tanpa harus dicuci terlebih dahulu dalam pembuatan benda uji.

6) Pengujian Analisis Ayak Pasir

Tabel 9. Data Pemeriksaan Analisis Ayak Agregat Halus.

No.	Ukuran Saringan		Tertahan di Ayakan		% Kumulatif	
	No.	mm	Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
1.	No. 4	4,75	0,07	0,007	0,007	99,993
2.	No. 8	2,36	23,36	2,337	2,344	97,656
3.	No. 16	1,18	66,32	6,634	8,978	91,022
4.	No. 30	0,60	292,15	29,224	38,201	61,799
5.	No. 50	0,61	412,55	41,267	79,469	20,531
6.	No. 100	0,62	200,40	20,046	99,515	0,485
7.	No. 200	0,63	4,05	0,405	99,920	0,080
8.	Pan	0,64	0,80	0,080	100,000	0,000
	Total		999,70	100,000	428,434	
	Modulus Kehalusan				4,284	

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)



Gambar 12. Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus Zona III.
(Sumber: Dokumen Pribadi Hasil Penelitian, 2022.)

$$\begin{aligned} \text{Modulus kehalusan} &= \frac{\text{Jumlah tertahan kumulatif}}{100} \\ &= \frac{428,3}{100} \\ &= 4,283 \end{aligned}$$

Nilai modulus kehalusan agregat halus diperoleh sebesar 4,284, dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi modulus halus butir agregat halus yaitu 1,5 - 3,8. Agregat halus pasir alam asal tersebut berbutir halus dan memenuhi batas-batas garis kurva zona no. 3 menurut *British Standard (BS 882:2, 1973)*. Untuk mencapai kuat tekan beton yang lebih tinggi diperlukan agregat yang kasar dan bervariasi agar betonnya ekonomis tetapi masih mudah dikerjakan. Ukuran agregat yang bervariasi menyebabkan volume pori kecil dan kepadatan tinggi

b. Agregat Kasar

1) Pengujian Kadar Air Kerikil

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat semula} - a}{a} \times 100 \%$$

$$\text{I. } \frac{250 - 249,86}{249,86} \times 100 \% = 0,056 \%$$

$$\text{II. } \frac{250 - 246,92}{246,92} \times 100 \% = 1,247 \%$$

$$\text{III. } \frac{250 - 249,25}{249,25} \times 100 \% = 0,3 \%$$

Tabel 10. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.

No.	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
1.	Berat Semula (gr)	250	250	250
2.	Berat Kering Tetap (gr)	249,86	246,92	249,25
3.	Selisih (gr)	0,14	3,08	0,75
	Kadar Air Kerikil (%)	0,056	1,247	0,301
	Rata-rata Kadar Air (%)	0,535		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Kadar air agregat kasar sebesar 0,535%, dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air yaitu 3% - 5%. Hal ini disebabkan material yang diperiksa telah kering terkena sinar matahari langsung sebelum dilakukan penelitian. Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dalam campuran adukan beton sesuai nilai fas. Dengan demikian perhitungan campuran adukan beton perlu menambah jumlah air ke dalam campuran.

2) Pengujian Kadar Lumpur Kerikil

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Berat semula} - a}{\text{Berat semula}} \times 100 \%$$

$$\text{I. } \frac{250 - 249,67}{250} \times 100 \% = 0,132 \%$$

$$\text{II. } \frac{250 - 249,00}{250} \times 100 \% = 0,4 \%$$

$$\text{III. } \frac{250 - 249,76}{250} \times 100 \% = 0,096 \%$$

Tabel 11. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.

No	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
1.	Berat Kerikil Kering Tetap (gr)	250	250	250
2.	Berat Kering Tetap Setelah Dicuci (gr)	249,6 7	249,0 0	249,7 6
3.	Selisih (gr)	0,33	1,00	0,24
	Kadar Lumpur Kerikil (%)	0,132	0,400	0,096
	Rata-rata Kadar Lumpur (%)	0,209		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Kadar lumpur agregat kasar sebesar 0,209%, dan nilai ini memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu <1% berat Kering. Lumpur yang menempel pada permukaan agregat dapat menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Nilai kadar lumpur yang kecil menandakan kandungan lempung atau kotoran pada agregat sedikit. Dengan demikian agregat ini dapat digunakan sebagai material pembentuk beton.

3) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Kerikil

$$c) \text{ Berat Jenis SSD} = \frac{A}{A - B}$$

$$I. \frac{3000}{3000 - 1888,92} = 2,70$$

$$II. \frac{3000}{3000 - 1876,41} = 2,67$$

$$III. \frac{3000}{3000 - 1883,88} = 2,687$$

$$d) \text{ Penyerapan} = \frac{A - C}{C} \times 100 \%$$

$$I. \frac{3000 - 2964}{2964} \times 100 \% = 1,21 \%$$

$$II. \frac{3000 - 2962}{2962} \times 100 \% = 1,28 \%$$

$$III. \frac{3000 - 2958}{2958} \times 100 \% = 1,41 \%$$

Tabel 12 . Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Kerikil.

