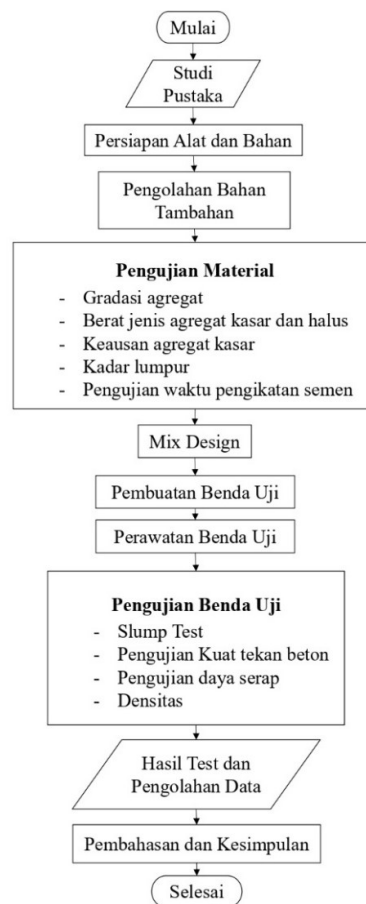


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif dengan metode penelitian ekperimental, sehingga dalam penelitian ini nantinya akan memiliki tujuan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah bahan penyusun beton, dan untuk variable terikatnya adalah uji kuat tekan dan uji daya serap air. Flowchart pembuatan beton dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Flowchart

3.2 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari studi literatur dari penelitian terdahulu, yang akan digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

3.3 Alat dan bahan

3.3.1 Alat penelitian

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan beton, alat ini memastikan takaran material yang akan digunakan sesuai dengan proporsi yang direncanakan. Timbangan terdapat pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Timbangan

2. *Oven*

Oven berfungsi sebagai tempat pengeringan bahan-bahan penyusun beton jika bahan yang akan digunakan bersifat basah. Oven terdapat pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 Oven

3. Sekop

Sekop berfungsi sebagai alat pencampur bahan penyusun beton dan berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan bahan penyusun beton. Sekop terdapat pada gambar 3.4



Gambar 3. 4 Sekop

4. Ember

Ember berfungsi sebagai wadah penampung bahan maupun air yang akan digunakan. Ember terdapat pada gambar 3.5



Gambar 3. 5 Ember

5. *Concrete mixer*

Alat ini berfungsi untuk mencampur adukkan semua bahan yang sudah ditimbang agar tercampur secara merata. Concrete mixer terdapat pada gambar 3.6



Gambar 3. 6 Concrete Mixer

6. Cetakan benda uji

Alat ini berfungsi sebagai bekisting atau cetakan supaya membentuk hasil yang diinginkan. Cetakan beton terdapat pada gambar 3.7



Gambar 3. 7 Cetakan Beton

7. Tongkat Besi

Dalam pembuatan beton tongkat besi berfungsi sama halnya dalam proses pada pengecekan slump beton, alat ini digunakan untuk memadatkan campuran dalam cetakan sehingga menjamin kekuatan dan kepadatan pada beton. Tongkat besi terdapat pada gambar 3.8



Gambar 3. 8 Tongkat Besi

8. *Digital compression machine*

Alat ini berfungsi untuk mengetahui kualitas tentang seberapa besar tekanan atau gaya maksimum yang dapat ditahan beton sebelum hancur. Alat digital compression machine terdapat pada gambar 3.9



Gambar 3. 9 *Digital compression machine*

9. *Sieve shaker*

Alat yang digunakan untuk menyaring atau memisahkan partikel berdasarkan ukuran butirannya seperti. Agar material yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang ada. Sieve shaker terdapat pada gambar 3.10



Gambar 3. 10 Sieve Shaker

10. Meteran

Alat-alat ini nantinya digunakan sebagai pembantu dalam proses pembuatan maupun pengujian beton. Meteran terdapat pada gambar 3.11



Gambar 3. 11 Meteran

11. Gelas ukur

Gelas ukur nantinya akan digunakan sebagai alat untuk mengetahui nilai kadar lumpur yang terkandung dalam pasir yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton. Gelas ukur terdapat pada gambar 3.12



Gambar 3. 12 Gelas ukur

12. Kerucut Abraham

Alat yang digunakan dalam pengujian konsistensi beton segar, khususnya untuk uji slump. Kerucut abraham terdapat pada gambar 3.13



Gambar 3. 13 Kerucut Abraham

13. Pelat Besi

Pelat besi digunakan sebagai alat untuk menahan beton saat melakukan pengujian slump. Pelat besi terdapat pada gambar 3.14



