

SKRIPSI PENELITIAN

**Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bubuk Cangkang
Telur dan Abu Daun Bambu (CAT-ABU) Sebagai Bahan Tambah
Semen**



Oleh:

Rasmi. M

NIM : D051181023

DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

"Uji Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Bubuk Cangkang Telur Dan Abu Daun Bambu (Cat-Abu) Sebagai Bahan Tambahan Semen"

Disusun dan diajukan oleh

Rasmi. M
D051181023

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Oktober 2022

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST. MT.
NIP. 19710316 199702 1 001

Pratiwi Mushar, ST.,MT
NIP. 19860119 201404 2 001

Mengetahui
Kombi Program Studi Arsitektur

Dr. H. Edward Syarif, MT.
NIP. 19690612 199802 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rasmi. M
NIM : D051181023
Program Studi : S1 Teknik Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis dengan judul "Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bubuk Cangkang Telur dan Abu Daun Bambu (*CAT-ABU*) Sebagai Bahan Tambah Semen" adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan plagiat atau pengambil alihan dari tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi yang tulis ini merupakan hasil karya orang lain atau badan tertentu, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 18 Oktober 2022

Yang menyatakan,



Rasmi. M
D051181023

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim...

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Tak lupa pula shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW, kepada keluarga, para sahabat, dan kepada umatnya hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana (S1) pada program studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Judul yang diajukan penulis adalah “**Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bubuk Cangkang Telur dan Abu Daun Bambu (CAT-ABU) Sebagai Bahan Tambah Semen**”, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk meningkatkan kualitas dan kekuatan beton dengan memanfaatkan campuran bubuk cangkang telur dan abu daun bambu (*CAT-ABU*) sebagai bahan tambah semen pada pembuatan campuran beton.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan batuan dari pihak lain. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, saudara, dan keluarga yang telah memberikan do'a dan dukungan baik secara materil maupun non-materil dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Edward Syarif, ST.,M.T. selaku Ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Victor Sampebulu', M.Eng. dan Dr. Eng. Ir. Nasruddin, S.T.,M.T. selaku Kepala Labo. Bahan Bahan, Struktur, dan Konstruksi Bangunan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Nasruddin, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Pratiwi Mushar, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama proses penelitian dan penulisan skripsi.

5. Bapak Dr. Ir. Syarif Beddu, M.T. selaku dosen penasihat akademik yang telah memberikan arahan selama masa studi penulis.
6. Seluruh staf dosen dan pegawai Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kak Mega selaku laboran Laboratorium Material, Struktur, dan Konstruksi Bangunan yang membantu penulis dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Teman-teman seperjuangan semasa kuliah Dian Ashari, Fitri Junarti, Musfira Rusdi, Fitra Aulia Ramadhani, Princenssia Suryani Matandung, Huriyyah Adilah Anwar, dan Amirah Arkanita atas dukungannya dalam penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan Labo. Material, Fitri Junarti, Fitra Aulia, Kak Guffran, dan Kak Ulfa atas dukungan selama penelitian.
10. Teman-teman yang membantu dalam pembuatan campuran beton Kak Gufran Rashadi, Muh. Rizal, Alim Fitra, Difat S. Pawa, dan Alif Kurniawan atas partisipasinya membantu dalam penelitian, serta rekan sesama PRISMA 2018 atas dukungan selama masa studi penulis.
11. Pegawai Toko Gudang Roti Samata yang telah membantu peneliti dalam mengumpulkan bahan tambah cangkang telur.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan baik dari penulisan maupun isi yang disajikan. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna perbaikan berikutnya. Adapun penulis berharap penelitian skripsi ini dapat bermanfaat terkhusus bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabaraktuh...

Gowa, 22 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	4
6. Sistematika Penulisan	5
7. Keaslian Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Tinjauan Umum Beton.....	8
B. Sifat dan Karakteristik Beton.....	9
C. Material Penyusun Beton.....	12
1. Semen <i>Portland</i>	12
2. Agregat Halus	13
3. Agregat Kasar	15
4. Air.....	15
D. Bahan Tambah <i>CAT-ABU</i>	16
1. Bubuk Cangkang Telur.....	17
2. Abu Daun Bambu	18
E. <i>Slump</i> Beton	20
F. Perawatan Beton	21
G. Kuat Tekan Beton	22
H. Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton.....	24
I. Kerangka Pikir Penelitian	27
J. Penelitian Terdahulu yang Relevan	28

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	31
C. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	31
D. Variabel Penelitian.....	34
E. Desain dan Jumlah Benda Uji.....	34
F. Metode Pembuatan Campuran <i>CAT-ABU</i>	36
1. Pembuatan Bubuk Cangkang Telur.....	37
2. Pembuatan Abu Daun Bambu	37
3. Pembuatan Campuran <i>CAT-ABU</i>	37
G. Ilustrasi Pengujian.....	38
H. Tahap dan Prosedur Penelitian.....	39
1. Pengujian Bahan Dasar Beton	40
2. Perencanaan Campuran Beton Normal (Mix Design).....	49
3. Pembuatan Beton Segar (Benda Uji).....	54
4. Pengujian Slump Benda Uji	56
5. Pembuatan Benda Uji	57
6. Perawatan Benda Uji	58
7. Pengujian Benda Uji.....	59
I. Teknik Analisis Data.....	60
J. Diagram Alur Penelitian	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
A. Uji Karakteristik Material Penyusun Campuran Beton	65
1. <i>CAT-ABU</i>	65
2. Semen	66
3. Air.....	66
4. Agregat Halus (Pasir)	66
5. Agregat Kasar(Batu Pecah/Chipping/Kerikil).....	71
B. Rekapitulasi Uji Karakteristik Agregat.....	75
C. Perhitungan Mix Design	77
1. Proporsi Campuran Hasil Perhitungan	78
2. Proporsi <i>CAT-ABU</i> dalam Campuran Per Variasi.....	79

D.	Pembuatan Benda Uji	80
1.	Persiapan Bahan Material Penyusun Beton.....	80
2.	Proses Pembuatan Campuran Beton.....	81
3.	Pengujian Slump Beton	82
4.	Proses Pencetakan Benda Uji	83
5.	Perawatan Benda Uji	83
E.	Hasil Pengujian Benda Uji.....	84
1.	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	84
2.	Hasil Pengujian Berat Benda Uji.....	86
3.	Kuat Tekan Beton.....	90
4.	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	100
5.	Pola Retak Beton	102
6.	Nilai Optimum Kuat Tekan Beton	104
	BAB V PENUTUP.....	105
A.	Kesimpulan	105
B.	Saran	106
	DAFTAR PUSTAKA	107
	LAMPIRAN.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cangkang Telur	17
Gambar 2. Daun Bambu Petung (<i>Dendrocalamus asper</i>)	18
Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan	22
Gambar 4. Model Benda Uji Berbentuk Silinder	34
Gambar 5. Alat UTM (<i>Universal Testing Machine</i>)	38
Gambar 6. Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan Beton	38
Gambar 7. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder (15 cm x 30 cm)	50
Gambar 8. Grafik Penentuan Berat Beton Segar	53
Gambar 9. Jenis-jenis Slump	57
Gambar 10. Pola Tipe/Bentuk Kehancuran pada Benda Uji	60
Gambar 11. Uji Tekan Beton	60
Gambar 12. Alur Penelitian	64
Gambar 13. Hasil Analisis Saringan Agregat Halus	71
Gambar 14. Proses Persiapan Abu Daun Bambu	80
Gambar 15. Persiapan Bubuk Cangkang Telur	80
Gambar 16. Persiapan CAT-ABU	81
Gambar 17. Persiapan Material Dasar Penyusun Beton	81
Gambar 18. Memasukkan Material ke dalam Molen	81
Gambar 19. Pengecekan Konsistensi Campuran Beton	82
Gambar 20. Penuangan Beton Segar dari Molen ke Dalam Wadah	82
Gambar 21. Penimbangan Beton Segar Per-Variasi	82
Gambar 22. Proses Pencampuran Beton Segar dengan Bahan Tambah <i>CAT-ABU</i> Menggunakan Hand Mixer	82
Gambar 23. Proses Pengujian Slump Beton Segar	82
Gambar 24. Proses Pencetakan Benda Uji	83
Gambar 25. Benda Uji yang Telah Dicitak	83
Gambar 26. Pelepasan cetakan benda uji	84
Gambar 27. Perawatan benda uji dengan metode wet curing	84
Gambar 28. Perbandingan Berat Benda Uji Sebelum Perawatan, Setelah Perawatan, dan Sebelum Pengujian Hari Ke-28	87