No.	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
1.	Berat Kerikil SSD (A)	3000	3000	3000
2.	Berat Kerikil Dalam Air (B)	1888,92	1876,41	1883,88
3.	Berat Kerikil Kering (C)	2964	2958	2962
4.	Volume Air yang Dipisahkan (D) (A-B)	1111,08	1123,59	1116,12
5.	Berat Jenis SSD (A/D)	2,700	2,670	2,688
6.	Berat Jenis Kering (C/D)	2,668	2,633	2,654
7.	Penyerapan ((A-C)/C)*100	1,21	1,42	1,28
	Rata-rata Berat Jenis SSD	2,686		
	Rata-rata Penyerapan (%)	1,31		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity* (ssd). Nilai berat jenis agregat kasar yang diperoleh sebesar 2,686 gr/cm³, dan nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 s/d 2,83 gr/cm³. Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 s/D 2,7 gr/cm³ akan menghasilkan beton berberat jenis sekitar 2,3 gr/cm³ (Tjokrodimuljo, 1995). Apabila agregat berberat jenis tinggi, maka beton yang dihasilkan berberat jenis tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi pula.

Pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat kasar tidak memenuhi standar spesifikasi yaitu 2% - 7%, dengan nilai *absorption* yang diperoleh sebesar 1,31%. Absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen.

4) Pengujian Berat Isi Kerikil

$$\text{Berat isi} = \frac{b - a}{\text{Volume literan}}$$

c) Berat Isi Gembur

$$\text{I. } \frac{7612 - 790}{5000} = 1,364 \text{ gr/mL}$$

$$\text{II. } \frac{7609 - 790}{5000} = 1,36 \text{ gr/mL}$$

$$\text{III. } \frac{7621 - 790}{5000} = 1,366 \text{ gr/mL}$$

d) Berat Isi Padat

$$\text{I. } \frac{8350 - 790}{5000} = 1,512 \text{ gr/mL}$$

$$\text{II. } \frac{8358 - 790}{5000} = 1,514 \text{ gr/mL}$$

$$\text{III. } \frac{8362 - 790}{5000} = 1,514 \text{ gr/mL}$$

Tabel 13. Data Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar.

No	Jenis Perlakuan	Pengujian		
		I	II	III
Berat Isi Gembur				
1.	Berat Liter + Kerikil (gr)	7612	7609	7621
2.	Berat Literan (gr)	790	790	790
3.	Berat Kerikil (gr)	6822	6819	6831
4.	Volume Literan (L)	5000	5000	5000
	Berat Isi Kerikil (gr/L)	1,364	1,364	1,366
	Rata-rata Berat Isi Kerikil (gr/L)	1,365		
Berat Isi Padat				
1.	Berat Liter + Kerikil (gr)	8350	8358	8362
2.	Berat Literan (gr)	790	790	790
3.	Berat Kerikil (gr)	7560	7568	7572
4.	Volume Literan (L)	5000	5000	5000
	Berat Isi Kerikil (gr/L)	1,512	1,514	1,514
	Rata-rata Berat Isi Kerikil (gr/L)	1,513		

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Berat isi agregat kasar sebesar 1,365 gr/L untuk kondisi gembur dan 1,513 gr/L untuk kondisi padat, dimana kondisi ini memenuhi standar spesifikasi berat isi yaitu 1,4 gr/L s/d 1,9 gr/L. Porositas atau kepadatan mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen. Dengan demikian agregat kasar ini dapat digunakan pada pembuatan beton, karena kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatan beton akan bertambah.

5) Pengujian Los Angeles Kerikil

$$\begin{aligned} \text{Keausan Agregat} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat hancur}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 4060}{5000} \times 100\% \\ &= 18,8\% \end{aligned}$$

Pemeriksaan ketahanan aus terhadap agregat diperoleh nilai sebesar 18,8%, dan nilai ini memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus yaitu <50%. Kekuatan beton dipengaruhi oleh kekuatan agregatnya, bukan dipengaruhi oleh kekuatan lekatan antar butir agregat. Oleh karena itu ketahanan aus agregat sangat menentukan kekuatan beton yang dibuat.

6) Pengujian Analisis Ayak Kerikil

Tabel 14. Data Pemeriksaan Analisis Ayak Agregat Kasar.

No.	Ukuran Saringan		Tertahan di Ayakan		% Kumulatif	
	No.	mm	Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
1.	1	25	-			
2.	¾	19,1	870,07	17,41	17,41	82,59
3.	½	12,5	2945,08	58,92	76,33	23,67
4.	3/8	9,52	1029,50	20,60	96,93	3,07
5.	No. 4	4,75	153,38	3,07	100,00	0,00
6.	Pan	-				
	Total		4998,03	100,00	290,68	
	Modulus Kehalusan				2,91	

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\text{Jumlah tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{290,6}{100} \\
 &= 2,91
 \end{aligned}$$

Nilai modulus kehalusan agregat kasar diperoleh sebesar 2,91 dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi modulus halus butir agregat kasar yaitu 6,0–7,1. Untuk mencapai kuat tekan beton yang lebih tinggi diperlukan agregat yang kasar dan bervariasi agar betonnya ekonomis tetapi masih mudah dikerjakan. Ukuran agregat yang bervariasi menyebabkan volume pori kecil dan kepadatan tinggi

Tabel 15. Hasil Pemeriksaan Bahan dan Material Pembentuk Beton.

Pengujian Material	Agregat Halus	Agregat Kasar
Kadar Air (%)	10,53	0,535
Kadar Lumpur (%)	2,07	0,209
Berat Jenis SSD	2,523	2,686
Penyerapan (%)	3,79	1,31
Berat Isi Gembur (gr/ml)	1,243	1,365
Berat Isi Padat (gr/ml)	1,480	1,513
Kadar Organik	Kuning	-
Keausan Agregat (%)	-	18,8

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

2. Perhitungan Mix Design

Untuk perencanaan campuran beton yang digunakan yaitu berdasarkan peraturan SNI 03-2834-2000 tentang “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Adapun penjelasannya dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Kuat tekan (f_c') karakteristik beton yang akan dicapai adalah 20 MPa pada umur 28 hari.

b. Nilai deviasi standar (S) :

Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 16. Nilai Standar Deviasi Untuk Berbagai Pengendalian Mutu.