Gambar 3. 14 Pelat Besi

14. *Termometer*

Digunakan untuk mengukur suhu beton segar saat keluar dari mixer. Termometer terdapat pada gambar 3.15



Gambar 3. 15 Termometer

15. Palu

Palu digunakan untuk menggetarkan cetakan agar beton tidak terjadi segregasi didalam cetakan. Gambar palu terdapat pada gambar 3.16



Gambar 3. 16 Palu

16. 1 Set Kunci

Kunci digunakan untuk membuka dan menutup cetakan. Gambar kunci terdapat pada gambar 3.17



Gambar 3. 17 Kunci

17. *Los Angeles*

Alat ini digunakan untuk memeriksa keausan agregat kasar. Alat los angeles terdapat pada gambar 3.18



Gambar 3. 18 *Los Angeles*

18. *Sieve*

Sieve atau ayakan digunakan untuk menyaring seperti agregat halus, agregat kasar, dan bahan-bahan lainnya. Gambar saringan terdapat pada gambar 3.19



Gambar 3. 19 Saringan

19. Cawan

Cawan digunakan untuk menjadi tempat abu maupun serbuk kaca sebelum dicampur kedalam adonan beton. Cawan terdapat pada gambar 3.20



Gambar 3. 20 Cawan

20. *Vicat*

Alat ini digunakan untuk menguji konsistensi dan daya ikat semen. Alat vicat terdapat pada gambar 3.21



Gambar 3. 21 Vicat

21. Gerobak

Gerobak digunakan untuk mengangkut barang. Gerobak terdapat pada gambar 3.22



Gambar 3. 22 Gerobak

22. Mortar dan stamper.

Alat ini digunakan untuk menghaluskan bahan-bahan penyusun tambahan seperti juga kaca, agar bahan tersebut dapat halus dan lolos pada saat uji penyaringan. Mortar stamper terdapat pada gambar 3.23



Gambar 3. 23 *Mortar dan Stamper*

23. Tong Besi

Alat ini digunakan untuk membakar daun bambu yang sudah kering sehingga menjadi abu. Tong besi terdapat pada gambar 3.24



Gambar 3. 24 Tong Besi

3.3.2 Bahan penelitian

1. Semen

Dalam pembuatan beton semen adalah komponen yang sangat penting. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat agregat sehingga membuat beton menjadi kuat. Semen yang akan digunakan nantinya adalah semen gresik. Semen terdapat pada gambar 3.25



Gambar 3. 25 Semen Gresik

2. Pasir

Pasir memiliki peran penting yaitu sebagai bahan pengisi atau yang biasa disebut agregat halus. Pasir terdapat pada gambar 3.26



Gambar 3. 26 Pasir

3. Agregat Kasar

Agregat kasar dalam campuran beton berfungsi sebagai kerangka utama yang memberikan kekuatan tekan dan kestabilan dimensi pada beton. Dengan proporsi sekitar 60 hingga 70 persen dari total volume beton, agregat kasar mampu menahan beban tekan secara langsung dan membantu beton mencapai kekuatan rencana. Kerikil terdapat pada gambar 3.27



Gambar 3. 27 Kerikil

4. Air

Air berfungsi sebagai bahan pencampur antara semen, agregat kasar, dan agregat halus. Air terdapat pada gambar 3.28



Gambar 3. 28 Air

5. Serbuk kaca

Dikarenakan kaca memiliki kandungan silika yang sangat tinggi, kaca dapat berfungsi sebagai bahan perekat tambahan seperti semen sehingga dapat mengurangi kebutuhan semen yang akan dipakai. Serbuk kaca terdapat pada gambar 3.29



Gambar 3. 29 Serbuk Kaca

6. Daun Bambu

Daun Bambu digunakan sebagai material substitusi semen karena dinilai memiliki kandungan silika yang berperan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan beton. Daun bambu terdapat pada gambar 3.30



Gambar 3. 30 Abu daun bambu

3.4 Prosedur

3.4.1 Pengolahan serbuk kaca

Penelitian ini menggunakan serbuk kaca dari pembelian serbuk kaca dari aplikasi *e-commerce shopee*. Serbuk kaca yang sudah halus disaring dengan menggunakan ayakan nomor 200 agar memiliki ukuran yang sama dengan material semen. Proses penyaringan serbuk kaca dapat dilihat pada gambar 3.31