Gambar 29. Grafik Berat Jenis Rata-rata Benda Uji Per Variasi pada Umur Beton 28 Hari	88
Gambar 30. Grafik Rata-rata Daya Serap Air Benda Uji.....	89
Gambar 31. Potongan Vertikal Benda Uji Hari Ke-28	90
Gambar 32. Grafik Kuat Tekan Beton dengan Variasi Penambahan <i>CAT-ABU</i> pada Umur Beton 7 Hari	93
Gambar 33. Grafik Kuat Tekan Beton dengan Penambahan <i>CAT-ABU</i> pada Umur Beton 14 Hari	96
Gambar 34. Grafik Kuat Tekan Beton dengan Variasi Penambahan <i>CAT-ABU</i> pada Umur Beton 28 Hari	99
Gambar 35. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Hari Ke 7, 14, dan 28 pada Setiap Variasi Penambahan <i>CAT-ABU</i>	100
Gambar 36. Grafik Hubungan Antara Nilai Slump dan Kuat Tekan Beton Hari Ke- 28	102
Gambar 37. Tipe Pola Retak Benda Uji.....	103
Gambar 38. Grafik Analisis Regresi Polynomial.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Utama Semen Tipe I	13
Tabel 2 Gradasi yang Harus Dipenuhi oleh Agregat Halus (Pasir) berdasarkan pada SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33	14
Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Kasar	15
Tabel 4. Berat absolut dan relatif dari mineral penyusun cangkang telur.....	17
Tabel 5. Perbandingan komposisi penyusun cangkang telur dan semen Portland	18
Tabel 6. Zat kimia yang dikandung oleh Bambu	19
Tabel 7. Perbandingan Kandungan Abu Daun Bambu dan Semen Portland.....	19
Tabel 8. Komposisi Kimia Abu Daun Bambu pada Kalsinasi 500, 600, dan 700°C	20
Tabel 9. Nilai Slump untuk Berbagai Pekerjaan Beton	21
Tabel 10. Jenis beton berdasarkan nilai kuat tekannya	23
Tabel 11. Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur	25
Tabel 12. Jumlah Benda Uji yang Digunakan dalam Penelitian.....	35
Tabel 13. Coding Setiap Benda Uji dalam Penelitian.....	35
Tabel 14. Spesifikasi Uji Material Agregat.....	41
Tabel 15. Deviasi standar sebagai ukuran mutu pelaksanaan	49
Tabel 16. Perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0.50.....	50
Tabel 17. Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m ³).....	51
Tabel 18. Kadar Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	52
Tabel 19. Jumlah Penusukan untuk Benda Uji Silinder.....	58
Tabel 20. Komposisi Kimia CAT-ABU.....	65
Tabel 21. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	67
Tabel 22. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	67
Tabel 23. Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Halus	68
Tabel 24. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	69
Tabel 25. Gradasi Agregat Halus	70
Tabel 26. Hasil Pengujian Saringan Agregat Halus.....	70
Tabel 27. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	72
Tabel 28. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	72
Tabel 29. Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	73

Tabel 30. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	74
Tabel 31. Batas Gradasi Agregat Kasar	74
Tabel 32. Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar.....	75
Tabel 33. Rekapitulasi Uji Karakteristik Agregat Halus	76
Tabel 34. Rekapitulasi Uji Karakteristik Agregat Kasar	76
Tabel 35. Hasil Pengujian Nilai Slump Beton	85
Tabel 36. Berat Benda Uji pada Umur Beton 28 Hari	86
Tabel 37. Berat Jenis Benda Uji pada Umur Beton 28 Hari	87
Tabel 38. Penyerapan Air Benda Uji pada Umur Beton 28 Hari.....	89
Tabel 39. Kondisi Benda Uji Hari Ke-7.....	91
Tabel 40. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Hari Ke-7.....	92
Tabel 41. Kondisi Benda Uji Hari Ke-14.....	94
Tabel 42. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Hari Ke-14.....	95
Tabel 43. Kondisi Benda Uji Hari Ke-28.....	97
Tabel 44. Kuat Tekan Beton Hari Ke-28	98
Tabel 45. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton pada Umur Beton 7, 14, dan 28 Hari	100
Tabel 46. Nilai Slump dan Kuat Tekan Beton Hari Ke-28	102
Tabel 47. Tipe Pola Retak Beton	103

ABSTRAK

Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bubuk Cangkang Telur dan Abu Daun Bambu (*CAT-ABU*) Sebagai Bahan Tambah Semen

Rasmi. M¹, Nasruddin², Pratiwi Mushar³

^{1,2,3} Labo. Material, Struktur, dan Konstruksi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Cangkang telur dan daun bambu merupakan bahan yang mudah ditemukan di masyarakat dengan kuantitas yang cukup banyak dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas beton karena terdapat kesamaan dengan senyawa utama penyusun semen yaitu kapur (CaO) dan silika (SiO₂). Penelitian ini bertujuan untuk 1) menganalisis pengaruh penambahan *CAT-ABU* terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan alat UTM pada umur beton 7, 14, dan 28 hari; 2) mengetahui nilai optimum kuat tekan beton yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Variasi penambahan *CAT-ABU* terhadap berat semen sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5%, benda uji berbentuk silinder Ø10 cm × 20 cm. Perawatan benda uji dengan metode *wet curing* dan jenis pengujian kuat tekan *destructive test* menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan bahan tambah *CAT-ABU* mampu meningkatkan kekuatan beton. Pengujian hari ke-28 menunjukkan kuat tekan tertinggi terdapat pada beton dengan variasi penambahan *CAT-ABU* 10% sebesar 21.04 MPa sedangkan kuat tekan terendah terdapat pada beton dengan variasi penambahan *CAT-ABU* 5% sebesar 18.67 MPa. Nilai optimum kuat tekan *CAT-ABU* dicapai pada penambahan 0.11% dari variasi 10% (10.11%) yakni dengan nilai kuat tekan hingga 21.07 MPa.

Kata kunci : *Beton, CAT-ABU, Kuat Tekan, Nilai Optimum*

ABSTRACT

Compressive Strength Test of Concrete Using Egg Shell Powder and Bamboo Leaf Ash (CAT-ABU) as Cement Additives

Rasmi. M ¹, Nasruddin ², Pratiwi Mushar ³

^{1,2,3} Labo. Material, Struktur, dan Konstruksi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Egg shells and bamboo leaves are materials that are easily found in the community in large quantities and can be used as additional materials to improve the quality of concrete because there are similarities with the main components of cement, lime (CaO) and silica (SiO₂). This research aims to 1) analyze the effect of adding CAT-ABU to the compressive strength of concrete using UTM at the age of 7, 14, and 28 days; 2) determine the optimum value of the compressive strength of the resulting concrete. This research uses experimental methods. Variations in the addition of CAT-ABU to the weight of cement were 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 12.5%, the specimens was cylindrical Ø10 cm × 20 cm. Treatment of specimens using the wet curing and the type of compressive strength testing is destructive test using UTM (Universal Testing Machine) at the age of 7, 14, and 28 days of concrete. The results showed that concrete with CAT-ABU able to increase the strength of the concrete. The 28th day of testing showed that the highest compressive strength was found in concrete with a variation of the addition CAT-ABU 10% of 21.04 MPa while the lowest compressive strength was found in concrete with a variation of the addition CAT-ABU 5% of 18.67 MPa. The optimum value of the compressive strength of CAT-ABU was achieved by adding 0.11% from a variation of 10% (10.11%) with a compressive strength value of up to 21.07 MPa.

