

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Berbagai inovasi dalam bidang teknologi beton dikembangkan guna menghasilkan material beton yang instan, dan ramah lingkungan. Seiring dengan berjalannya waktu banyak terdapat bangunan-bangunan yang perlu perbaikan atau renovasi. Salah satu penyebabnya adalah umur bangunan yang tua. Maka perlu adanya pembongkaran sebagian atau seluruh konstruksi bangunan sesuai dengan keinginan dari pemilik bangunan. Dalam pelaksanaan pembongkaran ini nantinya banyak terdapat material-material yang sudah tidak diperlukan kembali atau dapat disebut limbah bangunan. Limbah bangunan ini banyak digunakan sebagai bahan urugan yang mana dari segi nilai ekonomi mempunyai nilai rendah (Indra Kusumawardhana, Mochamad Teguh 2022).

Agregat adalah salah satu bahan material pembentuk beton yang mempunyai komposisi terbesar dalam campuran beton, banyaknya jumlah penggunaan beton di dalam konstruksi mengakibatkan adanya peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu penambangan batuan sebagai salah satu bahan pembentuk beton secara besar-besaran. Hal ini menyebabkan turunnya jumlah sumber alam yang tersedia bagi keperluan pembetonan.

Limbah beton yang dibiarkan tanpa ada penanganan akan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Pembuangan limbah memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar yang umum digunakan yaitu kerikil untuk pembuatan beton normal. Beton

campuran agregat kerikil dan pecahan batu alam andesit mencapai kuat tekan karakteristik yang diisyaratkan yaitu 225 kg/ cm<sup>2</sup>. Pemanfaatan Pecahan Beton Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Sebagai Campuran Beton K-250 Kg/cm<sup>2</sup>. Pembahasan tersebut diatas menjadi dasar pemikiran bagaimana penggunaan limbah beton dengan memanfaatkan agregat kasar dari bongkahan bangunan yang ditumbuk menjadi material daur ulang untuk disubstitusikan kedalam campuran beton.

Beton memiliki banyak jenis modifikasi salah satu modifikasi campuran beton yaitu beton serat. Banyak jenis serat yang dapat digunakan antaranya serat alami dan serat sintesis, contoh serat alami adalah serat bambu, serat daun oandan, serat ijuk, dan lain-lain. Sedangkan serat sintesis antara lain serat baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), kaca (*glass*) dan karbon (*carbon*). Penambahan serat alami (*natural fiber*), khususnya serat bambu menjadi pilihan karena merupakan hasil alam yang mudah dibudidayakan. Bambu memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak mengalami korosi, relatif murah, dan sifat kembang susut yang rendah. Serat bambu merupakan salah satu jenis serat alami yang dapat digunakan sebagai campuran beton dan sampai saat ini masih dalam penelitian untuk pembuatan beton struktur dalam jangka waktu yang lama (Heryah Ramadani 2019).

Penggunaan serat bambu sebagai bahan serat beton didasarkan pada pertimbangan bahwa kuat tariknya cukup tinggi, pembuatan dari bahan baku menjadi serat cukup mudah, serta populasi bambu yang cukup banyak dan tersebar sehingga mudah diperoleh. Meskipun jarang dibudidayakan secara khusus, namun banyak tumbuh di lahan-lahan liar seperti di tepi sungai, tebing-tebing dan

sebagainya. (Ma'ruf dkk, 2015). Serat alami seperti halnya serat alami dari bambu memiliki kerapatan rendah, harga relatif murah dan konsumsi energi rendah, serta dapat menetralkan CO<sub>2</sub> dan memproduksi O<sub>2</sub> tiga kali lebih banyak dari tanaman lainnya. Hal yang paling istimewa serat bambu mempunyai daktilitas yang tinggi selain kekuatan yang dapat dibandingkan dengan material seperti baja. Penggunaan bambu sebagai material struktur sangat tepat karena bambu cukup ringan dan lentur sehingga bangunan dari struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap gempa (Heryah, 2019).

Beberapa penelitian telah dilakukan di laboratorium ini, namun yang menjadi permasalahan yaitu banyaknya limbah beton hasil penelitian sebelumnya yang menumpuk di sekitaran laboratorium. Hal ini dikarenakan sulitnya mencari lokasi pembuangan dan kurangnya pengetahuan mengenai pengolahan limbah beton. Limbah beton jika dibiarkan terus menumpuk dapat berdampak pada lingkungan sekitar. Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk memanfaatkan atau mendaur ulang limbah sisa beton yang dihasilkan dari suatu aktifitas pembongkaran atau pengadaan konstruksi sebagai agregat alternatif yang dapat menggantikan sebagian atau seluruh agregat alam di dalam campuran beton dengan penambahan serat alam, serat alam banyak dan mudah didapatkan. Salah satunya dengan menggunakan serat bambu karena bambu mudah tumbuh, umur tumbuh relative cepat dan banyak dijumpai. Keunggulan bambu sebagai bahan konstruksi adalah memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi tetapi ringan serta cepa dan mudah dalam pengerjaan.

Dari pemaparan yang telah dijelaskan sebelumnya, Oleh sebab itu peneliti menggunakan limbah beton dan serat bambu sebagai bahan tambahan dalam penelitian ini dan termasuk bahan alami. Bambu sangat mudah ditemukan di wilayah Indonesia, mudah ditanam, tidak perlu perawatan khusus, dan dapat tumbuh dengan cepat, sehingga harga material bambu relatif lebih murah.

Dari beberapa uraian yang telah dibahas diatas, Melatar belakangi penulis untuk mengambil penelitian mengenai **“Studi Eksperimental Penggunaan Serat Bambu Pada Beton Daur Ulang Untuk Meningkatkan Kinerja Beton”**.

### **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh substitusi limbah beton dengan penambahan serat bambu terhadap workability?
2. Bagaimana pengaruh substitusi limbah beton terhadap karakteristik beton (kuat tekan, tarik belah, dan kuat lentur) akibat variasi dari penambahan serat bambu pada beton?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh substitusi limbah beton dengan penambahan serat bambu terhadap workability
2. Mengetahui pengaruh substitusi limbah beton terhadap karakteristik beton (kuat tekan, tarik belah, dan kuat lentur) akibat variasi dari penambahan serat bambu.

#### **D. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran beton sesuai SNI 7656:2012.
2. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 25 Mpa.
3. Jumlah variasi yang digunakan ada 5 (Lima) yaitu beton normal, limbah beton 25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1% , limbah beton 25% + serat bambu 1,25% dan limbah beton 25%+ serat bambu 1,5%
4. Pengujian Karakteristik beton meliputi kuat tekan ,kuat tarik belah beton, kuat lentur (Modulus Of Rupture)
5. Standar pengujian kuat tekan benda uji menggunakan SNI 1974:2011.
6. Standar pengujian kuat tarik belah benda uji menggunakan SNI 03:2491:2002.
7. Nilai *slump* yang digunakan 75 – 100 mm dan pengujian *slump* dilakukan sesuai dengan SNI 1972:2008.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah beton sebagai pengganti agregat dalam campuran beton sehingga akan lebih ekonomis serta ramah lingkungan.
2. Dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan agregat kasar daur ulang dengan penambahan serat bambu terhadap kuat tekan dan tarik belah beton.
3. Dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan agregat kasar daur ulang dengan penambahan serat bambu terhadap kuat tekan dan tarik belah.

4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi ( IPTEK ) terutama dalam bidang konstruksi.
5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan oleh pihak kampus dan pemerintah dalam mengatasi limbah beton.
6. Dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk acuan penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah beton dengan penambahan serat bambu selanjutnya.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman penulisan skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini terdapat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan teori-teori pendukung, teknik-teknik statistika.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang langkah-langkah dalam pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian serta menulis mengenai jenis data yang dibutuhkan dan bagaimana mendapatkannya.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil yang telah dicapai dari hasil pengambilan data di lapangan.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran keseluruhan penulis berdasarkan dari hasil Analisa.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Beton**

Beton merupakan salah satu konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton ini dibuat dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen serta air sampai menjadi satu kesatuan. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air.

#### **1. Klasifikasi Beton**

Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 (dua) kelompok, yaitu:

- a. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 (tiga) kelas, yaitu:

- 1) Beton kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

- 2) Beton kelas II

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu standar B1, K 125, K 175,

dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil pemeriksaan benda uji.