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerja	Standar Deviasi (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

c. Menentukan nilai proporsi cacat, proporsi cacat diambil sekitar 5%

Tabel 17. Nilai Proporsi Cacat (Faktor K).

Persentase Cacat	Faktor K
20%	0,84
19%	0,86
18%	0,90
17%	0,94
16%	0,98
15%	1,02
14%	1,08
13%	1,12
12%	1,17
11%	1,22
10%	1,28
9%	1,34
8%	1,41
7%	1,48
6%	1,55
5%	1,64
4%	1,74
3%	1,88
2%	2,04
1%	2,30

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

d. Nilai tambah (Margin)

$$\begin{aligned} M &= 1,64 \times S \\ &= 1,64 \times 7 \\ &= 11,48 \text{ MPa} \end{aligned}$$

e. Kekuatan Tekan Beton rata-rata yang hendak dicapai (f_{cr})

$$\begin{aligned} f_{c'r} &= f_{c'} + M \\ &= 20,75 + 11,48 \\ &= 32,23 \text{ MPa} \end{aligned}$$

f. Jenis semen yang digunakan yaitu Semen Portland Tipe I

g. Jenis agregat yang digunakan:

- Agregat halus : Alami
- Agregat kasar : Batu pecah

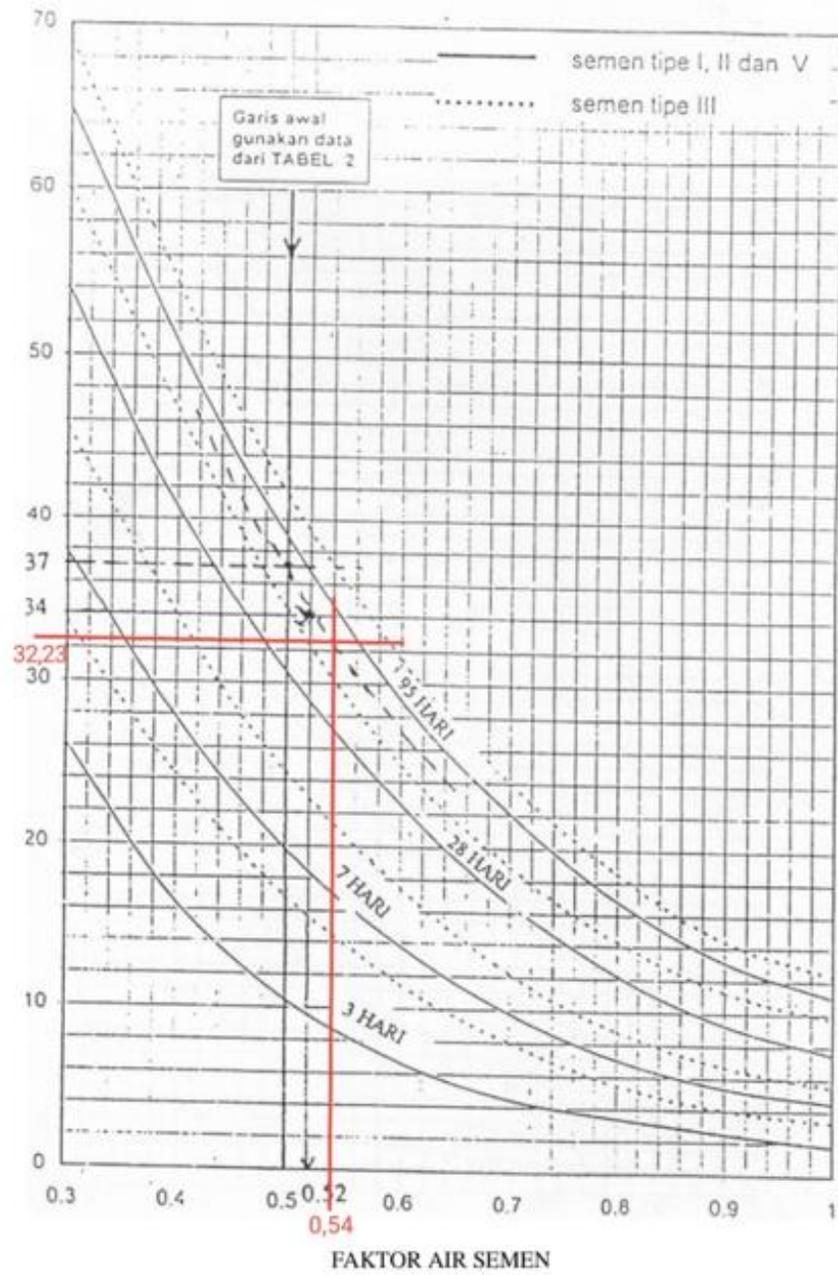
h. Faktor Air Semen (FAS) yang direncanakan (Grafik 1 SNI 03-2834-2000)

adalah 0.54

Tabel 18. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 13. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen.
(Sumber: SNI-03-2834-2000.)

Tabel 19. Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS Maksimum.

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m ³ Beton	Nilai Faktor Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat tabel 6
b. Air laut		Lihat tabel 6

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

- i. Faktor Air Semen Maksimum (Tabel 4 SNI 03-2834-2000) adalah 0.60. Dari kedua faktor air semen diatas, maka yang dipakai nilai terkecil yaitu 0.54
- j. Nilai *slump* rencana (tabel 3) adalah 60 mm s/d 180 mm
- k. Ukuran agregat maksimum adalah 20 mm

Tabel 20. Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m³) yang Dibutuhkan.