Keywords : Concrete, CAT-ABU, Compressive Strength, Optimum Value

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cangkang telur dan daun bambu merupakan bahan yang mudah ditemukan di masyarakat yang jarang dimanfaatkan bahkan dapat dikategorikan sebagai limbah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) produksi telur ayam petelur menurut provinsi per tahun 2021 untuk wilayah Sulawesi Selatan adalah sebesar 174,388.74 ton (Statistik, 2022). Hasil produksi yang tinggi ini tidak diiringi dengan pemanfaatan yang maksimal pada cangkang yang dihasilkan. Adapun Bambu merupakan salah satu komoditas hasil hutan yang sangat berpotensi dikarenakan produksinya yang terus-menerus dan mudah ditemukan dalam masyarakat. Luas hutan bambu di Sulawesi Selatan adalah berkisar 11,019.67 Ha (Daud M et al., 2018). Untuk pemanfaatan bambu sebagian besar hanya terbatas pada akar dan batang, sementara untuk bagian daun jarang untuk dimanfaatkan. Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya cangkang telur dan daun bambu mempunyai banyak manfaat salah satunya adalah sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas beton, dikarenakan mempunyai beberapa komposisi kimia yang sama dengan semen yaitu kapur dan silika.

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dengan perbandingan tertentu. Selain itu, dalam pembuatan beton juga terkadang diberi bahan tambah yang bervariasi jenisnya. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas beton. Salah satu bahan tambah yang sering digunakan adalah *pozzolan*. *Pozzolan* merupakan bahan yang mengandung mineral silika yang apabila bercampur dengan pasta semen akan bereaksi untuk mengikat ataupun memberi daya lekat pada campuran beton. *Pozzolan* dibagi menjadi dua macam, yaitu *pozzolan* alam dan buatan. *Pozzolan* alam berasal dari bahan alam yang mengandung silika aktif. Sedangkan *pozzolan* buatan berasal dari tungku maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika (Nurchasanah, 2012).

Adapun dalam penelitian ini menggunakan bahan tambah semen berupa bubuk cangkang telur dan abu daun bambu yang dalam penelitian ini disebut sebagai *CAT-ABU* pada campuran beton. Kandungan kalsium karbonat sebanyak

97% dalam cangkang telur berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam pembuatan semen (Hunton dalam (Fitriani et al., 2017)) sedangkan pada daun bambu mempunyai manfaat salah satunya kandungan silika (SiO_2) pada abu daun bambu yang telah melalui proses pembakaran atau pengabuan (Amu and Adetuberu dalam (Noverliana & Asmi, 2014)). Kandungan silika ini yang mempunyai sifat reaktif sehingga dapat bereaksi menjadi bahan yang keras kaku. Oleh karena itu, hasil pembakaran dari daun bambu dapat digunakan sebagai bahan campuran pada beton.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, beberapa kandungan zat kimia dalam *CAT-ABU* terdapat kesamaan dengan komposisi kimia penyusun semen *Portland*. Pada bubuk cangkang telur terdapat kesamaan pada kandungan Ca dan Mg. Sedangkan pada abu daun bambu terdapat kesamaan pada kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, dan MgO. Ditinjau dari kandungan CaO dalam semen *Portland* adalah 60-70% dan silika adalah 17-25% sehingga bubuk cangkang telur dan abu daun bambu berpotensi untuk digunakan sebagai bahan tambah pada semen.

Kandungan CaO dalam bubuk cangkang telur lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan CaO dalam abu daun bambu sehingga yang menjadi pertimbangan dalam penelitian ini adalah zat kapur yang berlebihan kurang baik bagi semen karena dapat mengakibatkan terjadinya disintegrasi atau perpecahan semen setelah terjadinya ikatan. Kadar kapur yang tinggi namun tidak berlebihan dapat memperlambat pengikatan, tetapi dapat menyebabkan kekuatan awal yang tinggi, sedangkan kekurangan zat kapur dapat menghasilkan semen yang lemah (L.J. Murdock dan K.M. Brook (1979) dalam (Fahrudin, 2021)).

Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, peneliti mencoba untuk memanfaatkan kembali limbah cangkang telur yang diubah menjadi bubuk dan abu daun bambu sebagai bahan tambah semen. Melalui penelitian ini akan diamati seberapa besar kuat tekan beton normal tanpa penambahan *CAT-ABU* yang kemudian dibandingkan dengan setelah ditambahkan dengan proporsi atau variasi tertentu. Dengan penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk mengkaji dan meneliti mengenai “Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bubuk Cangkang Telur dan Abu Daun Bambu (*CAT-ABU*) Sebagai Bahan Tambah Semen”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *CAT-ABU* dengan variasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5% dari berat semen terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan alat UTM pada umur beton 7,14, dan 28 hari?
2. Berapa nilai optimum kuat tekan beton dengan bahan tambah *CAT-ABU* pada variasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5%?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang hendak dicapai pada penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan *CAT-ABU* dengan variasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5% dari berat semen terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan alat UTM pada umur beton 7,14, dan 28 hari.
2. Mendeskripsikan nilai optimum kuat tekan beton dengan bahan tambah *CAT-ABU* pada variasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5%.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pengetahuan bagi penulis dan pembaca pada umumnya, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dan akan dikembangkan lagi.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat diterapkan pada produksi beton dengan menambahkan *CAT-ABU* sebagai bahan tambah semen guna meningkatkan kuat tekan beton.

E. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Pada hasil penelitian dipengaruhi oleh beberapa variabel dan faktor-faktor lain yang terlibat dalam penelitian. Dengan demikian, ruang lingkup dan batasan masalah sebaiknya didefinisikan dengan jelas agar tujuan dari penelitian yang dilakukan dapat tercapai. Adapun ruang lingkup dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis semen *portland* tipe I merk Bosowa.
2. Agregat kasar dan halus diperoleh di area Gowa, Sulawesi Selatan.
3. Cangkang telur diperoleh dari limbah pabrik Gudang Roti, Samata.
4. Bahan tambah berupa bubuk cangkang telur menggunakan limbah cangkang telur ayam ras yang dikeringkan dengan oven dengan suhu 200°C selama kurang lebih 30 menit untuk mengurangi kandungan air, kemudian dihaluskan untuk menjadi bubuk.
5. Daun bambu petung kering diperoleh dari daerah Malili, Kab. Luwu Timur.
3. Bahan tambah Abu daun bambu diperoleh dari jenis bambu petung (*Dendrocalamus asper*). Daun bambu kering kemudian dibakar secara manual.
4. Benda uji yang digunakan dalam penelitian berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
5. Variasi bahan tambah terhadap berat semen
6. Komposisi campuran bahan tambah adalah BCT 40% dan ABD 60%.
7. Persentase variasi penambahan bahan tambah adalah 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5%.
8. Kuat tekan beton normal yang direncanakan dalam penelitian adalah 20 MPa.
9. Nilai *slump* yang direncanakan dalam penelitian adalah 10±2 cm.
10. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.
11. Perawatan beton yang digunakan dalam penelitian menggunakan metode *wet curing*.

12. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan metode *destructive test* dan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*).

6. Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta ruang lingkup dan batasan masalah.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka mengenai beton, material pembuatnya, bahan tambah pada beton berupa bubuk cangkang telur dan abu daun bambu, serta definisi mengenai kuat tekan pada beton. Selain itu, pada bab ini juga berisi tentang tinjauan empiris terkait penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III Metode Penelitian

Pada bab ini berisi tentang lokasi penelitian, tahapan penelitian, alat dan bahan penelitian yang akan digunakan pada penelitian, metode pembuatan campuran *CAT-ABU*, tahapan dan prosedur yang digunakan dalam pembuatan beton, serta teknik untuk mengolah data yang diperoleh dalam penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pengolahan data dengan menggunakan teori yang telah dijabarkan pada BAB II serta membahas hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

BAB V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

7. Keaslian Penelitian

Peneliti	Judul Penelitian	Variabel Penelitian
Julianti Siregar (2016)	Pengaruh Variasi Penambahan Abu Sekam Padi dan Cangkang Telur terhadap Kuat Tekan Beton	<ul style="list-style-type: none"> - Persentase variasi penambahan pada abu sekam padi sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan cangkang telur sebesar 1%, 1,5%, 2%, 2,5%. - Setiap variasi sebanyak 3 benda uji dengan perendaman yang dilakukan pada umur 7, 21, dan 28 hari. - Perawatan beton dilakukan dengan metode <i>wet curing</i>
Meta Ardianti (2020)	Pengaruh Variasi Bubuk Cangkang Telur dan Abu Batu Sebagai Bahan Substitusi pada Campuran Beton	<ul style="list-style-type: none"> - Bubuk cangkang telur sebagai substitusi semen dan Abu Batu sebagai pasir dalam campuran beton - Penelitian dilakukan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton. - Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. - Variasi yang digunakan dalam penelitian adalah 0% BCT dan 0% abu batu, 5% BCT dan 20% abu batu, 7.5% BCT dan 20% abu batu, 10% BCT dan 20% abu batu..
Rasmi. M (2022)	Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bubuk Cangkang Telur dan Abu Daun Bambu (CAT-ABU) Sebagai Bahan Tambah Semen	<ul style="list-style-type: none"> - Bubuk cangkang telur dan abu daun bambu yang dibentuk menjadi campuran CAT-ABU sebagai bahan tambah semen dengan komposisi 40% bubuk cangkang telur dan 60% abu daun bambu. - Variasi penambahan CAT-ABU dalam campuran beton adalah 0%, 5%, 7.5%, 10%, dan 12.5% - Pengujian kuat tekan dilakukan dengan metode Destructive Test pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. - Perawatan beton dilakukan dengan metode <i>wet curing</i>

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Beton

1. Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan (PBI 1989 dalam (Van Gobel, 2019)). Sedangkan berdasarkan (SNI 03-2834-2000, 2000) yang dimaksud dengan beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

2. Jenis-jenis Beton

Menurut (Mulyono 2004 dalam (Fazi, 2020)), secara umum beton dibedakan menjadi dua, yaitu:

1) Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Berdasarkan kelas dan mutu beton, beton dibedakan menjadi 3 kelas, antara lain:

a. Beton kelas I

Beton kelas I merupakan beton yang digunakan pada elemen non-struktural. Mutu beton kelas I biasanya dinyatakan dengan B0.

b. Beton kelas II

Beton kelas II merupakan beton yang digunakan pada pekerjaan elemen struktural pada umumnya. Beton kelas II terbagi atas mutu standar yaitu B1, K-125, K-175, dan K-225.

c. Beton kelas III

Beton kelas III merupakan beton dengan mutu yang lebih tinggi dari K-225. Beton ini digunakan pada pekerjaan yang bersifat struktural.

2) Beton berdasarkan jenisnya, terbagi atas:

a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat jenis kurang dari 1900 kg/m³. Pada umumnya beton ringan digunakan untuk elemen konstruksi yang bersifat non-struktural. Dalam proses pembuatannya, beton ringan dibuat dengan menambahkan gelembung udara dalam

adukan semen ataupun dengan menggunakan agregat yang bersifat ringan, misalnya tanah liat bakar ataupun batu apung.

b. Beton normal

Beton normal merupakan beton dengan berat jenis antara 2.200-2.500 kg/m³. Pada penggunaannya beton normal dapat digunakan pada setiap elemen struktur bangunan.

c. Beton berat

Beton berat merupakan beton dengan berat jenis lebih dari 2.500 kg/m³. Pada penggunaannya, beton berat digunakan pada elemen struktur tertentu seperti struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.

d. Beton massa (*mass concrete*)

Beton massa merupakan beton yang digunakan pada pekerjaan beton yang besar dan bersifat massif, misalnya pada bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement merupakan suatu bahan yang digabungkan dan diberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kuat tarik dan daktil pada mortar semen.

f. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat merupakan bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lainnya yang berupa serat. Fungsi serat dalam beton ini berguna untuk mencegah retak pada beton sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

B. Sifat dan Karakteristik Beton

Secara umum dalam bidang konstruksi, beton tidak harus memiliki semua sifat-sifat dalam beton. Hal ini dikarenakan penentuan sifat-sifat beton didasarkan pada kegunaan dari beton yang akan dibuat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat beton di antaranya adalah campuran beton, cara mencetak beton, cara memadatkan, dan cara perawatan beton. Adapun sifat yang secara umum dimiliki oleh beton adalah sebagai berikut (Manopo, 2019):

1. Kemudahan pengerjaan (Kelecekan/*Workability*)

Pada tingkat kemudahan pengerjaan atau *workability* secara langsung berkaitan dengan tingkat kelecekan atau keenceran adukan beton. Berdasarkan (SNI-1972:2008, 2008) *workability* beton merupakan kemudahan dalam pengerjaan beton segar. Adukan beton yang semakin cair maka akan semakin mudah untuk dikerjakan. Untuk mengetahui dan mengukur tingkat kelecekan suatu adonan beton, dilakukan pengujian *slump* (*slump test*) menggunakan sebuah alat yang disebut Kerucut Abrams. Nilai *slump* secara umum akan berbanding lurus dengan kadar air yang terdapat dalam campuran beton segar dan berbanding terbalik dengan kuat tekan beton.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kelecekan atau *workability* dari beton segar (Bahar, 2005 dalam (Hafidhzien, 2021)) dalam adalah:

- Jumlah air yang digunakan
- Gradasi campuran berupa agregat kasar dan agregat halus
- Bentuk butiran agregat dan tekstur agregat yang bulat
- Ukuran maksimum kerikil yang dipakai

2. Pemisahan kerikil (Segregasi)

Secara umum segregasi merupakan proses terjadinya penurunan agregat kasar ke bagian dasar beton segar atau dengan kata lain proses terpisahnya agregat kasar dari campuran diakibatkan proses penuangan dan pemadatan yang tidak baik. Berdasarkan (Nasional, 1995), segregasi merupakan proses terpisahnya pasta semen dan agregat pada sebuah adukan semen. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya segregasi adalah sebagai berikut:

- Campuran yang kekurangan ataupun kelebihan air
- Kurangnya jumlah agregat halus
- Ukuran agregat yang lebih dari 25 mm

3. Pemisahan air (Bleeding)

Bleeding merupakan suatu proses naiknya air ke permukaan setelah dilakukan pemadatan. Proses ini disertai dengan semen dan butiran pasir halus yang ikut terbawa, yang kemudian membuat suatu lapisan yang disebut pula dengan *laitance*. Bleeding adalah proses keluarnya air yang berasal dari beton segar ke permukaan akibat proses pengendapan bahan-bahan padat pada beton.

Bleeding sering terjadi pada campuran yang mengandung terlalu banyak air, sehingga beton akan memiliki aliran air yang disebabkan oleh kadar air yang terlalu tinggi. Bleeding sering terjadi pada akhir proses pencetakan beton yang akan terlihat permukaan beton yang dipenuhi dengan air.

4. Kuat tekan

Banyaknya air dan semen yang digunakan akan mempengaruhi kekuatan beton. Pada nilai kuat tekan beton akan berbanding lurus dengan peningkatan umur dari beton itu sendiri. Pada dasarnya, beton akan memiliki kekuatan yang maksimal pada umur 28 hari. Pada penentuan nilai kuat tekan beton dapat diuji dengan menggunakan benda uji yang berbentuk silinder. Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain:

- Faktor air semen
- Umur beton
- Sifat agregat
- Jenis *admixture*
- Perawatan beton

5. Tahan Lama (*Durability*)

Durability merupakan ketahanan beton menghadapi segala kondisi yang direncanakan, tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) dalam jangka waktu layannya (*service ability*).