Gambar 3. 31 Penyaringan serbuk Kaca

3.4.2 Pengolahan daun bambu

Penelitian ini menggunakan daun bambu yang berasal dari pohon bambu yang tumbuh disekitar rumah. Langkah awal untuk menjadikan daun bambu sebagai substitusi semen dengan cara menjemur daun bambu yang masih basah sampai mengering, kemudian dilakukan proses pembakaran pada daun bambu yang sudah kering hingga menjadi abu, setelah menjadi abu lalu akan dilakukan penyaringan hingga lolos pada saringan nomor 200. Proses pembakaran daun bambu dapat dilihat pada gambar 3.32



Gambar 3. 32 Pembakaran Abu

3.4.2 Pengujian material

1. Pengujian Gradasi Agregat

Prosedur pengujian gradasi agregat halus ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 dan ASTM C136-01 (Badan Standarisasi Nasional, 2012), dengan cara pelaksanaan adalah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan sampel agregat halus yang akan digunakan. Timbang agregat sebanyak 1000 gr. Proses penimbangan dapat dilihat pada gambar 3.33



Gambar 3. 33 Penimbangan Pasir

- b) Keringkan sampel agregat halus pada oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. proses pengeringan dapat dilihat pada gambat 3.34



Gambar 3. 34 Proses Oven

- c) Susun saringan secara berurutan mulai dari ukuran terbesar pada paling atas hingga ukuran paling kecil berada dipaling bawah. Proses penyusunan saringan dapat dilihat pada gambar 3.35



Gambar 3. 35 Penyusunan Saringan

- d) Kemudian masukkan sampel agregat halus ke dalam saringan, dan lakukan penggoncangan menggunakan mesin selama 15 menit. Proses penyaringan dapat dilihat pada gambar 3.36



Gambar 3. 36 Proses Penyaringan

- e) Setelah penyaringan selesai, kemudian dilakukan penimbangan pada sampel yang tertahan di setiap saringan. Proses penimbangan dapat dilihat pada gambar 3.37



Gambar 3. 37 proses penimbangan

- f) Menghitung presentase berat sampel pada setiap saringan dan menghitung berat kumulatif, memploting hasil pada grafik dan menghitung modulus kehalusan, dengan rumus perhitungan modulus kehalusan dan persentase kehilangan berat agregat pada persamaan 3.1 dan 3.2:

Modulus kehalusan:

$$FM = \frac{\text{Jumlah sisa agregat diatas saringan } \emptyset 0,15}{100} \dots\dots\dots(3.1)$$

Persentase kehilangan berat agregat:

Kehilangan Berat = *Berat awal – berat setelah pengujian*

$$\text{Persentase} = \frac{\text{kehilangan berat}}{\text{berat awal}} \times 100 \dots\dots\dots(3.2)$$

2. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian berat jenis agregat bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik agregat yang digunakan dalam beton, terutama terkait nilai berat jenis. Parameter yang diamati pada pengujian ini meliputi berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan berat jenis semu (*apparent*) dari agregat kasar. Hasil dari pengujian ini berisافت penting untuk menentukan kadar campuran pada beton, sehingga perhitungan proporsi pada beton didapatkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi. Berdasarkan ASTM D-127-68 langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

- a) Bersihkan benda uji dengan cara mencuci benda uji untuk menghilangkan debu maupun partikel kotoran lain yang menempel pada permukaan benda uji. Pencucian benda uji dapat dilihat pada gambar 3.38



Gambar 3. 38 Poses Pencucian

- b) Benda uji yang telah dicuci kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C hingga mencapai kondisi berat konstan.. Pengeringan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.39



Gambar 3. 39 Proses Pengeringan

- c) Benda uji yang telah dikeringkan dengan oven kemudian dikeluarkan dan didinginkan pada suhu ruang selama 1 s/d 3 jam, setelah itu dilakukan penimbangan dengan Tingkat ketelitian 0,3 gram (BK). Proses penimbangan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.40



Gambar 3. 40 Proses Penimbangan

- d) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam. Proses perendaman dapat dilihat pada gambar 3.41



Gambar 3. 41 Prosea Perendaman

- e) Benda uji yang telah direndam kemudian dikeluarkan dari air, dikeringkan menggunakan kain penyerap hingga lapisan air pada permukaannya hilang (kondisi SSD). Untuk benda uji berukuran besar, proses pengeringan dapat dilakukan secara satu per satu. Benda uji yang sudah kering dapat dilihat pada gambar 3.42



Gambar 3. 42 Benda Uji Kering

- f) Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j). Penimbangan dapat dilihat pada gambar 3.43



Gambar 3. 43 Penimbangan Benda Uji

- g) Tahap berikutnya Adalah meletakkan benda uji ke dalam keranjang penimbangan. Keranjang digoyangkan agar udara yang terjebak di antara butiran agregat dapat keluar. Setelah itu, tentukan berat benda uji di dalam air (B_a) dan catat suhu air disesuaikan dengan standar suhu yaitu 25°C . penimbangan dalam air dapat dilihat pada gambar 3.44



Gambar 3. 44 Penimbangan Di dalam Air

- h) Kemudian berat jenis dihitung dengan persamaan 3.3

$$\text{Berat jenis} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots 3.3$$

B_k = berat benda uji kering (gr)

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gr)

3. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian berat jenis agregat bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik agregat yang digunakan dalam beton, terutama terkait nilai berat jenis.