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

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

l. Jumlah Air Pengaduk Bebas (JAPB) dari tabel 3 SNI 03-2834-2000 adalah:

- Pasir (alami) : 195
- Split (split) : 225

Karena jenis agregat berbeda yaitu alami dan batu pecah, maka dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{JAPB} &= 0.66 (\text{alami}) + 0.33 (\text{batu pecah}) \\ &= 0.66 \times (195) + 0.33 \times (225) \\ &= 205 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

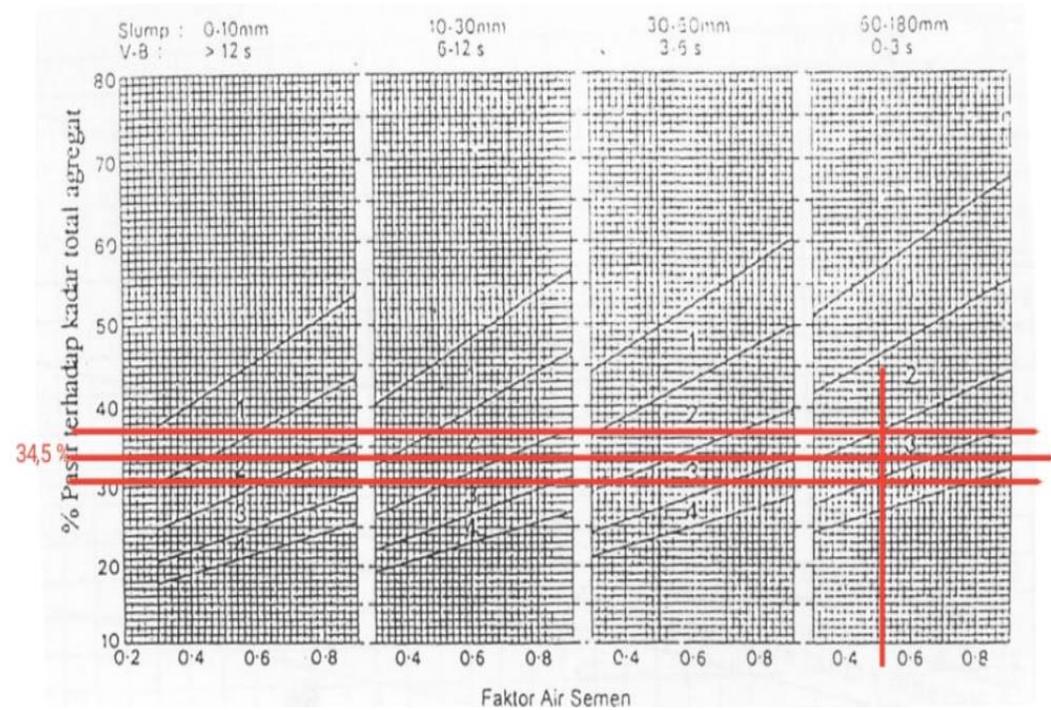
Jadi, Jumlah Air Pengaduk Bebas yang diperlukan adalah 205 kg/m³

m. Jumlah kadar semen:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Semen} &= \frac{\text{jumlah semen}}{FAS} \\ &= \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0,54} \\ &= 379,6 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

n. Jumlah kadar semen minimum dari tabel 4 SNI 03-2834-1993 adalah 275 kg/m³. Dari kedua jumlah semen di atas, maka dipakai jumlah semen terbesar yaitu 379,6 kg/m³

- o. Klasifikasi jenis pasir termasuk ke dalam Zona III



Gambar 14. Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm.

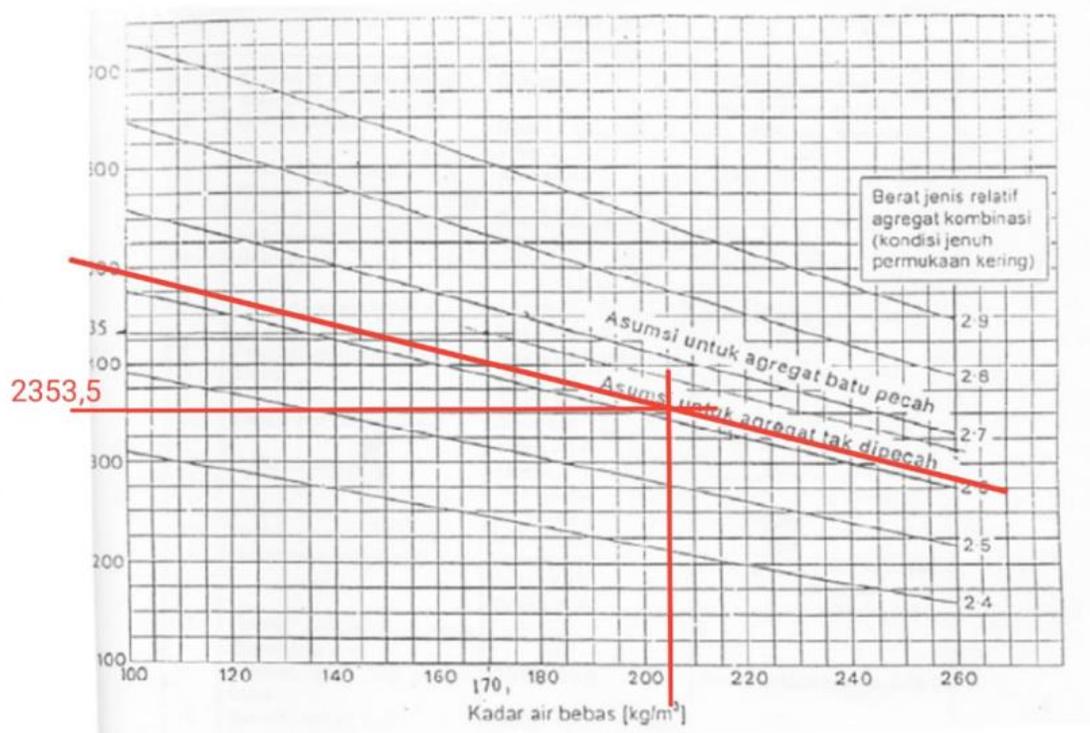
(Sumber: SNI-03-2834-2000.)