Adapun beberapa karakteristik dari beton yang baik dapat dikelompokkan sebagai berikut (Pane et al., 2015):

1. Kuantitas beton

- a. Kepadatan yang merupakan ruang yang ada pada beton sedapat mungkin diisi oleh agregat dan pasta semen
- b. Kekuatan yaitu beton harus mempunyai kekuatan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan
- c. Faktor air semen harus terkontrol agar memenuhi persyaratan kekuatan beton
- d. Tekstur permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan terhadap segala cuaca

2. Kualitas beton
 - a. Kualitas semen
 - b. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya
 - c. Kekuatan dan kebersihan agregat
 - d. Adhesi atau interaksi antara pasta semen dan agregat
 - e. Pencampuran yang cukup dari bahan pembentuk beton
 - f. Perawatan pada temperature yang tidak lebih rendah dari 50°F
 - g. Kandungan chloride tidak lebih dari 0,15% dalam beton ekspos dan 1% dalam beton terlindung.

C. Material Penyusun Beton

1. Semen *Portland*

Semen *portland* merupakan semen hidraulis yang dihasilkan melalui proses penghalusan *klinker* yang terdiri atas silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, dengan menambahkan bahan tambah berupa *gypsum* (SNI 15-2049-2004, 2004).

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan semen *Portland* terdiri atas:

- Kapur (CaO)
- Silika (SiO₂)
- Aluminium (Al₂O₃)
- Besi Oksida (Fe₂O₃)

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, jenis dan penggunaan semen *portland* terbagi atas 5 jenis, yaitu:

- a) Jenis I (*normal portland cement*), merupakan semen *portland* yang digunakan untuk penggunaan umum yang tidak membutuhkan persyaratan khusus.
- b) Jenis II (*high early strength portland cement*), merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
- c) Jenis III (*modified portland cement*), semen *portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d) Jenis IV (*low heat portland cement*), merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.

- e) Jenis V (*sulfate resisting portland cement*), merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Pada penelitian ini, jenis semen yang digunakan adalah semen Tipe I dengan komposisi seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Komposisi Utama Semen Tipe I

Senyawa Kimia	Rumus Kimia	Bobot
C_3S (<i>Tricalcium Silicate</i>)	$3CaO.SiO_2$	50%
C_2S (<i>Dicalcium Silicate</i>)	$2CaO.SiO_2$	25%
C_3A (<i>Tricalcium Aluminate</i>)	$3CaO.Al_2O_3$	12%
C_4AF (<i>Tetracalcium Aluminoferrite</i>)	$4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3$	8%
CSH_2 (<i>Calcium Sulfate Dihydrate</i>)	$CaSO_4.2H_2O$	3.5%

Sumber: (Nawy, 1998)

Perbedaan semen *Portland* dengan semen lainnya adalah berdasarkan susunan kimia dan kehalusan butirannya. Adapun perbandingan yang utama dalam bahan penyusun semen *Portland* adalah CaO (60%-65%), SiO₂ (20%-25%), dan Fe₂O₃, Al₂O₃ (7%-12%).

Secara umum, sifat yang dimiliki semen yaitu kehalusan butir, waktu pengikatan, kehalusan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, hilang pijar. Sifat kimia dalam semen dapat dijabarkan sebagai kesegaran semen dan sisa yang tidak larut serta memenuhi komposisi syarat yang telah ditentukan sesuai dengan SNI 15-2049-2004 (Mulyono, 2005).

2. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir merupakan butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,75 mm atau lolos saringan no. 4 standar (C33-03, 2002). Karakteristik agregat halus yang digunakan dalam pembuatan beton harus diketahui terlebih dahulu dengan cara pengujian properti agregat halus. Hal ini dilakukan agar dapat dilakukan perhitungan *mix design* dengan kuat tekan yang direncanakan.

Persyaratan agregat halus secara umum adalah sebagai berikut:

1. Kadar zat organik yang terkandung ditentukan dengan menambahkan agregat halus dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 3%, dibandingkan dengan standar warna No. 3
2. Butir-butir halus bersifat kekal. Ketika memakai natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 10% dari berat dan pada magnesium sulfat yang hancur maksimal 15% dari berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), sedangkan pasir dengan kadar lumpur lebih dari 5 harus dicuci terlebih dahulu.

Agregat halus berfungsi sebagai pengisi dalam campuran mortar beton. Agregat halus yang dicampur dengan air dan semen akan membentuk massa yang keras. Agregat dengan kandungan lumpur yang berlebih akan menyebabkan nilai kuat tekan menurun, karena dapat mengurangi daya lekat pada campuran agregat dan semen (Purwanto & Priastiwi, 2017). Adapun batasan gradasi dalam perencanaan beton adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Gradasi yang Harus Dipenuhi oleh Agregat Halus (Pasir) berdasarkan pada SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan				
				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	<i>Fine Agregat</i>
mm	SNI	ASTM	Inch	Gradasi No.1	Gradasi No.2	Gradasi No.3	Gradasi No.4	<i>Sieve Analysis</i>
9.50	9.6	¾ in	0.3750	100-100	100-100	100-100	100-100	100-100
4.75	4.8	no.4	0.1870	90-100	90-100	90-100	95-100	95-100
2.36	2.4	no.8	0.0937	60-95	75-100	85-100	95-100	80-100
1.18	1.2	no.16	0.0469	30-70	55-90	75-100	90-100	50-85
0.60	0.6	no.30	0.0234	15-34	35-59	60-79	80-100	25-60
0.30	0.3	no.50	0.0117	5-20	8-30	12-40	15-50	5-30
0.15	0.15	no. 100	0.0059	0-10	0-10	0-10	0-15	0-10

Sumber: (Nji, n.d.) Diakses Januari 2022.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayakan 4,75 mm (International, 2005). Sedangkan berdasarkan (Wangsadinata, 1979) agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir yang lebih dari 5 mm. Adapun syarat dari agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Agregat kasar terdiri atas butiran keras dan tidak berpori
- b. Bersifat kekal, yang berarti tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca
- c. Modulus halus butir agregat kasar antara 5-7,1 dengan variasi butir sesuai dengan standar gradasi
- d. Tidak mengandung lumpur yang lebih dari 1%, jika agregat kasar mengandung kadar lumpur lebih dari 1% maka harus dicuci
- e. Tidak mengandung zat yang reaktif terhadap alkali

Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan ASTM C-33	Lolos Ayakan (%)
37.50 mm	100
25.00 mm	90-100
19.00 mm	40-85
12.50 mm	10-40
9.50 mm	0-15
4.75 mm	0-5

Sumber: (C33-03, 2002)

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu (Saifullah, 2011):

- Batu, jika ukuran butirannya lebih dari 40 mm.
- Kerikil, jika ukuran butirannya antara 5 mm sampai 40 mm.
- Pasir, jika ukuran butirannya 0.15 mm hingga 5 mm.

4. Air

Air dibutuhkan untuk membantu proses reaksi semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan proses pengikatan dan membantu proses pengerasan pada beton, serta menjadi pelumas antarbutir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Agar dapat bereaksi dengan semen, air yang diperlukan dalam

pembuatan beton adalah 25% dari berat semen. Selain itu, air juga digunakan dalam proses perawatan beton berupa pembasahan setelah pengecoran (Tjokrodinuljo K., 1996 dalam (Taufik, 2017).

Jenis air yang digunakan dalam pembuatan beton biasanya berupa air yang dapat diminum dan tidak mempunyai rasa atau bau yang mencolok sesuai dengan syarat air sebagai air campuran untuk pembuatan beton. Air yang tidak murni dalam campuran berlebih, dapat mempengaruhi bukan hanya pada waktu pengikatan (*setting time*), kuat tekan beton, stabilitas volume (perubahan Panjang), tetapi juga dapat mengakibatkan terjadinya *efflorescence* atau korosi tulangan. Kandungan konsentrasi tinggi oleh bahan solid yang larut dalam air sebaiknya dihindari ((Pane et al., 2015).