Parameter yang diamati pada pengujian ini meliputi berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan berat jenis semu (*apparent*) dari agregat halus, yang bertujuan untuk mengetahui berapa besar penyerapan agregat terhadap air dan besarnya nilai factor air semen (FAS) dalam campuran beton, sehingga dapat ditemukan volume agregat dan semen yang efisien sesuai spesifikasi. Berdasarkan ASTM D-128-68 langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a) Tahap pertama adalah mengeringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu 105°C hingga mencapai berat konstan. Berat konstan ditentukan melalui tiga kali penimbangan setelah proses pemanasan dengan interval dua jam, dimana hasilnya menunjukkan perbedaan kadar air kurang dari 0,1%. Pengeringan pasir dapat dilihat pada gambar 3.45



Gambar 3. 45 Pengeringan Pasir

- b) Kemudian rendam pasir dalam air selama 24 jam. Perendaman pasir dapat dilihat pada gambar 3.46



Gambar 3. 46 Proses Perendaman

- c) Setelah proses perendaman selesai, keluarkan air rendaman dengan perlahan agar butiran agregat tidak ikut terbang. Agregat kemudian diratakan di atas talam dan dikeringkan dengan udara panas dengan dibalik secara berkala hingga mencapai kondisi jenuh kering permukaan (SSD). Benda uji yang sudah kering dapat dilihat pada gambat 3.47



Gambar 3. 47 Benda Uji Kering

- d) Jika keadaan permukaan jenuh tercapai, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer. Pengisian pasir dapat dilihat pada gambar 3.48



Gambar 3. 48 Pengisian Pasir

- e) Isi piknometer menggunakan air suling hingga mencapai sekitar 90% volumenya, kemudian putar dan kocok perlahan sampai seluruh gelembung udara didalamnya hilang. Pengisian air dapat dilihat pada gambar 3.49



Gambar 3. 49 pengisian air

- f) Rendam pasir dengan air pada piknometer, hingga air mencapai garis batas pada picnometer. Perendaman pasir dapat dilihat pada gambar 3.50



Gambar 3. 50 Perendaman Pasir

- g) Keluarkan benda uji, lalu keringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C hingga mencapai berat tetap. Pengeringan pasir dapat dilihat pada gambar 3.51



Gambar 3. 51 Pengeringan Pasir

- h) Setelah benda uji dingin timbanglah berat jenis dengan persamaan 3.4

$$\text{Berat jenis} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \dots\dots\dots(3.4)$$

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat Píknometer berisi air (gr)

Bt = Berat Píknometer berisi benda uji dan air (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

4. Pemeriksaan Keausan Agregat

Pemeriksaan tingkat keausan agregat dilakukan dengan membandingkan berat butiran hasil pengujian aus yang lolos saringan no 12 terhadap berat awal material. Berikut prosedur pengujian keausan agregat:

- a) Ambil gradasi bahan yang lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm sebanyak 5 kg. Proses penimbangan bahan dapat dilihat pada gambar 3.52



Gambar 3. 52 Persiapan Bahan

- b) Masukkan benda uji dan bola baja ke dalam mesin los angeles. Proses pencampuran benda uji dan bola baja dapat dilihat pada gambar 3.53



Gambar 3. 53 Pencampuran Bahan

- c) Nyalakan mesin pengan putaran sebanyak 500 putaran dengan kecepatan 30 s/d 33 rpm.. Proses pemutaran dapat dilihat pada gambar 3.54



Gambar 3. 54 Pemutaran Mesin

- d) Keluarkan benda uji dan saring hasil pengujian menggunakan saringan no 12. Butiran yang tertahan di atas saringan no 12 selanjutnya dicuci hingga bersih dan dikeringkan menggunakan oven sampai mencapai berat tetap. Proses penyaringan dapat dilihat pada gambar 3.55