### 3) Beton kelas III

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

**Tabel 2. 1** Kelas Dan Mutu Beton (Sumber: Mulyono. T, 2004)

Kelas	Mutu	$\sigma' B_k$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma' B_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatasn agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B <sub>0</sub>	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B <sub>1</sub>	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

b. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 (enam) jenis, yaitu :

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  $800\text{-}1800\text{ kg/m}^3$  atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar  $1400\text{ kg/m}^3$ , dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut SNI 08-1991-03.

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  $2200\text{ kg/m}^3\text{-}2400\text{ kg/m}^3$  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  $2400\text{ kg/m}^3$ . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4) Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

### 5) *Ferro-Cement*

*Ferro-Cement* adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

### 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 daktil daripada beton normal

## 2. Kelebihan Dan Kekurangan Beton

Beton mempunyai fungsi yang penting dalam suatu bangunan konstruksi yang digunakan baik untuk struktur rumah tinggal, gedung bertingkat, dan berbagai macam infrastruktur yang lain.

a. Beton memiliki beberapa kelebihan seperti :

- 1) Beton mudah dibentuk menggunakan bekisting sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperature yang tinggi.
- 2) Beton memiliki kuat tekan yang tinggi.
- 3) Bahan baku beton relatif mudah didapat.
- 4) Beton relatif tidak memerlukan perawatan dan tahan lama.
- 5) Beton tahan aus dan bakar sehingga perawatannya relatif lebih murah dan mudah.

b. Namun beton juga memiliki kekurangan seperti :

- 1) Mutu akhir pekerjaan beton sangat dipengaruhi oleh mutu beton itu sendiri dan proses pelaksanaan pengecorannya.
- 2) Beton merupakan material dengan berat jenis yang lumayan besar yaitu  $2400 \text{ kg/m}^3$  dan memiliki kuat tarik yang kecil sekitar 9-15% dari kekuatan tekannya.
- 3) Beton bersifat getas atau tidak daktil sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

### 3. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton

Faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah:

a. Umur beton

Karena semakin lama umur beton maka peningkatan kuat tekannya pun akan semakin menurun, hal ini tidak dapat dilihat pada umur beton muda seperti 28 hari karena biasanya pada umur tersebut beton masih mengalami peningkatan, tetapi jika beton sudah berumur 360 hari ke atas baru akan terlihat penurunan tersebut.

b. *Workability* pada saat pengerjaan beton

Karena biasanya pada beton normal beton yang memiliki *workability* yang tinggi akan cenderung mengalami segregasi dan bleeding yang menyebabkan nilai kuat tekannya pun menurun.

c. Gradasi butiran

Pada saat pembuatan sampel beton tentu dibutuhkan gradasi yang tidak seragam dari gradasi yang paling kecil hingga besar untuk mengisi rongga-rongga atau celah pada saat pembuatan cetakan/silinder beton. Hal ini sangat berpengaruh karena jika jumlah gradasi agregat kasar yang seragam terlalu besar maka rongga-rongga pada beton tidak akan tertutup sempurna dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang atau keropos pada bagian beton yang akan berakibat pada kekuatan beton yang menurun.

d. Perawatan beton (*curing*)

Perawatan beton adalah proses yang bertujuan untuk menjaga suhu pada saat proses hidrasi.

e. Kadar semen

Karena semakin tinggi kadar semen dalam beton, Maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.

f. *Admixture*

Penggunaan bahan tambah seperti *pozzolan* dan *Superplasticizer* yang membantu meningkatkan *workabilitas* dan proses hidrasi semen dapat meningkatkan kuat tekan beton.

g. Porositas

Beton yang memiliki porositas tinggi akan memiliki kuat tekan yang rendah, sebaliknya beton yang lebih padat akan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi.

## B. Material Penyusun Beton

### 1. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton.

Agregat dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang di dapat secara alami atau buatan.

#### a. Agregat halus

Agregat sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton. Agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus yang pipih akan membutuhkan air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat (*surface area*) akan lebih besar. Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33, yaitu:

- 1) Mempunyai butiran yang halus.
- 2) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- 3) Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
- 4) Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

**Tabel 2. 2** Batas Gradasi Agregat Halus (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Zona I (Pasir Kasar)	Zona II (Pasir Agak Kasar)	Zona III (Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir Halus)
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	5-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm ataupun agregat yang seluruh butirannya bisa tertahan diayakan 4,75 mm. Agregat kasar untuk beton bisa berbentuk kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batuan ataupun berbentuk batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual maupun mesin. Agregat kasar mesti terdiri dari butiran-butiran yang keras, permukaan yang kasar. Agregat kasar harus memenuhi ketentuan kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, serta tidak memiliki zat-zat organik yang bisa merusak beton.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan meningkat. Sebaliknya apabila butirannya bervariasi akan menyebabkan volume pori yang kecil. Hal ini dikarenakan butiran berukuran kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit.

**Tabel 2. 3** Batas Gradasi Agregat Kasar (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Yang Lewat Ayakan		
	Zona I (38-4,76)	Zona II (19-4,76)	Zona III (9,6-4,76)
38,1	95-100	100	
19	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Adapun kualitas agregat yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah:

- 1) Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
- 2) Agregat kasar harus bersih dari unsur organik.
- 3) Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
- 4) Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen sehingga akan mengikat dengan lebih baik.

## 2. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebahagi bahan tambahan. Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara butiran-butiran agregat.

**Tabel 2.4** Susunan oksida semen Portland (Sumber: SNI 17064-2004)

No.	Oksida	Persentase
1	Kapur (Ca O <sub>4</sub> )	60 – 65
2	Silika (SiO <sub>2</sub> )	17 – 25
3	Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 – 8
4	Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 – 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 – 4
6	Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1 – 2
7	Soda / Portash (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	0,5 – 1

Menurut SII 0031-81 (Tjokrodimulyo, 1996), semen Portland dibagi menjadi lima jenis, namun untuk penggunaan umum biasanya hanya digunakan jenis semen tipe 1 (satu) karena tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal serta cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0-0,1%.

- a. Tipe I: Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan persyaratan khusus.
- b. Tipe II: Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

- c. Tipe III: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
- d. Tipe IV: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- e. Tipe V: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Untuk keperluan campuran pembuatan beton, semen harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai berikut:

- a. Waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak boleh kurang dari 1jam (60 menit).
- b. Pengikatan awal semen normal 60 – 120 menit.
- c. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, yaitu bersih dari zat organis yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal.
- d. Suhu ruangan 23° c.

### **3. Air**

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga

berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan menurunkan mutu dan mengakibatkan beton mengalami bleeding, yaitu air akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

- a. Mutu beton.
- b. Sifat *workability* adukan beton.
- c. Besar kecilnya nilai susut beton.
- d. Kelangsungan reaksi hidrasi semen portland.
- e. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan:

- a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- b. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
- c. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
- d. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- e. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak

beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya (SNI 03-2847-2019).

Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya  $> 6$ , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

a. Air hujan

Air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbon dioksida.

b. Air permukaan

Terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.

c. Air tanah

Biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{NH}_3$ .

d. Air laut

1) Air laut mengandung 30.000–36.000 mg/liter gram (3 %-3,6 %) dapat digunakan sebagai air campuran beton tidak bertulang.

2) Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton.

- 3) Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter
- c. Tidak mengandung *klorida* (C1) yang lebih dari 1 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### **C. Material Alternatif**

#### **1. Serat Bambu**

Bambu merupakan salah satu hasil hutan non kayu yang sangat penting bagi pembangunan di Indonesia. Bambu telah menjadi bahan baku produk seperti mebel, ayaman, ukuran, pagar, perabotan rumah tangga , termasuk alat musik dan kontruksi.

Salah satu bambu jenis bambu yang banyak dipergunakan untuk keperluan yaitu bambu petung (backer) telah digunakan untuk kontruksi bangunan rumah, jembatan dan tiang pancung (Subyakto, 2011).Bambu petung merupakan bambu yang ulet dan kuat namun setiap material bambu memiliki kelemahan yang rentan terhadap serangan organisme perusak maka dari itu termasuk bambu petung itu sendiri, maka dari itu pemilihan bambu dengan kualitas bagus sangat penting. Bambu petung merupakan jenis bambu yang mempunyai rumpun agak sedikit rapat, tinggi buluh dapat mencapai 20 m dengan garis tengah sampai 20 cm. Pada

buku-buku sering terdapat akar-akar pendek dan menggerombol, panjang ruas berkisar antara 40-60 cm, dinding buluh cukup tebal 1-1,5 cm (Rulliaty, 2012). Bambu ini akan tumbuh baik bila tanahnya cukup subur, terutama di daerah yang beriklim tidak terlalu kering.