Perbandingan air dan semen dalam pembuatan beton harus diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kekuatan dari beton itu sendiri. Apabila jumlah air lebih banyak dari semen akan mengakibatkan kekuatan dari beton menjadi turun, sebaliknya jika air lebih sedikit dari semen akan mengakibatkan proses pengadukan menjadi sulit serta menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kekuatan yang rendah.

Adapun persyaratan air sesuai dengan (Badan Standardisasi Nasional, 2002) adalah sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda ringan dan melayang lainnya dengan kapasitas 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik, dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

D. Bahan Tambah *CAT-ABU*

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua bahan utama yaitu bubuk cangkang telur dan abu daun bambu.

1. Bubuk Cangkang Telur



Gambar 1. Cangkang Telur

Pada umumnya struktur cangkang telur terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan kutikula, lapisan spons, dan lapisan lameral. Lapisan kutikula adalah lapisan paling luar yang mengandung sejumlah protein. Pada lapisan spons dan lameral membentuk matriks yang dibentuk oleh serat protein yang terikat oleh kalsium karbonat dalam cangkang telur. Cangkang telur mewakili 11% dari total bobot telur dan tersusun oleh kalsium karbonat (94%), kalsium fosfat (1%), material organik (4%), dan magnesium karbonat (1%) (Rivera, 1999 dalam (Kusumawati, 2019)).

Cangkang telur atau kulit telur merupakan lapisan luar dari telur yang berfungsi untuk melindungi semua bagian telur dari luka atau kerusakan. Komposisi cangkang telur secara umum terdiri atas air 1,6% dan bahan kering 98,4%. Pada cangkang telur terkandung unsur mineral 95,1% dan protein 3,3%. Berdasarkan komposisi mineral yang ada, cangkang telur terdiri atas kristal CaCO_3 sebanyak 98,34%; Mg CO_3 sebanyak 0,84% dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sebanyak 0,75% (Yuwanta, 2010 dalam (Merta et al., 2020)).

Tabel 4. Berat absolut dan relatif dari mineral penyusun cangkang telur

Mineral	% dari berat total	g/berat total
Kalsium (Ca)	37.30	2.30
Magnesium (Mg)	0.38	00.02
Fosfor (P)	0.35	0.02
Karbonat (CO_3)	58.00	3.50
Mangan (Mn)	7	Ppm

Sumber: (Yuwanta, 2010 dalam (Kusumaningrum, 2018))

Tabel 5. Perbandingan komposisi penyusun cangkang telur dan semen Portland

No.	Kandungan BCT	Kadar (%)	Kandungan Semen Portland	Kadar (%)
1.	Kalsium (Ca)	37.30	Kapur (CaO)	60-67
2.	Magnesium (Mg)	0.38	Magnesium Oksida (MgO)	0.1-4.0
3.	Fosfor (P)	0.35	-	-
4.	Karbonat (CO ₃)	58.00	-	-
5.	Mangan (Mn)	7	-	-
6.	-	-	Silika (SiO ₂)	17-25
7.	-	-	Alumina (Al ₂ O ₃)	3.0-8.0
8.	-	-	Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.5-6.0
9.	-	-	Alkali (K ₂ O, Na ₂ O)	0.4-1.3
10.	-	-	Sulfur Trioksida (SO ₃)	1.3-3.0

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa kandungan Kalsium (Ca) dalam BCT yang cukup tinggi yaitu 37.30% sedangkan dalam kandungan semen *Portland* kandungan kalsium yang bereaksi dengan oksigen membentuk kapur (CaO) dengan kadar 60-67%, sehingga penggunaan BCT sebagai bahan tambah semen dapat digunakan dalam campuran pembuatan beton.

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan terkait dengan kandungan zat kapur dalam beton di antaranya adalah zat kapur yang berlebihan kurang baik bagi semen karena dapat menyebabkan terjadinya perpecahan semen setelah timbul ikatan. Sedangkan kekurangan kapur dapat menghasilkan semen yang lemah dan kurang sempurna sehingga dapat menyebabkan ikatan yang rendah dan beton yang dihasilkan mempunyai mutu yang rendah (Fahrudin, 2021).

2. Abu Daun Bambu



Gambar 2. Daun Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)

Menurut Dransfield dan Wijaya (1995) bambu adalah komoditas lokal yang dikenal dalam masyarakat sejak dahulu. Bambu merupakan tanaman yang mudah

ditemui di Indonesia terutama di daerah Jawa, Bali, Sulawesi Selatan, dan Sumatera. Bambu merupakan tanaman *Ordo Bambuoidae* dengan pertumbuhan yang cepat dan dapat dipanen pada usia 3 tahun (Suhardiman, 2011 dalam (Yahya, 2018)).

Kandungan silika dalam bambu cukup tinggi (Amu dan Adetuberu, 2010 dalam (Noverliana & Asmi, 2014)). Berdasarkan penelitian sebelumnya kandungan zat kimia yang terkandung dalam bambu adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Zat kimia yang dikandung oleh Bambu

No.	Zat Kimia	Kandungan Zat Kimia
1	Selulosa	42.4% - 53.6%
2	Lignin	19.8% - 26.6%
3	Pentosan	1.24% - 3.77%
4	Kadar Abu	1.24% - 3.77%
5	Silika	0.10% - 1.28%
6	Ekstrakif	0.9% - 6.9%
7	Holoseulosa	73.23% - 83.80%

Sumber: Kristianto, dkk, 2000 dalam (Noverliana & Asmi, 2014)

Tabel 7. Perbandingan Kandungan Abu Daun Bambu dan Semen Portland

No	Kandungan Abu Daun Bambu	Kadar (%)	Kandungan Semen Portland	Kadar (%)
1.	Silika (SiO ₂)	75.90	Silika (SiO ₂)	17-25
2.	Alumina (Al ₂ O ₃)	0.40	Alumina (Al ₂ O ₃)	3.0-8.0
3.	Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.10	Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.5-6.0
4.	Kapur (CaO)	1.10	Kapur (CaO)	60-67
5.	Magnesium Oksida (MgO)	0.10	Magnesium Oksida (MgO)	0.1-4.0
6.	Natrium Oksida (NaO ₂)	0.10	-	-
7.	Kalium Oksida (K ₂ O)	1.30	-	-
8.	Lainnya	3.70	-	-
9.	-	-	Alkali (K ₂ O, Na ₂ O)	0.4-1.3
10.	-	-	Sulfur Trioksida (SO ₃)	1.3-3.0

Tabel 8. Komposisi Kimia Abu Daun Bambu pada Kalsinasi 500, 600, dan 700°C

Komposisi (%)	Suhu Kalsinasi Abu Daun Bambu		
	500 °C	600 °C	700 °C
Silika (SiO ₂)	71.77	73.9	74.7
Alumina (Al ₂ O ₃)	0.10	0.13	0.15
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.92	0.11	0.21
Magnesium Oksida (MgO)	3.07	3.53	3.23
Natrium Oksida (NaO ₂)	0.37	0.43	0.56
Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	1.65	2.01	1.87
Sulfur Trioksida (SO ₃)	4.21	4.23	4.18
Klorin (Cl)	0.42	0.58	0.52
Kalium Oksida (K ₂ O)	4.84	6.29	5.14
Kalsium Oksida (CaO)	3.93	3.93	4.48
LOI	8.55	4.14	3.98

Sumber: (Noverliana, 2014)

Kandungan silika dalam daun bambu memiliki potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan material berbasah dasar silika. Silika dari daun bambu ini dapat diperoleh dari metode pengabuan (Amu and Adetuberu, 2010 dalam (Noverliana, 2014).

E. *Slump* Beton

Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 1990) yang dimaksud dengan slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*)/plastisitas dan kohesif dari beton segar. Tujuan dari pengujian slump adalah untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat (Tri Hardagung, Harnung, Adi Sambowo, dan Gunawan, 2014).