- p. Persentase agregat halus dari grafik 13 SNI 03-2834-1993 adalah 34,5%
- q. Persentase agregat kasar adalah
 $100\% - 34,5\% = 65,5\%$
- r. Berat jenis agregat gabungan adalah:

$$\text{BJ Ag. Halus} = 2,518$$

$$\text{BJ Ag. Kasar} = 2,685$$

$$\begin{aligned} \text{BJ Ag. Gab.} &= (\% \text{pasir} \times \text{BJ pasir}) + (\% \text{split} \times \text{BJ split}) \\ &= (34,5\% \times 2.518) + (65,5\% \times 2.685) \\ &= 2.6 \end{aligned}$$



Gambar 15. Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Didapatkan.
(Sumber: SNI-03-2834-2000.)

- s. Berat Volume Beton Segar (BVBS) dari grafik 16 SNI 03-2834-1993 adalah 2353,5 kg/m³
- t. Berat agregat gabungan = BVBS - PC - Air pengaduk
 $= 2353,5 - 379,6 - 205$
 $= 1768,9 \text{ kg/m}^3$
- u. Kadar agregat halus = Berat agregat gabungan x % agregat halus
 $= 1768,9 \times 34,5\%$
 $= 610,27 \text{ kg/m}^3$
- v. Kadar agregat kasar = Berat agregat gabungan x % agregat kasar
 $= 1768,9 \times 65,5\%$
 $= 1158,63 \text{ kg/m}^3$

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat ditemukan jumlah komposisi campuran beton pada tabel berikut.

Tabel 21. Komposisi campuran Kebutuhan 1 m³ Beton.

Varian Serbuk Cangkang Telur (%)	Berat (kg/m ³)					Keterangan
	Air	PCC	Pasir	Batu Pecah	Limbah SCT	
0	205	379,6	610,27	1158,63	0	Benda Uji Silinder
5	205	360,62	610,27	1158,63	18,98	
10	205	341,64	610,27	1158,63	37,96	
15	205	322,66	610,27	1158,63	56,94	

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

Tabel 22. Komposisi campuran untuk 5 buah benda uji (0,02654 m³)

Varian Serbuk cangkang Telur (%)	Berat (kg)					Keterangan
	Air	PCC	Pasir	Batu Pecah	Limbah SCT	
0	5,42	10,04	16,14	30,65	0,00	Benda Uji Silinder
5	5,42	9,54	16,14	30,65	0,50	
10	5,42	9,04	16,14	30,65	1,00	
15	5,42	8,53	16,14	30,65	1,51	
Jumlah	21,69	37,15	64,57	122,58	3,01	

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

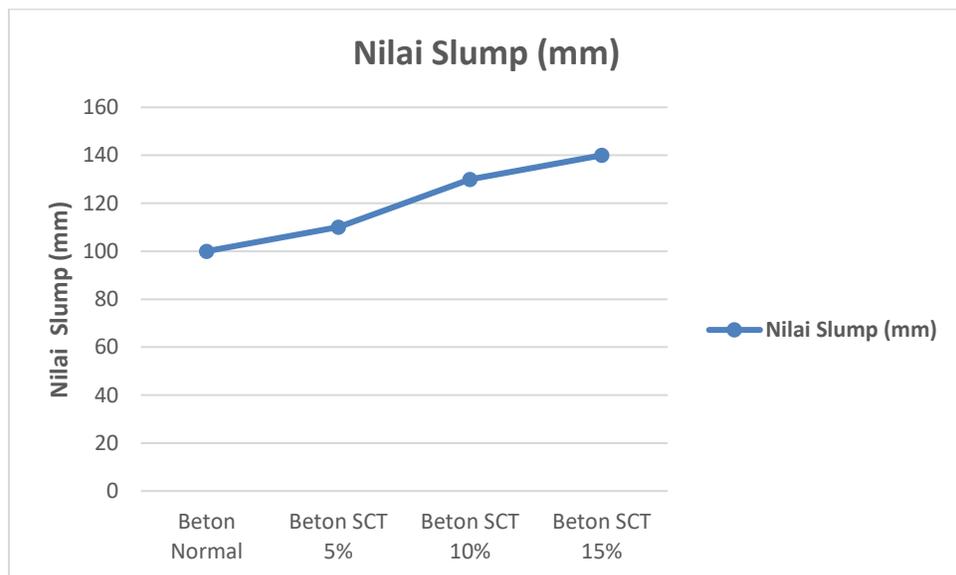
3. Pengujian Beton Segar (*Slump Test*)

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai *slump* berarti makin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan.