Gambar 3. 55 Penyaringan

- e) Lakukan perhitungan keausan agregat dengan persamaan 3.5

$$\text{Keausan agregat} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

a = berat benda uji semula

b = berat benda uji tertahan no 12 gram

5. Pengujian Kadar Lumpur

Kandungan lumpur pada agregat halus diperiksa dengan menggunakan metode kocokan. Berdasarkan SK SNI S-04-1998-F agregat halus untuk bahan

bangunan sebaiknya tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Adapun langkah pengujian kandungan lumpur pada agergat halus adalah sebagai berikut:

- a) Siapkan alat dan bahan berupa gelas ukur, dan pasir kering. Proses persiapan alat dapat dilihat pada gambar 3.56



Gambar 3. 56 Persiapan Alat

- b) Masukkan pasir kedalam gelas ukur hingga setinggi 130 cc. Proses pengisian pasir dapat dilihat pada gambar 3.57



Gambar 3. 57 Pengisian Pasir

- c) Tambahkan air sampai ketinggian 250 cc kedalam gelas ukur yang telah terisi oleh pasir. Proses pengisian air dapat dilihat pada gambar 3.58



Gambar 3. 58 Pengisian Air

- d) Tutup lubang gelas ukur dan kocok sebanyak 60 kali. Proses pencampuran dapat dilihat pada gambar 3.59



Gambar 3. 59 Pencampuran Pasir

- e) Setelah pengocokan selesai, diamkan gelas ukur ditempat yang datar selama 24 jam . proses pemisahan lumpur dapat dilihat pada gambar 3.60



Gambar 3. 60 Pemisahan Lumpur

- f) Kemudian setelah agregat dan lumpur telah terpisah, lakukan pengamatan dan perhitungan kandungan lumpur dari hasil pengujian tersebut. Dengan rumus 3.6 dan 3.7:

$$h_1(\text{tinggi lumpur}) = h_{t2} - h_p \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\text{Kandungan kadar lumpur} = \frac{h_1}{h_{t1}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

h_1 = tinggi lumpur

h_{t1} = tinggi total pasir + lumpur sebelum kocokan

h_{t2} = tinggi total pasir + lumpur setelah kocokan

h_p = tinggi pasir

6. Pengujian waktu pengikatan semen

Waktu ikat semen merupakan komponen yang perlu diketahui dalam pembuatan beton. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 adapun langkah pengujian waktu ikat semen adalah sebagai berikut:

- a) Siapkan alat dan bahan berupa gelas ukur, semen, air, timbangan, dan alat vicat. Proses penimbangan semen dapat dilihat pada gambar 3.61



Gambar 3. 61 Penimbangan Semen

- b) Memulai dengan membuat pasta semen. Masukkan semen sebanyak 300gram dan masukkan air sebanyak 28% dari berat semen, kemudian diaduk hingga mencampur. Penyiapan pasta semen dapat dilihat pada gambar 3.62



Gambar 3. 62 Pencampuran Bahan

- c) Mencetak pasta semen pada alat vicat. Proses awal dengan membentuk pasta semen menjadi bentuk bola dengan tangan dengan cara melemparkan

pasta semen sebanyak 6 kali dari tangan satu ketangan lainnya, setelah membuat adonan menjadi bola masukkan adonan kedalam cincin ebonit. Proses mencetak dapat dilihat pada gambar 3.63



Gambar 3. 63 Mencetak Adonan

- d) Haluskan dan ratakan permukaan pasta semen. Kemudian tempelkan jarum peluncur pada permukaan pasta dan lepaskan batang peluncur selama 30 detik. Proses peluncuran dapat dilihat pada gambar 3.64



Gambar 3. 64 Peluncuran Jarum

- e) Lakukan penetrasi dengan jarum diameter 1 mm dan setiap 15 menit berikutnya sampai mencapai penetrasi (25 ± 1) mm

3.4.3 Job Mix Design

Job mix design merupakan peroses pernacangan komposisi campuran bahan dalam pembuatan beton agar campuran yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria mutu, kekuatan, ketahanan, *workability*, dan nilai ekonomis. Pada penelitian ini terdapat 9 perencanaan beton, yaitu beton normal, beton dengan substitusi parsial semen

menggunakan abu daun bambu sebesar 0%, 10%, dan 15%. dan serbuk kaca sebesar 0%, 10%, dan 20%. Bahan rancangan campur yang diperlukan pada penelitian ini yaitu, pasir, kerikil, air, semen, abu daun bambu, dan serbuk kaca.

Benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini berupa beton bentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, yang menggunakan perbandingan komposisi bahan 1 (semen) : 2,03 (pasir) : 3,2 (kerikil) dengan nilai faktor air semen sebesar 0,595. Serta menggunakan abu daun bambu dan bubuk serbuk kaca sebagai substitusi parsial pada semen. Adapun proporsi bahan pada setiap benda uji akan ditunjukkan pada tabel 3.1 :

Tabel 3. 1 Proporsi Bahan Variasi Benda Uji

Jobmix Variation			
No	Glass Powder	Bamboo Leaf Ash	Code
1	0%	0%	GP 0 BLA 0
2		10%	GP 0 BLA 10
3		15%	GP 0 BLA 15
4	10%	0%	GP 10 BLA 0
5		10%	GP 10 BLA 10
6		15%	GP 10 BLA 15
7	20%	0%	GP 20 BLA 0
8		10%	GP 20 BLA 10
9		15%	GP 20 BLA 15

Setelah menentukan presentase penggunaan, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan jobmix beton. Jobmix berdasarkan SNI 7656:2012:

Pengaturan campuran percobaan (trial mixed)

Proporsi campuran yang diperoleh melalui hasil perhitungan, perlu divalidasi melalui pembuatan beton percobaan yang disiapkan dan diuji sesuai dengan kondisi di lapangan. Air yang digunakan disesuaikan agar nilai slump sesuai dengan yang dipersyaratkan. Hasil campuran kemudian diuji meliputi berat isi, volume campuran yang dihasilkan, serta kadar udara. Selain itu, sifat kemudahan pengerjaannya, kestabilan terhadap segregasi, dan kemudahan penyelesaian (*finishing*) juga perlu untuk diamati. Pembuatan trial mixed dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Trial Mix

No	Uraian	Tabel / Grafik	Nilai / Hasil	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	20, umur 28 hari k:1.34	MPa
2	Deviasi Standar	Data atau ditetapkan	5,6	MPa
3	Nilai tambah (margin)	1.34 x deviasi	7,504	MPa
4	Kuat rata-rata yang ditargetkan	1 + 3 1 - 4	12,74 - 27,26	MPa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PCC Tipe 1	
6	Jenis Agregat : Kasar Halus	Ditetapkan	Pecah Alami	
7	Rasio Air Semen	Tabel D-1 SNI 7656-2012	0,595	
8	Rasio Air Semen Maksimum	-	-	
9	Target Slump	Tabel 1 SNI 7656-2012	100-140	mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Data Agregat	25	mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 2 SNI 7656-2012	202	Kg/m ³
12	Jumlah Semen	11 : 7	339,5	Kg/m ³
Dengan Volume Absolut				
13	Semen	Jumlah semen : Berat jenis semen	0,108	m ³
14	Bahan Tambahan Mineral	-	-	m ³
15	Air	Kadar Air Bebas : Berat Jenis Air	0,202	m ³
16	Kadar Udara	Ditetapkan 1,5 %	0.015	m ³
Total			0,325	m ³
17	Total Volume Agregat	1 - Total	0,675	m ³
18	Volume Agregat Halus	Perbandingan agregat halus X Total agregat	0,270	m ³
19	Berat Agregat	Volume agregat halus X Berat jenis	686	Kg/m ³
20	Volume Agregat Kasar	Perbandingan agregat kasar X Total agregat	0,405	m ³
21	Berat Agregat Kasar	Volume agregat kasar X Berat jenis	1104,4	Kg/m ³
22	Bahan Tambahan Mineral	Tidak Digunakan	-	
23	Berat Jenis Beton	Ditetapkan	2400	Kg/m ³

Setelah perhitungan trial mix dengan acuan SNI 7656-2012 dilakukan perhitungan untuk koreksi kadar air seperti pada tabel 3.3

Tabel 3. 3 perhitungan setelah koreksi kadar air

Proporsi campuran (jumlah): 1 m ³ ,	Setelah koreksi kadar air
Semen : 339,5 kg	339,5 kg
Pasir : 686 kg	-0,80% = 689,457 kg
Kerikil : 1104,4 kg	+0,50 % = 1095,56 kg
Air : 202 kg	+26 kg = 268 kg

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan untuk membuat benda uji dalam laboratorium disesuaikan dengan volume cetakan yang ada seperti perhitungan pada tabel 3.4

Tabel 3. 4 perhitungan proporsi campuran cetakan silinder

Proporsi Campuran: Cetakan Silinder, volume: 5031,43 cm ³ = 0,0053m ³	
Semen : 1,80 kg	
Pasir : 3,66 kg	
Kerikil : 5,81 kg	
Air : 1,21 kg	

Setelah menghitung kebutuhan trial mix, maka kebutuhan bahan untuk membuat benda uji dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3. 5 Rekapitulasi Kebutuhan Bahan Benda Uji