Nilai slump dipengaruhi oleh faktor air semen. Semakin tinggi fas maka nilai slump akan semakin tinggi yakni menggunakan banyak air dan sedikit semen,

sehingga pasta semen lebih encer dan mengakibatkan nilai slump lebih tinggi. Semakin besar nilai slump test berarti adukan beton semakin mudah dikerjakan.

Adapun standar nilai *slump* untuk berbagai pekerjaan beton dapat dilihat berdasarkan tabel berikut:

Tabel 9. Nilai Slump untuk Berbagai Pekerjaan Beton

Uraian	Slump	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan massal	7.5	2.5

Sumber: (Iskandar, Darmansyah Tjitradi, 2005)

F. Perawatan Beton

Perawatan pada beton dilakukan untuk menghindari terjadinya hidrasi pada beton disebabkan oleh proses pengikatan antara semen dan air. Jika beton terlalu cepat mengering, maka akan terjadi retak pada permukaannya. Kekuatan beton akan berkurang sebagai akibat retak ini, juga akibat kegagalan mencapai reaksi kimiawi penuh (Harahap, 2018). Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk perawatan (*curing*) pada beton, antara lain:

1. *Water (Standart Curing)*

Metode perawatan ini dilakukan dengan menggunakan air sebagai media dalam pelaksanaan. Beton direndam dalam air dengan suhu tertentu selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut (sebelum pengujian).

2. *Exposed Atmosfer*

Metode perawatan ini dilakukan dengan membiarkan beton setelah dilepas dari cetakan dalam ruangan berdasarkan suhu ruangan.

3. *Sealed* atau *Wrapping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah, *film plastic* atau kertas perawatan tanah air, agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (Perawatan Uap)

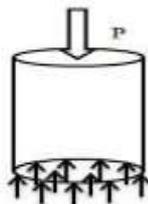
Metode perawatan ini dilakukan dengan uap. Metode ini umumnya digunakan untuk beton yang dihasilkan oleh pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80 - 150 C dengan tekanan udara 76 mmHg dan biasanya lama perawatan satu hari.

5. *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara ini dilakukan dengan memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, untuk mendapatkan beton mutu tinggi.

G. Kuat Tekan Beton

Tekanan dapat diartikan sebagai gaya tekan yang bekerja pada suatu satuan luas permukaan yang mengalami gaya tekan. Oleh karena itu, apabila sebuah gaya sebesar F yang bekerja pada sebuah bidang permukaan A (*area*), maka rumus dari tekanan adalah (Tipler, 1991 dalam (Hajrah et al., 2015)



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan

Sumber: (Pane et al., 2015)

$$f_c' = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan bahan (N/m^2)

F = Beban tekan maksimum/gaya tekan (N)

A = Luas bidang bahan (m^2)

Dalam satuan internasional, satuan tekanan adalah N/m^2 atau yang biasa juga dikenal dengan satuan Pascal (Pa). Satuan pascal merupakan tekanan yang dilakukan oleh gaya satuan newton pada

Kuat tekan merupakan sebuah parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi kekuatan atau kemampuan suatu material atau benda dalam menahan tekanan atau beban. Nilai kuat tekan pada beton perlu diketahui untuk mengetahui kekuatan maksimum dari suatu beton untuk menahan tekanan atau beban sampai retak dan pecah.

Berdasarkan nilai kuat tekannya, mutu beton dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Beton dengan mutu $f_c' < 10$ MPa

Beton jenis ini pada umumnya digunakan pada elemen yang bersifat non-struktural atau tidak digunakan pada elemen yang mengharuskan menahan beban yang besar. Beton ini biasanya digunakan untuk kolom praktis, kursi taman, dan lain-lain.

- b. Beton dengan mutu $f_c' 10-20$ MPa

Beton ini digunakan pada elemen yang bersifat structural untuk menahan beban yang besar. Beton ini biasanya digunakan pada kolom utama, balok, pondasi, dan sejenisnya.

- c. Mutu beton dengan $f_c' > 20$ MPa

Beton ini digunakan pada elemen yang bersifat structural yang disiapkan untuk bangunan agar dapat menahan gaya lateral. Mutu beton ini harus di atas 20 MPa mulai dari struktur bawah yang berupa pondasi hingga struktur atas yang berupa plat atap.

Menurut Tjikrodomuljo dalam (Simanjuntak & Saragi, 2015), jenis beton dapat dibedakan berdasarkan kuat tekannya, antara lain:

Tabel 10. Jenis beton berdasarkan nilai kuat tekannya

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

Sumber: (Simanjuntak & Saragi, 2015)

Adapun metode pengujian kuat tekan beton secara umum dilakukan dengan menggunakan dua cara, yaitu (Anistya, 2018):

- Uji merusak (*Destructive Test*)

Uji merusak adalah pengujian yang dilakukan dengan teknik merusak material benda uji, setelah itu akan nampak nilai atau informasi dari beton yang diuji. Adapun dalam pengujian *destructive test*, karena sifatnya merusak maka material yang telah diuji tidak dapat digunakan lagi. Alat yang biasanya digunakan dalam penelitian ini adalah *compressive testing machine*.

- Uji tanpa merusak (*Non Destructive Test*)

Uji tanpa merusak atau *non destructive test* merupakan pengujian yang dilaksanakan tanpa merusak material benda uji untuk mendapatkan informasi atau nilai. NDT pada umumnya digunakan untuk pengujian struktur pada bangunan gedung, jembatan, maupun dermaga. Pengujian NDT yang umum digunakan adalah dengan menggunakan *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPV)* dan *hammer test*. Pengujian ini dilakukan dengan mengandalkan gelombang *ultrasonic* yang akan merambat dalam struktur beton.

H. Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Sifat beton yang baik adalah beton yang memiliki kuat tekan yang tinggi yaitu berkisar antara 20 MPa hingga 50 MPa pada usia beton 28 hari, sehingga dapat dikatakan bahwa mutu beton dapat diasumsikan ditinjau berdasarkan kuat tekannya saja (Tjokrodimuljo, 1996). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain:

1. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen adalah ukuran kekuatan beton, sehingga faktor ini menjadi salah satu syarat utama dalam desain struktur beton pada umumnya. Biasanya faktor air semen ini dinyatakan dengan perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran (Nawy (1990) dalam (Pane et al., 2015).

Fungsi dari FAS adalah memungkinkan terjadinya reaksi kimia sehingga terjadi proses pengikatan dan pengerasan serta memudahkan dalam pengerjaan

beton (Arizki et al., 2015). Faktor air semen atau *water cement ratio* (*wcr*) juga merupakan salah satu faktor yang penting dalam pencampuran beton.

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.

2. Umur beton

Kekuatan dari sebuah beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya usia dari beton tersebut. Berikut ini adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan usia beton.

Tabel 11. Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur

Umur (hari)	3	7	14	21	28	90	365
PC biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35
PC dengan keekuatan awal tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.00	1.15	1.20

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1971)

3. Jenis dan jumlah semen

Pengaruh jenis dan jumlah semen dalam beton adalah campuran zat kimia dalam semen secara tidak langsung berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

4. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimum dari agregat (Tjokrodinuljo, 1996). Agregat yang mempunyai permukaan kasar menyebabkan terjadinya ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat yang digunakan, sedangkan pada agregat dengan ukuran permukaan yang besar dan permukaannya halus menyebabkan lekatan pasta semen menjadi kurang.