Bambu petung masuk dalam keluarga gramineae kelas monocotyledonae. Berat jenis dan kerapatan kayu atau bambu merupakan faktor-faktor yang akan menentukan sifat-sifat fisika dan mekanikanya. Menurut Liese (1980) dalam Samsudin (1997) berat jenis bambu berkisar antara 0,5 sampai 0,9 gr tiap sentimeter kubik. Variasi berat jenis bambu terjadi baik pada arah vertikal maupun horizontal. Batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis lebih tinggi daripada bagian dalam. Sedangkan dalam arah memanjang, berat jenis meningkat dari pangkal ke ujung. Berat jenis mempunyai hubungan terbalik dengan kadar air. Semakin tinggi berat jenis bambu, semakin kecil kadar airnya.

Menurut Janssen (1981) faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan bambu adalah :

- a. Kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kandungan air
- b. Bagian arah melintang bahan. Kekuatan tarik maksimum bagian luar batang bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain. Kekuatan tarik maksimum yang besar diiringi oleh persentase serabut sklerenkim yang besar pula.

Pemilihan bambu sebagai bahan bangunan dapat didasarkan pada harga yang rendah, serta kemudahan untuk memperolehnya. Penggunaan serat bambu

sebagai bahan serat beton didasarkan pada pertimbangan bahwa kuat tariknya cukup tinggi, pembuatan dari bahan baku menjadi serat cukup mudah, serta populasi bambu yang cukup banyak dan tersebar sehingga mudah diperoleh.

Bambu apus sebagai salah satu jenis bambu di Indonesia tepatnya di daerah Rokan Hulu, meskipun jarang dibudidayakan secara khusus, namun banyak tumbuh di lahan-lahan liar seperti di tepi sungai, tebing-tebing dan sebagainya. Serat bambu yang di pakai dalam penelitian menggunakan diameter 1mm – 2mm. Bambu jenis tersebut juga jarang dimanfaatkan sebagai bahan pokok bangunan, sehingga harga di pasaran ,relatif murah dibanding bambu jenis lain.

Serat alami seperti halnya serat alami dari bambu memiliki kerapatan rendah, harga relative murah dan konsumsi energy rendah, serta dapat menetralkan CO<sub>2</sub> dan memproduksi O<sub>2</sub> tiga kali lebih banyak dari tanaman lainnya. Hal yang paling istimewa serat bambu mempunyai daktilitas yang tinggi selain kekuatan yang dapat di pertandaingkan dengan material seperti baja.

Penggunaan bambu sebagai material struktur sangat tepat karena bambu cukup ringan dan lentur sehingga bangunan dari struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap gempa. Selain ringan dan lentur bambu mempunyai kuat Tarik yang cukup besar bahkan untuk beberapa jenis bambu kuat tariknya melebihi kuat Tarik baja serta memiliki elastisitas yang cukup tinggi.

Karakteristik mekanik bambu ini menjadikan bambu mempunyai peluang untuk digunakan sebagai bahan serta pada beton. Selama ini banyak digunakan serat yang terbuat dari serat besi/baja sebagai serat pada campuran beton. Selain serat besi, jenis serat ini juga banyak digunakan adalah serat plastic dan

serat yang terbuat dari bahan alami lainnya.

Mekanisme kerja serat dalam memperbaiki sifat beton menurut yaitu dengan cara mendekatkan jarak antar serat dalam campuran beton akan membuat beton lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak. Kerja serat akan lebih efektif bila diletakan berjajar dan seragam, tidak tumpang tindih sehingga dapat meningkatkan perilaku keruntuhan pada beton.

## **2. Limbah beton**

Saat ini beton menjadi salah satu material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Salah satu bahan baku beton adalah split dari batu alam. Namun penambangan batu telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang sama besarnya dengan kerusakan akibat tumpukan limbah beton di berbagai tempat.

Pemakaian limbah padat sebagai pengganti agregat kasar terhadap pembuatan beton di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam serta dapat mengatasi dampak yang diakibatkan dari limbah tersebut. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari konstruksi bangunan atau dari hasil penelitian uji kuat tekan. Oleh karena itu dalam penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran beton dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap beton tersebut.

Menurut Hardjasaputra dan Ciputera (2018) kekuatan beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar limbah beton adalah sebesar 84%-86% dari kuat tekan beton yang direncanakan. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian atau lebih agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat tekan beton. Sehubungan dengan

hal tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan agregat kasar dan agregat halus dari limbah beton terhadap kuat tekan beton normal ( $f_c' = 25$  MPa).

Menurut I Gusti Made Sudika, I Gusti Ngurah Eka Pratama, dan I Gede Surya Dinata (2019). Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya diperoleh hasil:

a. Gradasi

Bentuk dan tekstur serta diameter butiran agregat limbah beton sama dengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diatur pada alat pemecahnya dan saringannya.

b. Kandungan Mortar dan Pasta Semen

Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat limbah beton berkisar antara 20–35% untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kurang lebih 45–60%. Kandungan mortar dan pasta semen tersebut mengakibatkan kekerasannya menurun dan adanya pasta semen yang mengeras disekeliling agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih licin sehingga bisang temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukkan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya.

c. Berat Jenis

Berat jenis agregat limbah beton tidak beda signifikan dengan agregat alam, yaitu  $2440 \text{ kg/m}^3$  untuk agregat limbah beton sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis  $2460 \text{ kg/m}^3$ .

d. Penyerapan Air

Nilai penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat limbah beton cenderung lebih besar yaitu 4,61% dibandingkan absorpsi agregat alam sebesar 3,95%. Hal ini dikarenakan agregat limbah beton masih tertutupi oleh mortar yang bersifat porous.

e. Tingkat Keausan

Tingkat keausan yang terjadi pada agregat limbah beton sebesar 36,04% sedangkan pada agregat alam sebesar 31,28%

#### **D. Sifat-Sifat Mekanis Beton**

Sifat-sifat mekanis yang ada pada beton dibagi menjadi 2 (dua), yaitu sifat mekanis jangka pendek dan jangka panjang. Sifat mekanis jangka pendek, yaitu kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat geser beton, dan modulus elastisitas beton. Sedangkan untuk sifat mekanis jangka panjang, yaitu rangkai dan susut pada beton.

##### **1. Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap.

Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$f'c = \sigma =$  Kuat tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan sampel ( $\text{mm}^2$ )

Menurut SNI 2847:2013, Untuk beton struktur, Kuat tekan  $f'c$  tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum  $f'c$  tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.

## 2. Kuat Tarik Belah

Kekuatan tarik beton lebih rendah dari kekuatan tekan beton karena hanya sekitar 10-15% dari kekuatan tekannya, hal ini disebabkan oleh adanya retak-retak halus pada beton. Hitung kuat tarik belah dari benda uji dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{ct} = \frac{2 \cdot P}{2 \cdot D} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$F_{ct}$  = kuat tarik belah (MPa)

P = Beban uji maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

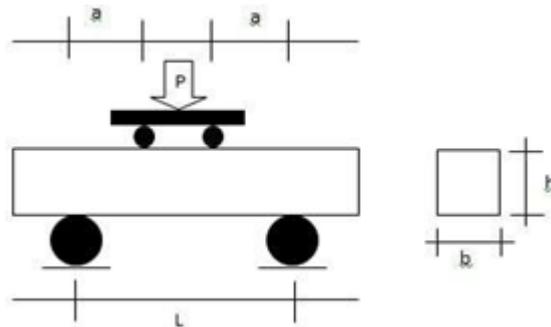
D = Diameter benda uji (mm)

## 3. Kuat Lentur Beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal(MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).Sebuah baloyang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbulmomen-momen lentur

sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni seperti Gambar 1.