Tabel 23. Slump Test

Benda Uji	Nilai Slump (mm)
Beton Normal	100
Beton SCT 5%	110
Beton SCT 10%	130
Beton SCT 15%	140

(Sumber: Data Pribadi Hasil Penelitian, 2022)

**Gambar 16 . Grafik Hasil Pemeriksaan Slump**

(Sumber: Analisis Data, 2022)

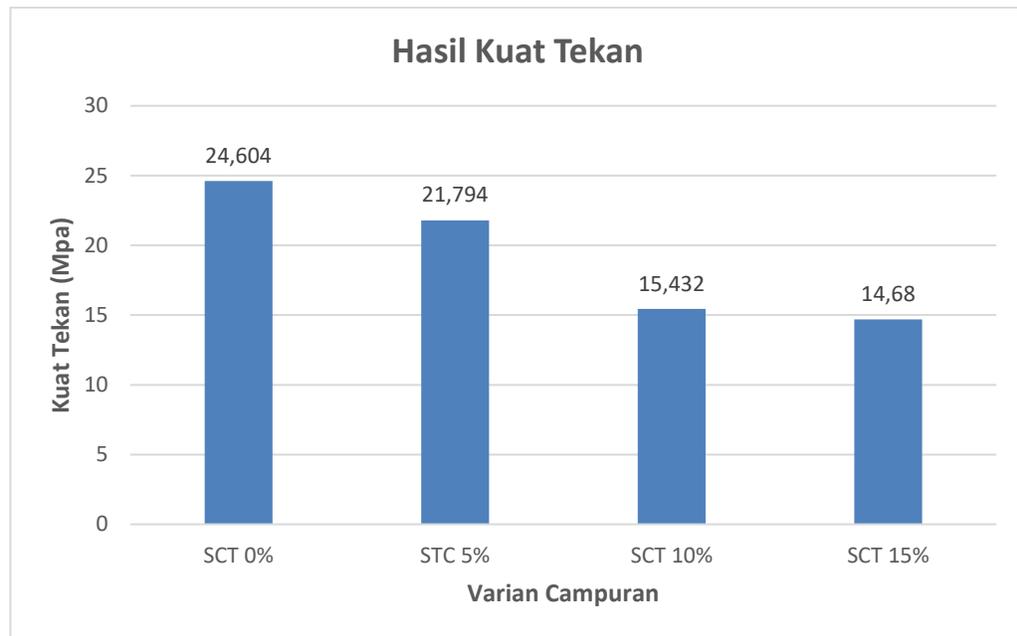
4. Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada masing-masing sampel yang telah dibuat pada umur beton 28 hari, dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 24. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Serbuk Cangkang Telur	Umur (hari)	Berat Kering (kg)	Luas Permukaan (cm ²)	Beban Max (kgf)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
SCT 0%	28	12190	176,625	44660	25,27	24,604
		12090		43600	24,67	
		12190		43000	24,33	
		12040		38480	21,77	
		12130		47670	26,98	
SCT 5%	28	12030	176,625	39690	22,46	21,794
		11640		39510	22,36	
		11810		37190	21,05	
		11750		36820	20,83	
		11870		39360	22,27	
SCT 10%	28	11530	176,625	26540	15,02	15,432
		11430		27880	15,78	
		11760		27370	15,49	
		11490		27720	15,69	
		11720		26830	15,18	
SCT 15%	28	11550	176,625	23860	13,5	14,68
		11420		25980	14,7	
		11450		27320	15,46	
		11350		27010	15,28	
		11400		25550	14,46	

(Sumber : Data Pribadi Hasil Penelitian,2023)



Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 hari
 Sumber: Dokumen Pribadi Hasil Penelitian, 2023

5. Pembahasan

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan. Kekuatan beton akan terus meningkat dengan bertambahnya umur pada beton. Biasanya kuat tekan rencana beton adalah hitungan pada umur 28 hari.

Berdasarkan penelitian relevan Agus Febry Anto (2020). Penambahan Serbuk Cangkang Telur dalam pembuatan beton di umur 28 hari menghasilkan kuat tekan yang sama dengan beton normal dengan presentase penambahan serbuk cangkang telur sebesar 10% yaitu sebesar 24,1 Mpa namun untuk presentase serbuk cangkang telur 5% mengalami penurunan yakni 22,05 Mpa dan pengaruh kuat tekan beton pada umur 28 + 7 hari dengan bahan tambah Serbuk Cangkang Telur 10% pada penelitian ini menghasilkan kuat tekan terbesar yakni 25,1 Mpa lebih besar dari pada penambahan serbuk cangkang telur 5% yakni 24 Mpa.

Berdasarkan dari hasil pengujian yang penulis telah dilakukan, didapatkan hasil kuat tekan beton dengan menggunakan serbuk cangkang telur ayam sebagai pengganti semen kuat tekannya tidak melewati kuat tekan beton kontrol, namun melewati mutu beton f_c' 20,75 Mpa. Hasil dari kuat tekan beton kontrol (0%) menghasilkan kuat tekan beton pada umur 28 hari sebesar 24,6 Mpa, setelah mengganti semen dengan serbuk cangkang telur ayam sebesar 5% pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan beton sebesar 21,79 Mpa, kuat tekan beton mengalami penurunan dari kuat tekan beton kontrol (0%). Beton dengan serbuk cangkang telur ayam sebesar 10% pada umur beton 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 15,43 Mpa, beton dengan campuran serbuk cangkang telur ayam sebesar 15% juga mengalami penurunan dan hasil kuat tekan beton sebesar 14,68 Mpa.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dihasilkan terlihat penurunan nilai kuat tekan beton pada beton campuran serbuk cangkang telur ayam dengan beton kontrol. Penurunan nilai kuat tekan pada beton campuran serbuk cangkang telur ayam terjadi karena beberapa factor yaitu, saat pengontrolan air, air yang dimasukkan berlebih saat pembuatan benda uji sehingga adukan beton menjadi encer dapat dilihat pada pengujian *slump*. *Slump* yang encer menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton.