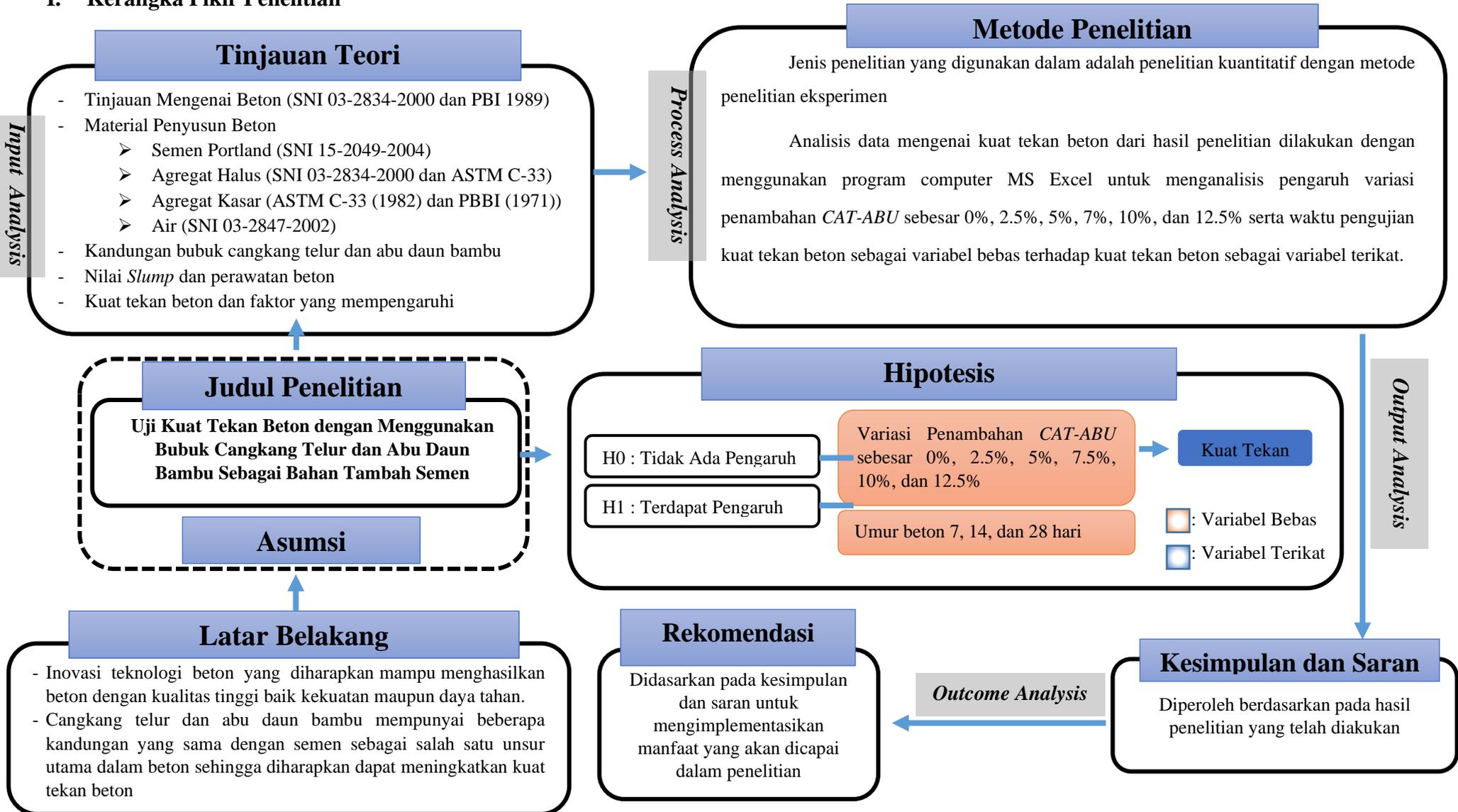
5. Efisiensi dari perawatan

Perawatan merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji. Perawatan yang tidak efisien menyebabkan kekuatan beton berkurang hingga 40% bila pengeringan diadakan sebelum waktunya.

6. Suhu

Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah seiring dengan penambahan suhu.

I. Kerangka Pikir Penelitian



J. Penelitian Terdahulu yang Relevan

- Penelitian Dahulu yang Relevan terkait dengan Penambahan Bubuk Cangkang Telur

Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
Yosefa Flaviana Zynthia Dewi, Hieryco Manalip, dan Reky S. Windah	2020	Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Nilai Kuat Tarik Belah Beton	Dalam penelitian menggunakan metode ACI 211.1-91 untuk perhitungan komposisi campuran. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm, sedangkan dalam pengujian kuat tarik lentur menggunakan benda uji ukuran 100x100x400 mm. Jumlah serbuk cangkang telur yang digunakan dengan menggunakan variasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%.	Hasil penelitian beton dengan substitusi parsial semen menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terdapat pada persentase SCT 5% yaitu sebesar 22.15 MPa.
Manis Syahwati dan Ade Sri Wahyuni		Pengaruh Variasi Persentase Bubuk cangkang telur sebagai Bahan Penambah Semen terhadap Kuat Tekan	Metode pembuatan dan pengujian kuat tekan dan absorpsi mortar mengacu pada SNI 03-6825-2002 dan SNI 15-2049-2004. Jumlah kubus mortar yang digunakan adalah 84 buah dengan dimensi 50 mm. setiap variasi memiliki 8 buah kubus mortar untuk kuat tekan dan 4 buah kubus mortar untuk absorpsi.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji mortar yang direndam selama 26 hari dan pengujian mortar dilakukan pada umur 28 hari menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mortar terbesar terjadi pada penambahan 12,5% bubuk

Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
		dan Absorpsi Mortar (Kajian Terhadap Adukan Mortar 1Pc : 3Ps)	Rentang nilai <i>initial flow</i> yang digunakan yaitu 105%-115%.	cangkang telur sebesar 13,49 MPa dengan persenttase kenaikan sebesar 22,04% dari mortar normal. Nilai absorpsi mortar terkecil terjadi pada penambahan 12,5% bubuk cangkang telur sebesar 8,76%.
George W.Y. Tumbel, Survie O. Dapas, dan Mielke R.I.A.J. Mondoringin	2020	Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton	Penelitian ini menggunakan Metode ACI 211.1-91 untuk perhitungan komposisi campuran beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm, sedang untuk pengujian kuat tarik lentur menggunakan benda uji ukuran 100x100x400 mm. Jumlah serbuk cangkang telur ayam yang digunakan sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%.	Hasil penelitian beton dengan substitusi parsial semen menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terdapat pada presentase SCT 5%, yaitu sebesar 22.15 MPa dan kuat tarik lentur optimum terdapat pada presentase SCT 2.5%, yaitu sebesar 5.57 MPa.

- Penelitian Dahulu yang Relevan terkait dengan Penambahan Abu Daun Bambu

Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
Anita Intan Nura Diana, Subaidillah Fansuri, dan Dwi Deshariyanto	2020	Penambahan Abu Daun Bambu sebagai Substitusi Material Semen terhadap Kinerja Beton	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beton normal mutu K-240 yang diberi abu daun bambu dengan variasi 0%, 3%, 5% dan 7% dari campuran semen. Pengujian kuat tekannya menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm pada umur 14 hari.	Hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan variasi campuran abu daun bambu terhadap kuat tekan. Variasi optimum terdapat pada proporsi campuran abu daun bambu pada persentase variasi 5% dan 7%.
Ida Ayu Made Budiwati, I Ketut Sudarsana, dan Dewa Ayu Retnoyasa Ulupie Mesi	2015	Pemanfaatan Abu Daun Bambu dalam Pembuatan Beton Ringan Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	Benda uji dibuat dengan bentuk silinder yang berukuran 15x30 cm. campuran beton ini dibuat sebanyak 4 variasi persentase abu daun bambu sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat semen. Perawatan beton dilakukan dengan perendaman dalam air selama 7 hari. Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas dilakukan pada saat beton berumur 28 dan 56 hari.	Penambahan 5% abu daun bambu pada pengujian umur beton 28 hari menunjukkan nilai yang optimum. Sedangkan beton tanpa substitusi abu daun bambu mengalami peningkatan pada umur 56 hari dibandingkan dengan umur 28 hari. Adapun sebaliknya nilai kuat tekan umur 56 hari mengalami penurunan dibandingkan dengan umur 28 hari pada substitusi 5%, 10%, dan 15% abu daun bambu terhadap berat semen.