Nama	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)	Abu daun bambu (kg)	Serbuk kaca (kg)	Jumlah Benda Uji
GP0 BLA0	1,80	3,66	5,81	1,21	0	0	6
GP0 BLA10	1,62	3,66	5,81	1,37	0,168	0	6
GP0 BLA15	1,53	3,66	5,81	1,43	0,252	0	6
GP10 BLA0	1,62	3,66	5,81	1,26	0	0,168	6
GP10 BLA10	1,44	3,66	5,81	1,35	0,168	0,168	6

Nama	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)	Abu daun bambu (kg)	Serbuk kaca (kg)	Jumlah Benda Uji
GP10 BLA15	1,35	3,66	5,81	1,41	0,252	0,168	6
GP20 BLA0	1,44	3,66	5,81	1,26	0	0,335	6
GP20 BLA10	1,26	3,66	5,81	1,40	0,168	0,335	6
GP20 BLA15	1,17	3,66	5,81	1,46	0,252	0,335	6

3.4.4 Pembuatan benda uji

1. Tahapan pertama dalam pembuatan beton adalah mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan seperti: semen, pasir, kerikil, serbuk abu daun bambu, serbuk kaca, dan air. Proses persiapan bahan seperti penimbangan kerikil dapat dilihat pada gambar 3.65



Gambar 3. 65 Persiapan Bahan

2. Kemudian setelah bahan dan alat telah siap maka akan dilakukan proses pencampuran bahan menggunakan alat *concrete mixer* hingga semua bahan tercampur. Proses pencampuran bahan dapat dilihat pada gambar 3.66



Gambar 3. 66 Pencampuran Bahan

3. Ketika bahan sudah tercampur rata, selanjutnya siapkan cetakan yang sudah dilumasi minyak bekisting untuk mencetak benda uji. Proses pelumasan bekisting dilakukan pada semua sisi bekisting hingga semua terolesi dengan rata menggunakan oli seperti dilihat pada gambar 3.67



Gambar 3. 67 Pelumasan Bekisting

4. Dalam proses memasukkan adonan beton kedalam cetakan dilakukan proses pemadatan dengan alat tongkat besi. Proses pemadatan dilakukan sebanyak 3 kali dan setiap pemadatan dilakukan minimal 25 penusukan. Proses pemadatan dapat dilihat pada gambar 3.68



Gambar 3. 68 Proses Pemadatan

5. Setelah proses pencetakan, benda uji dibiarkan hingga mengeras kurang lebih selama 24 jam. Jika sudah mengeras benda uji dapat dilepas dari cetakan lalu dilakukan proses curing selama 28 hari hingga dilakukan pengujian benda uji. Proses curing beton dapat dilihat pada gambar 3.69



Gambar 3. 69 Curing Beton

3.5 Pengujian Benda Uji

3.5.2 Kuat tekan

Pengujian kuat tekan beton dengan *compression test machine* ini dilakukan ketika benda uji telah melalui curing selama 14 dan 28 hari. Adapun prosedur pengujian kuat tekan beton menggunakan *compression test machine* berdasarkan SNI 1974-2011 adalah sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan benda uji dan peralatan yang akan digunakan untuk pengujian. Mengambil benda uji dari bak curing dan dilakukan pembersihan benda uji dari kotoran yang menempel menggunakan kain. Proses pembersihan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.70



Gambar 3. 70 Pembersihan Benda Uji

- 2) Menimbang berat dan mengukur benda uji supaya diameter dan berat benda uji tidak berbeda lebih dari 2% dengan benda uji yang lain. Penimbangan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.71



Gambar 3. 71 Penimbangan benda uji

- 3) Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris dan lakukan verifikasi nilai nol pada mesin supaya nilai hasil kuat tekan mendapat nilai yang akurat. proses peletakan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.72



Gambar 3. 72 Peletakan Benda Uji

- 4) Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban secara konstan, hingga benda uji mengalami kerusakan atau hancur. Proses pengetesan kuat tekan dapat dilihat pada gambar 3.73



Gambar 3. 73 Pengujian kuat tekan

- 5) mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji
- 6) melakukan perhitungan kuat tekan setiap benda uji. Perhitungan kuat tekan menggunakan rumus 3.8:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (3.8)$$

Keterangan:

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm²)

3.5.3 Daya serap

Pada pengujian daya serap pada beton ini mengacu pada ketentuan SNI 03-0349-1989 tentang beton untuk dinding. Berikut adalah langkah- langkah pengujian daya serap pada beton:

- a) Siapkan benda uji yang akan digunakan dengan merendam benda uji pada dalam air bersih bersuhu ruang selama 24 jam. Proses perendaman dapat dilihat pada gambar 3.74



Gambar 3. 74 Proses Perendaman

- b) Setelah 24 jam benda uji yang direndam kemudian diangkat dan ditiriskan selama ± 1 menit. Proses penirisan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.75



Gambar 3. 75 Penirisan Benda Uji

- c) Lakukan pengelapan benda uji menggunakan kain lembab untuk menghilangkan kelebihan air pada permukaan beton. Proses pengelapan dapat dilihat pada gambar 3.76



Gambar 3. 76 Pengelapan Benda Uji

- d) Timbang benda uji basah dan catat berat benda uji sebagai berat basah (A). Penimbangan benda uji saat basah dapat dilihat pada gambar 3.77



Gambar 3. 77 Penimbangan Benda Uji dalam Keadaan Basah

- e) Benda uji yang telah ditimbang kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai beratnya konstan (selisih dua kali penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 0,2% dari penimbangan sebelumnya). Proses penimbangan saat keadaan kering dapat dilihat pada gambar 3.78



Gambar 3. 78 Penimbangan Benda Uji dalam Keadaan Kering

- f) Mencatat berat setelah dilakukan pengeringan dengan dicatat sebagai berat kering (B)
- g) Dilakukan perhitungan daya serap air pada benda uji menggunakan rumus perhitungan 3.9:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

A = Berat Basah

B = Berat Kering

3.5.4 Uji Slump

Untuk mengetahui tingkat kelecakan pasta beton dengan memperoleh nilai slump diambil dari beton segar, pengujian slump didasarkan pada SNI 03-1972-1990 .

Berikut langkah-langkah untuk mengambil nilai slump :

- a) Siapkan cetakan slump seperti kerucut abraham dan tongkat besi. Kemudian basahi cetakan menggunakan kain basah. Alat cetakan slump dapat dilihat pada gambar 3.79



Gambar 3. 79 kerucut abraham

- b) Letakkan cetakan diatas plat. Proses peletakan cetakan dapat dilihat pada gambar 3.80



Gambar 3. 80 Peletakan Cetakan

- c) Isi cetakan secara bertahap dengan 3 kali pengisian hingga penuh, dengan tiap tahapan mengisi kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan, setiap tahapan ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Proses pengisian cetakan dapat dilihat pada gambar 3.81



Gambar 3. 81 Pengisian Cetakan

- d) Setelah cetakan terisi penuh, ratakan permukaan benda uji menggunakan tongkat besi, serta membersihkan sisa benda uji yang terjatuh, kemudian angkat cetakan secara perlahan tegak lurus keatas. Proses perataan cetakan dapat dilihat pada gambar 3.82



Gambar 3. 82 perataan permukaan

- e) Letakkan cetakan disamping benda uji dengan posisi terbalik. Kemudian ukur nilai slump yang terjadi, dengan menghitung selisih tinggi cetakan dengan benda uji. Proses pengukuran slump dapat dilihat pada gambar 3.83



Gambar 3. 83 Pengukuran Slump

3.5.5 Densitas

Pengujian densitas pada beton ini mengacu pada ASTM C 134-95. Berikut prosedur pengujian pada beton:

1. Mengukur panjang dan lebar pada setiap benda uji menggunakan meteran. proses pengukuran diameter dapat dilihat pada gambar 3.84



Gambar 3. 84 pengukuran diameter

2. Mengukur ketebalan dari masing-masing benda uji, lakukan pengukuran dibagian tengah sisi benda uji. Proses pengukuran ketebalan dapat dilihat dari gambar 3.85



Gambar 3. 85 pengukuran ketebalan

3. Keringkan benda uji di oven pada suhu 110°C, kemudian tunggu hingga benda uji mendingin, setelah itu timbanglah benda uji dan catat beratnya. Proses penimbangan dapat dilihat pada gambar 3.86



Gambar 3. 86 penimbangan benda uji

4. Dilakukan perhitungan densitas dengan rumus 3.10

$$p = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (3.10)$$

P : Densitas (gr/cm³)

m: Massa Sampel (gr)

V: Volume (cm³)

3.6 Rencana output

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi inovasi dalam upaya pemanfaatan limbah serbuk kaca dan abu daun bambu sebagai bahan substitusi pada pembuatan beton sesuai dengan SNI 7656:2012. Dengan demikian penelitian ini tidak hanya meningkatkan nilai tambah pada limbah tetapi juga mendukung pembangunan berkelanjutan dan ramah lingkungan. Adapun rencana output dari penelitian ini adalah, Hak kelayakan intelektual, publikasi jurnal ilmiah, dan prototipe dari produk beton dengan substitusi parsial semen menggunakan limbah serbuk kaca dan abu daun bambu.