Dari penjelasan pengujian diatas, disimpulkan bahwa serbuk cangkang telur pada campuran beton dapat digunakan pada persentase sebesar 5% atau lebih kecil. Karena, semakin besar jumlah persentase penambahan serbuk cangkang telur, maka semakin kecil pula nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan beton dengan penambahan serbuk cangkang telur yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian kuat tekan beton yang didapatkan pada umur beton 28 hari yaitu beton SCT 0% sebesar 24,6 Mpa, SCT 5% sebesar 21,79 Mpa, SCT 10% sebesar 15,443 Mpa dan SCT 15% sebesar 14,68 Mpa.
2. Pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada persentase serbuk cangkang telur 0% yaitu sebesar 24,6 Mpa pada umur 28 hari, sedangkan untuk beton dengan campuran serbuk cangkang telur ayam yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada persentase 5% yaitu 21,79 Mpa.
3. Pada setiap penambahan persentase serbuk cangkang telur ayam pada kuat tekan yang diperoleh mengalami penurunan nilai kuat tekan, maka dengan hal ini penggunaan serbuk cangkang telur ayam kurang baik untuk kualitas campuran pengganti semen pada beton.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diberikan saran sebagai berikut:

1. Penggunaan serbuk cangkang telur sangat bermanfaat untuk mengurangi limbah cangkang telur, peneliti selanjutnya harus memperhatikan bagaimana cara pengolahan limbah cangkang telur dengan baik dan benar.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penggunaan persentase serbuk cangkang telur yang berbeda dan menggunakan bahan tambah yang berbeda untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan dengan kualitas terbaik.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian agregat halus atau pasir.

DAFTAR RUJUKAN

- Anto, Agus Febri. (2020). *Pelatihan Teknologi Limbah Cangkang Telur Pada Kuat Tekan Beton*. Jurnal Teknologi Tepat Guna: 46-53.
- Arif, S. Mohd, et al. (2021). *Compressive Strength of Concrete containing Eggshell Powder as Partial Cement Replacement*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 682. No. 1. IOP Publishing.
- Armendaris, G. (2015). *Analisa Kuat Tekan dengan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Tambar*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Data Produksi Telur di Sumatera Barat*
- Departemen Pekerjaan Umum. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, PUBI-1982, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fadli M. Van Gobel. (2017). *Nilai Kuat Tekan Beton pada Slump Beton Tertentu*.
- Fuad, I. S. (2022). *Pengaruh Penambahan Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton*. Jurnal Desiminasi Teknologi.
- Gadri, Armendariz. (2015). *Analisa Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Tambah*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- G. Rani, Iskandar. (2009). *Teknologi Beton Teori dan Praktik*. Padang: UNP press.
- Ing. D. S. (2017). *Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dalam Pembangunan Beton*. Malaysia: Universitas Malaysia Pahang

- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Novianti, Dina. (2019). *Pengaruh Cangkang Telur Ayam Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*. Politeknik Negeri Sriwijaya
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rozaimi, M. S. (2021). *Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air (Doctoral dissertation)*. Universitas Islam Riau.
- SK SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Pembuatan Beton Normal*.
- SNI 03-2834-2000. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 03-2847-2002. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- SNI 1947-2011. (2011). *Cara Uji Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 2847-2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Tan, Yeong Yu, Shu Ing Doh, and Siew Choo Chin. (2018). *Eggshell as a partial cement replacement in concrete development*. Magazine of Concrete Research 70.13: 662-670.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil dan Lingkungan UGM. Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl Prof Dr Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131
Telp (0751) 7059996 FT (0751) 7055644 445118 Fax 7055644
E-mail info@ft.unp.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING
No. 181/UN35 2 6/AK/2022

Sehubungan dengan pelaksanaan Proyek Akhir mahasiswa di bawah ini:

Nama : Muhammad Randi
NIM/TM : 2019/19062040
Judul : Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Kulit Telur Ayam Terhadap Kuat Tekan Beton

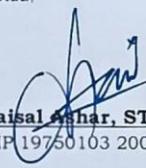
Terdaftar pada KRS Semester Juli-Desember 2022

Berdasarkan persetujuan mahasiswa dengan Penasehat Akademis dan pertimbangan Jurusan, maka untuk membimbing mahasiswa tersebut di atas kami tugaskan kepada :

Nama : Dr Nurhasan Syah, M Pd
NIP : 19601105 198602 1 001
Pangkat/Gol : Pembina/ IV a
Jabatan : Lektor Kepala

Demikianlah Surat Tugas ini disampaikan untuk dilaksanakan. Atas kerja sama dan bantuannya diucapkan terima kasih.

Padang, 15 September 2022
Ketua,


Faisal Ashar, ST., MT., Ph.D
NIP 19750103 200312 1 001

Tembusan:

1. Dekan FT UNP Padang
2. Dosen Pembimbing
3. Mahasiswa Ybs
4. Arsip.

Catatan: Proyek Akhir berlaku paling lama 1 tahun terhitung dari pengeluran surat penugasan pembimbing

Lampiran 2. Surat Izin Melakukan Penelitian

Print

http://akama.ft.unp.ac.id/operasional/izin_research


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
 Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25132
 Telp. (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628
 website : www.ft.unp.ac.id e-mail : info@ft.unp.ac.id

IZIN MELAKUKAN PENELITIAN

Nomor : 2375/UN35.2.1/LT/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, dengan ini memberi izin kepada mahasiswa yang tersebut di bawah ini :

Nama : MUHAMMAD RANDI
 BP/NIM : 2019 / 19062040
 Prodi : Teknik Sipil dan Bangunan
 Jenjang Program : D III

Untuk melakukan Penelitian di Laboratorium bahan bangunan dan mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang dilaksanakan pada tanggal 07 November 2022 s/d 20 Januari 2023 dengan judul Proyek Akhir "Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap Kuat Tekan Beton".

Demikian surat izin ini dikeluarkan untuk dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Padang, 03 November 2022
 Dekan,

 FAK Dek. Fahmi Rizal, M.Pd., MT.
 TENIP: 19501204 198503 1004

Lampiran 3. Surat Izin Pemakaian Labor Mekanika Tanah dan Bahan Bangunan

Padang, 03 November 2022

Hal : Permohonan Pemakaian Laboratorium

Kepada Yth.

Kepala Laboratorium Pengujian Bahan Bangunan dan Mekanika Tanah
Universitas Negeri Padang
di Padang

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan penelitian yang akan saya lakukan guna menyelesaikan Proyek Akhir sesuai dengan kurikulum di Program Studi D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, maka dengan ini:

Nama : Muhammad Randi
NIM : 19062040
Fakultas/Departemen : Teknik/Teknik Sipil
No HP : 0895-0662-2145
Judul Proyek Akhir : Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap Kuat Tekan Beton

Memohon izin agar dapat menggunakan fasilitas Laboratorium. Demikian permohonan saya, atas perhatian dan izin yang diberikan saya ucapkan terima kasih.

Mengetahui,
Pembimbing



Dr. Nurhasan Syah, M.Pd.
NIP. 19601105 198602 1 001

*kepada telmer
Harap dihindarkan*



Hormat Saya



Muhammad Randi
NIM. 19062040

Lampiran 4. Jadwal Rencana Penelitian

JADWAL RENCANA PENELITIAN

Nama Mahasiswa : Muhammad Randi
 NIM : 19062040
 Program Studi : D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung
 Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap
 Kuat Tekan Beton

No	Kegiatan Penelitian	Pelaksanaan								
		November			Desember				Januari	
		Minggu Ke-								
		2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar									
2	Pembuatan Benda Uji									
3	Pengujian Kuat Tekan Beton di umur 28 hari.									

Lampiran 5. Lembar Konsultasi Pembimbing

Tanggal	Topik Masalah yang Dibahas & Saran Perbaikan	Paraf Dosen
5/10-2022	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cek kembali format penulisan TA (Bahan Perseman). 2. Temukan ke Bab II dan Bab III 3. Di perbaiki 4. Format 5. Dijawab di bab 1 pertanyaan! Mengapa perlu melakukan analisis ini? 	
1/11-22	<p>Setuju untuk simpan proposal</p> <p>- di lanjutkan sambil data dan membuat buku uji!</p>	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS NEGERI PADANG
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
 Telp. (0751) 7059996, FT. (0751) 7055644, 445118 Fax. 7055644
 E-mail : info@ft.unp.ac.id



Tanggal	Topik Masalah yang Dibahas & Saran Perbaikan	Paraf Dosen
24/1-23	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki semua gambar - Uyojopi semua mulai dari cover & lampiran 	
1/2-23	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki semua typo dan ejaan yang salah pada Bab 1, 2 - Buat kesimpulan pada masing-masing pengujian agregat 	
1/2-23	<ul style="list-style-type: none"> - tambahkan berat sampel pada tabel hasil pengujian kuat tekan beton - Perbaiki pembahasan - Perbaiki kesimpulan 	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax: 7055644
E-mail: info@ft.unp.ac.id



Tanggal	Topik Masalah yang Dibahas & Saran Perbaikan	Paraf Dosen
1/2/23	skripsi ujian Kempte.	

Lampiran 6. Dokumentasi Pengujian

1. Dokumentasi Pengujian Agregat



Dokumentasi Pengujian Kadar Air Pasir



Dokumentasi Pengujian Kadar Air Kerikil



Dokumentasi pengujian Kadar lumpur

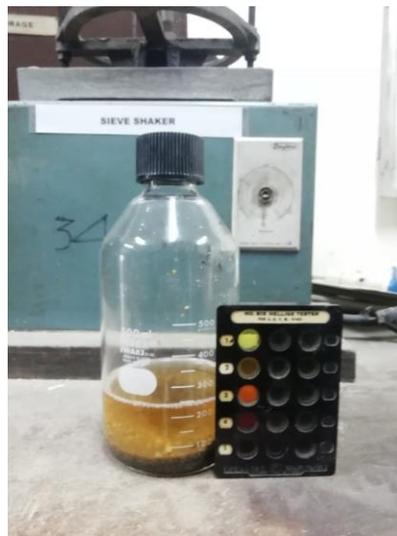


Dokumentasi Pengujian Berat Isi





Gambar pengujian berat jenis dan penyerapan air



Gambar pengujian zat organik



Gambar pengujian analisa ayakan



Gambar pengujian los angeles

2. Dokumentasi Serbuk Cangkang Telur



3. Dokumentasi Pembuatan Benda Uji





4. Dokumentasi Pengujian *Slump*



5. Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan