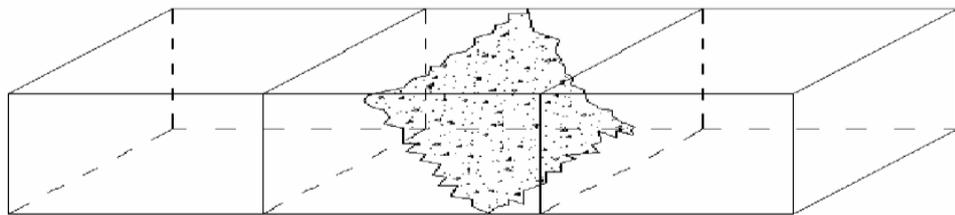
Tabel 2. 5 Pengujian Kuat Tarik Lentur

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-4154-1996), kuat lentur merupakan momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji yang dihasilkan nilai tegangan tarik. Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan dengan pembebanan dua titik pada tengah bentang benda uji. Pengujian kuat lentur dalam penelitian ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Rumusan yang digunakan adalah:

- a. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

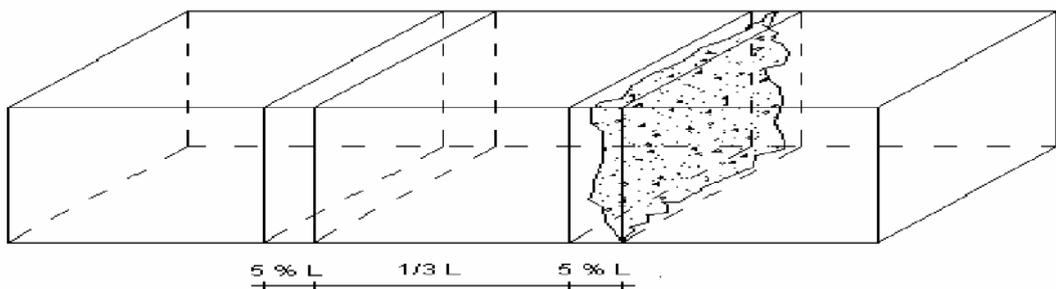
$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 2. 1 Patah pada 1/3 bentang (*Sumber SNI 03-4154-1996*)

- b. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_1 = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots (3)$$

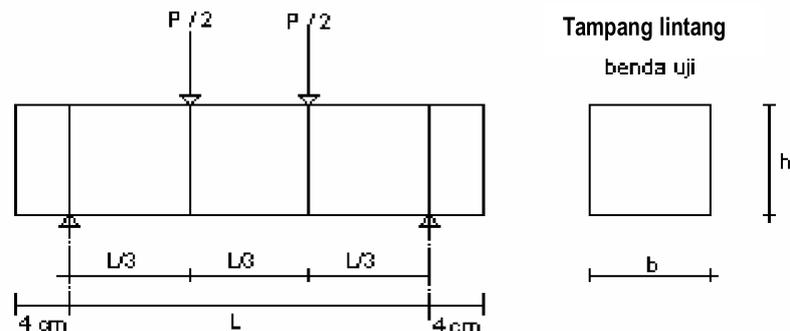


Tabel 2. 6 Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada < 5% dari bentang(*Sumber SNI 03-4154-1996*)

- c. Untuk benda uji yang patahnya di luar pusat (daerah  $1/3$  jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak digunakan.

Keterangan:

- $\sigma_l$  = adalah kuat lentur benda uji ( MPa)
- $P$  = adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)
- $L$  = adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- $b$  = adalah lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- $h$  = adalah lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- $a$  = adalah jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)



Gambar 2. 2 Garis-garis perletakan dan pembebanan(Sumber SNI 03-4154-1996)

Keterangan gambar:

- $L$  = adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (cm)
- $b$  = adalah lebar tampak lintang benda uji (cm)
- $h$  = adalah tinggi tampak lintang benda uji (cm)

P = adalah beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)

### **E. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu**

1. Dahlia Patah dan Amry Dasar (2022) melakukan penelitian tentang “Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton”. Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: Limbah beton dapat digunakan dalam campuran beton ditinjau pada peningkatan kekuatan dan pemanfaatan limbah beton. Kekuatan beton meningkat dengan penggunaan limbah beton dengan rasio optimum penggantian agregat kasar sebesar 10% dengan kuat tekan mencapai 40,03 MPa pada umur 28 hari dengan persentase kenaikan 16,4% dari beton normal. Kemudian, campuran beton yang mengandung agregat limbah beton hingga 40% hanya dapat mencapai tingkat kekuatan antara 93,7% hingga 98,5% mendekati dengan kuat tekan beton normal 34.39 MPa.
2. Heryah Ramadani (2019) Analisis Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Dengan Fas 0.4 Dan 0.6” Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: Pengujian nilai kuat tarik beton dengan hasil FAS 0,4 variasi 0,5% 2,818 MPa meningkat sebesar 0,616 MPa dari FAS 0,6 variasi (0,5%) 2,202 MPa, dari hasil tersebut dapat kita lihat bahwa Fas 0,6 mengalami penurunan yang signifikan, Disebabkan oleh penambahan serat bambu dan faktor air semen yang lebih besar. Hasil tersebut dapat kita lihat FAS 0,4 variasi (0,5%) memiliki nilai kuat tarik yang tinggi dan memenuhi dari nilai kuat tarik yang sudah direncanakan 15% dari nilai kuat tekannya dan penambahan setiap

variasi serat bambu memiliki penurunan kekuatan pada beton dan juga semakin besar nilai FAS maka semakin lemah atau berkurang kekuatannya dan sebaliknya semakin kecil nilai FAS maka semakin kuat kekuatan beton yang didapat dan FAS 0,6 tidak memiliki nilai kuat tarik yang tinggi dan belum memenuhi dari nilai kuat tarik yang sudah direncanakan dari 15% dari nilai kuat tekannya

3. Indra Kusumawardhana, Mochamad Teguh (2022) melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton”. Berdasarkan perolehan data hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
  - a. Penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti sebagian atau keseluruhan agregat kasar dengan nilai faktor air semen (FAS) tetap terbukti mempengaruhi nilai slump dan kekuatan beton. Ditunjukkan dengan hasil pengujian slump, kuat tekan dan tarik beton yang naik dan turun akibat penambahan agregat kasar limbah beton. Hal tersebut dipengaruhi oleh besarnya nilai penyerapan air pada agregat kasar limbah beton yang lebih besar daripada nilai penyerapan air agregat kasar alam yaitu sebesar 4,13% untuk agregat kasar limbah beton dan 2,27% untuk agregat kasar alam. Dengan nilai penyerapan air agregat kasar limbah beton yang besar akan menghasilkan nilai FAS kecil, nilai FAS kecil akan mempengaruhi nilai slump yang kecil juga, apabila nilai slump yang didapat kecil maka kualitas beton meningkat, sehingga kuat tekan akan terpenuhi.

- b. Nilai kuat tekan kontrol yang didapat sebesar 25,62 MPa dan nilai kuat tarik kontrol didapat sebesar 3,23 MPa. Batas maksimum pencampuran antara agregat kasar alam dengan agregat kasar beton limbah untuk kuat tekan terdapat pada variasi 30% dengan nilai kuat tekan rerata sebesar 25,73 MPa dan pada variasi 80% dengan nilai kuat tekan rerata sebesar 25,77 MPa. Artinya, nilai kuat tekan beton sampai pada variasi 80% mampu mencapai nilai kuat tekan kontrol, di atas 80% maka nilai kuat tekan beton menurun. Sedangkan untuk batas maksimum pencampuran antara agregat kasar alam dengan agregat kasar limbah beton untuk kuat tarik terdapat pada variasi 60% dengan hasil yang didapat sebesar 3,25 MPa. Artinya, diatas variasi campuran 60% nilai kuat tarik beton menurun dari kuat tarik kontrol yang dihasilkan.
- c. Persentase optimum pencampuran antara agregat kasar alam dengan agregat kasar beton limbah pada kuat tekan beton terdapat pada variasi 40% dengan nilai kuat tekan rerata 31,85 MPa. Begitu juga untuk pengujian kuat tarik beton persentase optimum pencampuran antara agregat kasar alam dengan agregat kasar beton limbah juga terdapat pada variasi 40% dengan nilai kuat tarik rerata sebesar 3,87 MPa.
4. Hariyanto (2018) Telah melakukan penelitian tentang “Pemanfaatan Limbah Bangunan Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton”. Hasil dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan: Pemanfaatan limbah bangunan sebagai pengganti agregat kasar dengan proporsi 0%, 40%, 60% dan 100% pada pembuatan beton ini memiliki pengaruh terhadap nilai kuat beton rencana ( $f_c = 20\text{MPa}$ ). Nilai kuat tekan yang dihasilkan proporsi 0%, 40%,

60% dan 100% tidak masuk kriteria batas selisih yang disyaratkan yaitu 10%.

2. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yang dihasilkan untuk proporsi 0% sama dengan nilai kuat tekan beton rencana ( $f'_c = 20$  MPa), sedangkan nilai kuat tekan untuk proporsi 40%, 60% dan 100% kurang dari nilai kuat tekan yang direncanakan. Proporsi 40 menghasilkan kuat tekan  $f'_c = 15,18$ MPa (selisih 24,1% terhadap kuat tekan beton rencana). Proporsi 60% menghasilkan kuat tekan  $f'_c = 14,13$ MPa (selisih 29,35% terhadap kuat tekan beton rencana). Untuk proporsi 100% menghasilkan kuat tekan  $f'_c = 13,51$ MPa (selisih 32,45% terhadap kuat tekan beton rencana) . Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan proporsi agregat halus dari limbah bangunan mengakibatkan penurunan yang signifikan dari nilai kuat tekan rencana ( $f'_c = 20$ MPa) Hanafi Ashad, Guntur Walinono Saputra Billa dan Salwa Chastisa Supri (2019) melakukan penelitian tentang Persamaan Konstitusif Beton Menggunakan Beton Daur Ulang Sebagai Agregat Kasar Dengan *Additive Silica Fume*. Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut:

- (1). Hasil pengujian kuat tekan variasi 0% sebesar 21,14 MPa, variasi 5 % sebesar 24,16 Mpa, variasi 10% sebesar 26,80 MPa, dan variasi 15 % sebesar 24,72 MPa.
- (2). Untuk hasil pengujian modulus elastisitas , variasi silica fume 0% sebesar 24158,84 MPa, silica fume 5 % sebesar 25690,63 MPa, silica fume 10 % sebesar 26299,05 MPa dan silica fume 15 % sebesar 24705,10 MPa. (3).

Penggunaan silica fume optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum terdapat pada variasi silica fume 10,11 % dengan kuat tekan yaitu 26,14 MPa.

5. A. Junaidi (2015) melakukan penelitian tentang Pemanfaatan Serat Bambu Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton. Berdasarkan dari hasil Penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan menggunakan 5 variasi yaitu beton pada kondisi normal (0%) dan variasi penambahan serat bambu terhadap kuat tekan beton dari N+2%, N+3%, N+4% dan N+5% terhadap berat semen pada umur 28 hari dan panjang serat bambu  $\pm 4$  cm. Hasil uji kuat tekan beton menyatakan bahwa kuat tekan beton karakteristik yang tertinggi dicapai pada saat penambahan persentase serat bambu sebesar 4% yaitu 440,505 kg/cm<sup>2</sup> . Penambahan serat bambu sebesar 2%, 3%, dan 5% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik secara berturut-turut yaitu 381,681 kg/cm<sup>2</sup> , 419,835 kg/cm<sup>2</sup> dan 429,637 kg/cm<sup>2</sup> . Penambahan serat bambu sebanyak 4% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 20.8% dari beton normal.
6. Retno trimurtiningrum (2018) melakukan penelitian tentang Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Tekan Beton. Berdasarkan hasil penelitian Penambahan serat bambu pada campuran beton berpengaruh pada nilai slump. Semakin banyak prosentase serat bambu pada beton, maka semakin rendah nilai slump beton. Hal tersebut disebabkan oleh, sifat serat bambu yang cenderung menyerap air. Dan Penambahan serat bambu pada campuran beton berpengaruh pada nilai kuat tekan dan kuat tarik beton. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik beton pada campuran dengan prosentase penambahan serat bambu sebesar 1% karena peranan serat bambu.

Surya Saputro (2021) Melakukan penelitian "Analisis Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton" . Dari hasil penelitian yang telah dilakukan penggunaan limbah beton dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian kuat tekan beton yang menggunakan limbah beton dengan menggunakan slump 60mm dan 80mm adalah :

Slump 80mm - Kuat tekan beton umur 3 hari 282.517 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 7 hari 191.347 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 14 hari 141.336 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 21 hari 152.439 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 28 hari 140.269 kg/cm<sup>2</sup>  $f_{c'r} = 181.582$  kg/cm<sup>2</sup> atau setara 15.071 Mpa

Slump 60mm - Kuat tekan beton umur 3 hari 276.833 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 7 hari 171.355 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 14 hari 182.548 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 21 hari 133.315 kg/cm<sup>2</sup> - Kuat tekan beton umur 28 hari 156.118 kg/cm<sup>2</sup>  $f_{c'r} = 185.234$  kg/cm<sup>2</sup> atau setara 15.374 Mpa

2. Limbah beton dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada pekerjaan dengan syarat sebagai berikut.

edAgregat kasar limbah beton tidak memenuhi syarat maksimum kadar lumpur karena melebihi 1%, Maka limbah beton harus dicuci sebelum dipergunakan.

Melakukan soundness agar mengetahui keausan agregat.

Helmy Hermawan Tjahjanto, Johannes Adhijoso Tjondro dan Handoko Tejo (2020) telah melakukan penelitian tentang "Studi Eksperimental Pengaruh Serat Bampu Terhadap Sifat-Sifat Mekanis Campuran Beton". Penambahan serat bambu pada campuran beton menghasilkan kekuatan tekan yang lebih rendah daripada kuat

tekan rencana beton tanpa serat bambu. Oleh karena itu, penambahan serat bambu dalam campuran beton tidak direkomendasikan untuk elemen struktur yang memerlukan kekuatan tekan yang tinggi seperti elemen kolom. Selain pada kekuatan tekan, pengaruh penambahan serat bambu pada kekuatan tarik belah juga tidak signifikan. Perbaikan sifat mekanis material beton yang dihasilkan dari penambahan serat bambu adalah peningkatan kekuatan geser dan nilai modulus of rupture,  $f_r$ , dari hasil uji kuat tarik lentur. Selain itu, penambahan serat bambu dalam proporsi tertentu (0.75%) dapat meningkatkan daktilitas yang ditunjukkan oleh perbandingan nilai regangan ultimit,  $\epsilon_{cu}$ , terhadap regangan puncak,  $\epsilon_0$ . Kondisi ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja elemen struktur yang menahan momen lentur. Karakteristik lain yang diperoleh dari hasil uji kuat tekan adalah campuran beton dengan serat bambu cenderung memiliki faktor umur yang lebih tinggi pada umur-umur awal dibandingkan campuran beton tanpa penambahan serat. Dari semua hasil pengujian diperoleh bahwa sifat-sifat mekanis pada campuran beton dengan proporsi serat yang lebih banyak tidak selalu menghasilkan nilai yang lebih tinggi. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa penambahan

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampildari hasilnya disertai gambar, tabel atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 4 (empat) variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan dan tarik belah beton.

#### **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

##### **1. Lokasi penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

##### **2. Waktu penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama 2 (dua) bulan yaitu dimulai pada tanggal 20 Agustus 2023 sampai dengan 20 September 2023.

**Tabel 3. 1** Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Jenis Kegiatan	Agustus				September			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi literatur								
2	Persiapan laboratorium								
3	Pengujian bahan dasar								
4	Pembuatan benda uji								
5	Uji kuat tekan beton								
6	Uji kuat tarik beton								
7	Analisa hasil pengujian								

### C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Alat penelitian

##### a. Saringan

- 1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No. 8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (No. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).
- 2) Saringan dengan nomor berturut-turut 56,25 mm (No.1 ½), 37,50 mm (No. 1), 19,05 mm (No. 3/4), 9,60 mm (No. 3/8), 4,75 mm (No. 4) yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).

##### b. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis

c. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton

d. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji

e. Cetakan Beton

Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 150 mm x 300 mm

f. Concrete mixer / mesin pencampur

Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji

g. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.

h. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji

i. Kerucut *abrams*.

Kerucut *abrams* digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai *slump*).

j. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai *slump*.

k. Batang baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

l. *Universal Testing Machine*

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

m. Mesin Los Angeles

Mesin Los Angeles digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat yang dilengkapi dengan bola-bola baja.

## **2. Bahan Penelitian**

a. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus

b. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland

c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

d. Limbah Beton

Limbah beton yang digunakan di dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

e. Serat Bambu

Serat bambu yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Soppeng.

### **D. Prosedur Standar Penelitian**

#### **1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat**

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam

keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*).

Adapun keterangan dari berat jenis yang diperiksa adalah sebagai berikut :

a. Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Gravity*)

Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

b. Berat jenis permukaan (SSD)

Berat jenis permukaan (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

d. Penyerapan

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut :

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan

b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105° C sampai berat tetap

- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram ( $B_k$ )
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar
- e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang ( $SSD$ ), untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh ( $B_j$ )
- g. Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya dalam air ( $B_a$ )
- h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar ( $25^\circ \text{C}$ )

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis

agregat :

$$\text{a. Berat jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{b. Berat jenis SSD} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{c. Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{d. Penyerapan (Arbsorpsi)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

$B_k$  = Berat kering oven (gram)

$B_j$  = Berat kering permukaan jenuh (gram)

$B_a$  = Berat kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

## 2. Perkiraan Kadar Agregat

### a. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton.

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 3.2 Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air-semen atau rasio air-(semen+bahan bersifat semen), dan sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

Adapun tabel 3.2 Volume agregat kasar per satuan volume beton yaitu sebagai berikut:

**Tabel 3.2** Volume agregat kasar per satuan volume beton (*Sumber: SNI 7656:2012*)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven (SSD) per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72

75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (keleccakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (*pavement*), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

Untuk menentukan berat agregat kasar yang digunakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = V \times SSD \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

$W$  = Berat agregat kasar

$V$  = Volume agregat kasar

$SSD$  = Berat jenis permukaan agregat kasar

#### **b. Perkiraan kadar agregat halus**

Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 3.3 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per  $m^3$  tadi

adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan

**Tabel 3.3** Perkiraan awal berat beton segar (*Sumber: SNI 7656:2012*)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m <sup>3</sup>	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan

### **E. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 3 (tiga) yaitu sebagai berikut:

#### **1. Data Primer**

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus

pada variasi dari substitusi limbah beton dengan bahan tambah *superplasticizer* (*No Drop Plaston*). Adapun data primer yang diperlukan dibagi 2 (dua) jenis yaitu:

a. Karakteristik bahan

Data yang diperlukan pada karakteristik bahan didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

- 1) Karakteristik agregat halus
  - a) Gradasi butiran agregat halus
  - b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus
  - c) Pemeriksaan berat volume agregat halus
  - d) Pemeriksaan kandungan lumpur
  - e) Pemeriksaan kadar air
  - f) Pemeriksaan zat organik
- 2) Karakteristik agregat kasar
  - a) Gradasi butiran agregat kasar
  - b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
  - c) Pemeriksaan berat volume dalam agregat kasar
  - d) Pemeriksaan kandungan lumpur
  - e) Pemeriksaan kadar air
  - f) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles
- 3) Karakteristik agregat limbah beton
  - a) Gradasi butiran agregat kasar
  - b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
  - c) Pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat kasar

- d) Pemeriksaan kandungan lumpur
  - e) Pemeriksaan kadar air
  - f) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles
- 4) Karakteristik semen
- a) Pemeriksaan berat jenis semen
  - b) Konsistensi normal semen portland
  - c) Pengujian waktu mengikat awal dan mengeras semen portland

b. Karakteristik beton

Data yang diperlukan pada karakteristik beton didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan selinder
- 2) Kuat tarik belah selinder
- 3) Distribusi agregat kadar dan agregat halus

## **2. Data sekunder**

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data diperoleh dari tulisan seperti buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

## **3. Benda uji**

Campuran tanah-semen dan air sebanyak yang direncanakan dan dipadatkan dalam silinder cetakan tertentu. Adapun contoh gambar 3.1 benda uji yang dibuat



**Gambar 3. 1** Benda uji selinder 300 mm × 150 mm



**Gambar 3. 2** Benda uji balok 150mm x 150mm x 600mm

**Tabel 3.4** Variasi benda uji

Kode	Variasi campuran beton	Kuat tekan	Tarik belah	Kuat Lentur	Jumlah
		28 Hari	28 Hari	28 Hari	
BN	BN	3	2	2	7
BLB0	B + LB 25%	3	2	2	7
BSB1,0%	B + LB 25% + SB 1,0%	3	2	2	7
BSB1,25%	B + LB 25% + SB 1,25%	3	2	2	7
BSB1,5%	B + LB 25% + SB 1,5 %	3	2	2	7
					35

Keterangan:

BN : Beton Normal

BL : Limbah Beton

SB : Serat Bambu

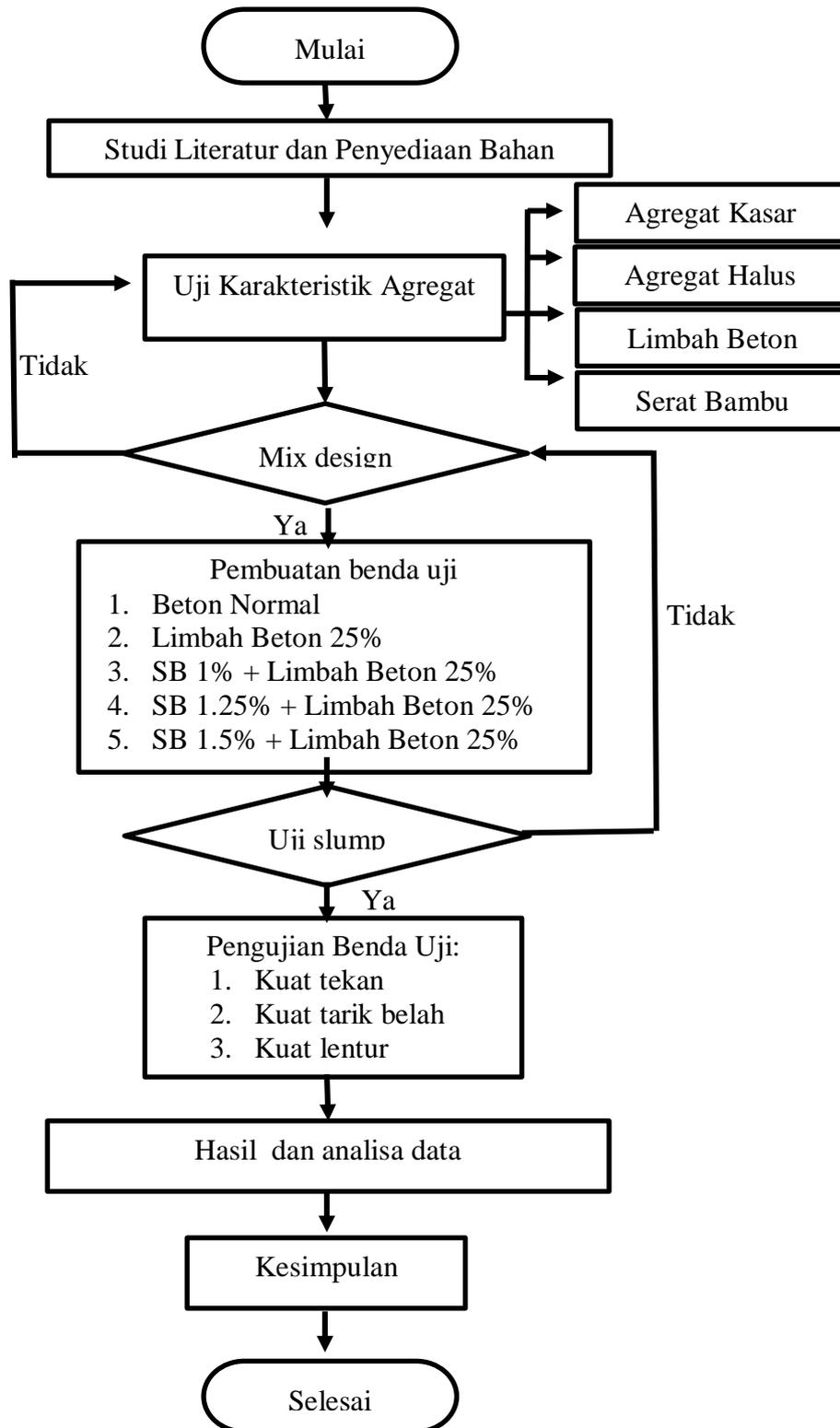
Pada pengujian karakteristik kuat tekan dan tarik belah digunakan benda uji berupa selinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm ( gambar) sedangkan pada pengujian kuat lentur digunakan benda uji berupa balok dengan diameter 15 cm x 15 cm x 60 cm (gambar)

#### **F. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan beton diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menimbang berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
2. Meletakkan benda uji pada *Universal Testing Machine*.
3. Menghidupkan *Universal Testing Machine* dan benda uji akan mengalami penambahan beban sehingga dapat dibaca besarnya kekuatan tekan yang ditunjukkan dengan manometer.
4. Benda uji akan retak apabila beban yang diberikan telah mencapai batas maksimum dari beban yang mampu ditahan benda uji. Pada saat retak, jarum manometer akan berhenti pada titik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji.

### G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil pengujian agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

##### 1. Agregat Halus

**Tabel 4. 1** Rekapitulasi pengujian agregat halus

KARAKTERISTI K AGREGAT	INTERVA L	HASIL PENGAMATA N		NILAI RATA- RATA	KETERANGA N
		I	II		
Kadar lumpur	Maks 5%	2.8%	4.4%	3.57%	Memenuhi
Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
Kadar air	2% - 5%	2.04%	2.88%	2.46%	Memenuhi
Berat volume					
a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.85	1.63	1.74	Memenuhi
b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.58	1.84	1.71	Memenuhi
Absorpsi	0,2% - 2%	1.21%	1.69%	1.45%	Memenuhi
Berat jenis spesifik					
a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.61	2.63	2.62	Memenuhi
b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.53	2.52	2.53	Memenuhi
c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.56	2.56	2.56	Memenuhi
Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.95	2.94	2.95	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 3,57%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 2,46%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,74 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,71, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,45%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,62, berat jenis kering yaitu 2,53, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,56, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 2.95, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

## 2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

KARAKTERISTI K AGREGAT	INTERVA L	HASIL PENGAMATA N		NILAI RATA- RATA	KETERANGA N
		I	II		
Kadar lumpur	Maks 1%	0.6%	0.80%	0.69%	Memenuhi
Keausan	Maks 50%	18.7%	16.9%	17.8%	Memenuhi
Kadar air	0,5% - 2%	1.14%	1.42%	1.28%	Memenuhi
Berat volume					
a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.67	1.63	1.65	Memenuhi
b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.86	1.86	1.86	Memenuhi
Absorpsi	Maks 4 %	2.99%	3.09%	3.04%	Memenuhi
Berat jenis spesifik					
a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.91	2.76	2.83	Memenuhi
b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.68	2.54	2.61	Memenuhi
c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.76	2.62	2.69	Memenuhi
Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.72	6.72	6.72	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

### a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,69%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* diatas didapatkan hasil 17.8% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,28% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,65 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,86 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 3.04% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,83. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,61. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,69, yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 6,72 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton

### 3. Limbah Beton

Tabel 4. 3 Rekapitulasi hasil pengujian limbah beton

KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
		I	II		
Kadar lumpur	Maks 1%	0.90%	0.60%	1%	Memenuhi
Keausan	Maks 50%	24.2%	22.0%	23%	Memenuhi
Kadar air	0,5% - 2%	1%	1%	1%	Memenuhi
Berat volume					
a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.67	1.63	1.65	Memenuhi
b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.76	1.89	1.82	Memenuhi
Absorpsi	Maks 4 %	2%	3%	3%	Memenuhi
Berat jenis spesifik					
a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.46	2.51	2.49	Memenuhi
b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.32	2.36	2.34	Memenuhi
c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.38	2.42	2.40	Memenuhi
Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.84	6.52	6.68	Memenuhi

Dari pengujian limbah beton diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 1%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* diatas didapatkan hasil 23% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,65 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,82 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 3% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,49. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,34. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,40 , yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6– 3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 6,68 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton

### B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perhitungan

1. Deviasi Standart

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

2. Deviasi Standart

**Tabel 4.3** Tabel nilai deviasi ( $\text{kg/cm}^2$ ) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendaili	8,4

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat jelek dikarenakan peneliti sebelumnya tidak pernah melakukan penelitian atau tidak ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah ( margin )

$$\begin{aligned} M &= 1,64 \times SR \\ &= 1,64 \times 7 \\ &= 11,48 \text{ Mpa} \cong 12 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$\begin{aligned}
 f_c \text{ target} &= f'c + m \\
 &= 25 + 12 \\
 &= 37 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

Tabel 2  
Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan  
Faktor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

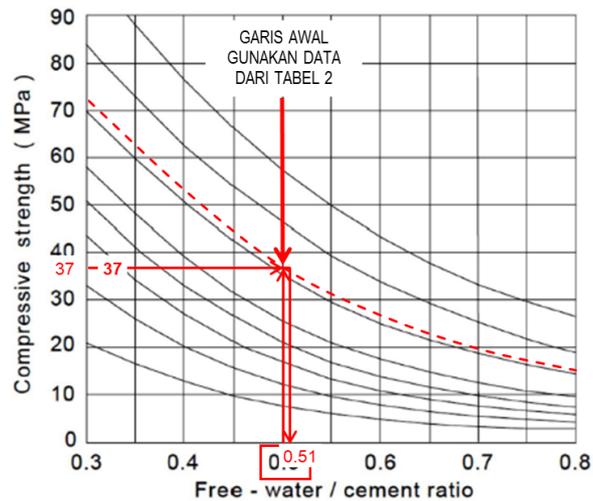
Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe 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	

7. Faktor Air Semen Bebas

$$= 0,51 \text{ Mpa}$$

**Tabel 4.4** Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) dengan faktor air semen, dan agregat kasar (Sumber : SNI 03-02-2834)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portlan Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



**Gambar 4.3** Grafik perkiraan faktor air semen (Sumber: SNI 03-2834:2000).

$$f'c \text{ rencana} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f'c \text{ target} = 31 \text{ Mpa}$$

$$f_{as} \text{ pakai} = 0,51$$

8. Faktor Air Semen Maksimum

$$= 0,60$$

**Tabel 4.5** Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Lokasi ---	Jumlah Semen minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air- 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. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan: a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

#### 9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adalah  $10 \pm 2$ , atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah : = 60 – 180

#### 10. Ukuran Agregat Maksimum

= 20 mm

**Tabel 4.6** Perkiraan kadar air bebas (Kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (Sumber: SNI 03-2834:2000)

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

#### 11. Kadar Air Bebas

$$W_h = 195$$

$$W_k = 225$$

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan  $w_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$W = \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k$$

$$W = \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$$

$$W = 205,00 \text{ kg/m}^3$$

## 12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / \text{FAS Max}$$

Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / \text{FAS Bebas}$$

Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

$$C = W / \text{FAS Max}$$

$$C = 401,50 \text{ Kg/m}^3$$

## 13. Kadar Semen Minimum

$$= 325 \text{ Kg/m}^3$$

## 14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

$$= 401,50 \text{ Kg/m}^3$$

## 15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

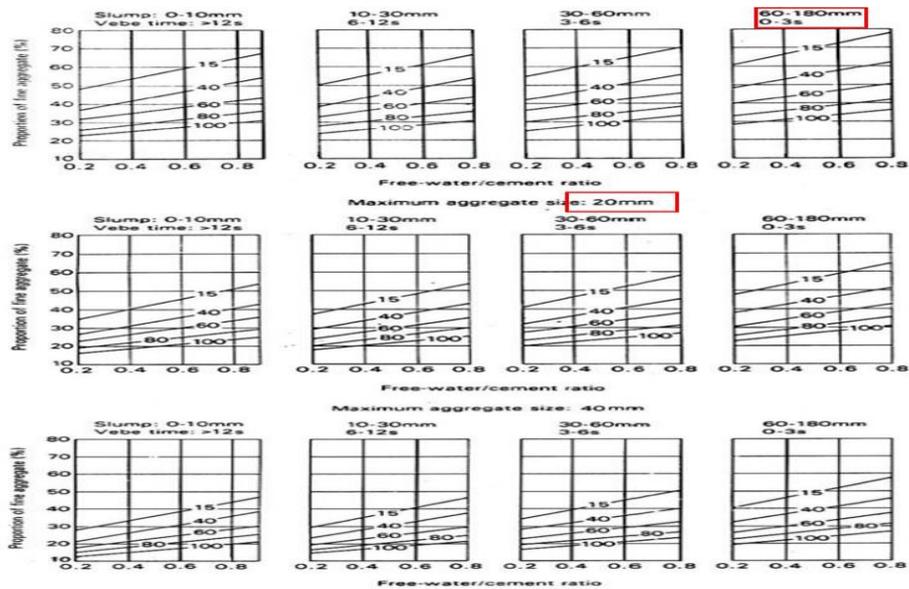
$$\text{Jenis pasir} = \text{Sedang}$$

## 16. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat Halus = 2,61

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,64

## 17. Persen Agregat Halus



**Gambar 4.1** Perkiraan Persen Agregat (Sumber: SNI 03-2834:2000).

Persen Agregat Halus = 59 % + 25 % / 2

= 41 %

Persen Agregat Kasar = 100 % - Persen Agregat Halus

= 100 % - 41 %

= 59 %

## 18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

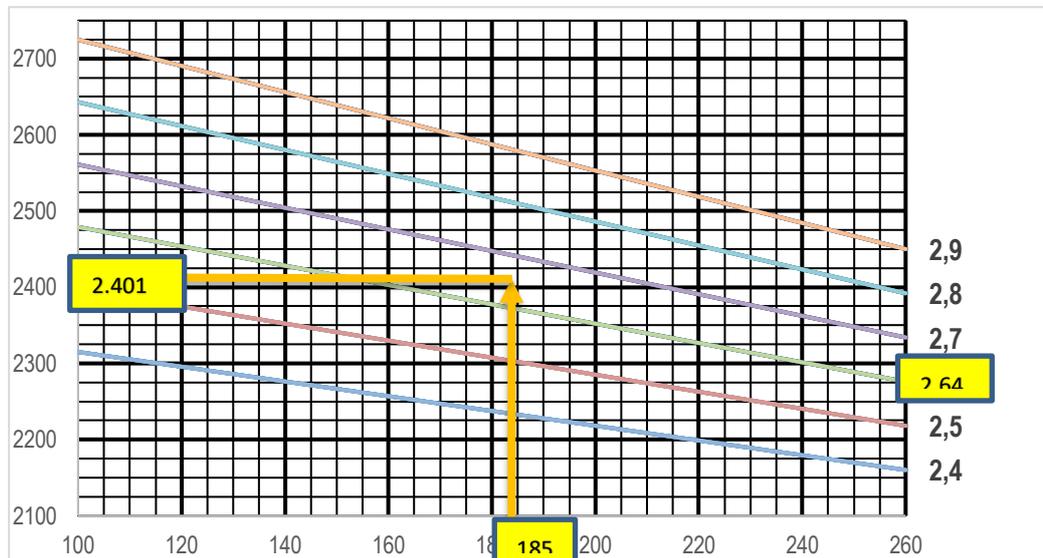
$B_j \text{ Ag. Gab} = ( \text{Persen Ag. Halus} \times B_j \text{ Ag. Halus} ) + ( \text{Persen Ag. Kasar} \times$

$B_j \text{ Ag. Kasar} )$

= 261%

$$= 2,61$$

### 19. Berat Isi Beton



**Gambar 4. 2** Grafik perkiraan berat isi beton (Sumber: SNI 03-2834:2000).

$$\text{Berat isi beton} = 2.401 \text{ kg/m}^3$$

### 20. Kadar Agregat Gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ag.gab} &= \text{Berat isi beton} - \text{Kadar semen} + \text{Kadari air bebas} \\ &= 2.401 - (401,5 + 205) \end{aligned}$$

$$\text{Kadar Ag.gab} = 1794,50 \text{ kg/m}^3$$

### 21. Kadar Agregat Halus

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ag.halus} &= \text{Persen agregat halus} \times \text{Kadar Ag.gabungan} \\ &= 32\% \times 1794,50 \\ &= 574,24 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

### 22. Kadar Agregat Kasar

$$\text{Kadar Ag.Kasar} = \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus}$$

$$= 1220,26 \text{ kg/m}^3$$

### 23. Koreksi Terhadap Kadar Air

Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-19990

Misal, kadar air yang didapat

$$\text{Ag.Kasar} = 1,94\%$$

$$\text{Ag.Halus} = 3,44\%$$

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

$$\text{Ag.Kasar ( Basah )} = 1,94 \% \times 1085 = 21,042 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Halus ( Basah )} = 3,44 \% \times 753,717 = 25,928 \text{ kg}$$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, maka :

$$\text{Air yang diberikan Ag.kasar} = 3,04\% \times 1084,62 = 32,972 \text{ kg}$$

$$\text{Air ang diberikan Ag.halus} = 1,45\% \times 735,717 = 10,929 \text{ kg}$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut

$$205,0 - 46,969 + 43,901 = 201,932 \text{ kg}$$

Maka perkiraan 1 m<sup>3</sup> beton adalah sebagi berikut

$$\text{Air ( yang ditambahkan )} = 205,00 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 401,50 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Kasar} = 1220 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Halus} = 574,24 \text{ kg}$$

### 24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton

**Tabel 4. 3** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m<sup>3</sup> Beton  
(Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan selinder
W semen	401.50 kg	2.45 kg	29.37 kg
W pasir	561.61 kg	3.42 kg	41.09 kg
W kerikil	1223.3 kg	7.46 kg	89.50 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	15.70 kg

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 12 silinder beton

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 silinder} &= \frac{1}{4} \pi d^2 h \\ &= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0,0053014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total silinder} &= \text{Volume 1 silinder} \times \text{Jumlah beton silinder} \\ &= 0,0053014 \text{ m}^3 \times 12 \\ &= 0,06361725 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

$$\begin{aligned} \text{Volume tambahan} &= \text{vol. 12 silinder} \times 15\% \\ &= 0,06361725 \text{ m}^3 \times 15\% \\ &= 0,00954259 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. total} &= \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan} \\ &= 0,06361725 \text{ m}^3 + 0,00954259 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$= 0,07315984 \text{ m}^3$$

**Tabel 4. 4** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 12 Silinder Beton

(Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan selinder
W semen	401.50 kg	2.45 kg	29.37 kg
W pasir	561.61 kg	3.42 kg	41.09 kg
W kerikil	1223.3 kg	7.46 kg	89.50 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	15.70 kg

26. Kebutuhan variasi 25% limbah beton:

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. Kerikil} &= \text{B. Kerikil} &/& \text{BV. Kerikil} \\
 &= 1223.3 &/& 1,856.4 \\
 &= 0.659 \\
 \text{volume kain 5\%} &= \text{V. Krikil} &\times & 25\% \\
 &= 0.659 \text{ m}^3 &\times & 25\% \\
 &= 0.1647 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat limbah beton} &= \text{V. limbah} && \\
 \text{25\%} &= \text{beton} &\times & \text{BV. Limbah beton} \\
 &= 0.165 \text{ m}^3 &\times & 1,821.93 \\
 &= 300.155 \text{ kg} \\
 \text{volume kerikil} &= \text{V. Krikil} &\times & 75\% \\
 &= 0.659 \text{ m}^3 &\times & 75\% \\
 &= 0.494 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat kerikil} &= \text{V. kerikil} &\times & \text{BV. Kerikil} \\
 &= 0.494 \text{ m}^3 &\times & 1,856.37 \\
 &= 917.483 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 5** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan variasi 25% limbah beton (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder
W semen	401.50 kg	2.45 kg	29.37 kg
W pasir	561.61 kg	3.42 kg	41.09 kg
W kerikil	917.48 kg	5.59 kg	67.12 kg
W limbah beton 25%	300.15 kg	1.83 kg	21.96 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	15.70 kg

**b. Untuk variasi 25% limbah beton + seart bambu 1%**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume limbah beton} &= V. \text{ beton} \quad \times \quad 1\% \\
 &= 1.000 \text{ m}^3 \quad \times \quad 1\% \\
 &= 0.0100 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat serat bambu 1\%} &= V. \text{ serat bambu} \\
 &= 1\% \quad \times \quad \text{BV. Serat bambu} \\
 &= 0.010 \text{ m}^3 \quad \times \quad 588.44 \\
 &= 5.884 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 6** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 25% limbah beton + seart bambu 1% (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder
W semen	401.50 kg	2.45 kg	29.37 kg
W pasir	561.61 kg	3.42 kg	41.09 kg
W kerikil	917.48 kg	5.59 kg	67.12 kg
W limbah beton 25%	300.15 kg	1.83 kg	21.96 kg
W serat bambu 1%	5.88 kg	0.04 kg	0.43 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	15.70 kg

**c. Kebutuhan bahan untuk variasi 25% limbah beton + seart bambu 1,25%**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume limbah beton} &= V. \text{ beton} \quad \times \quad 1.25\% \\
 &= 1.000 \text{ m}^3 \quad \times \quad 1.25\% \\
 &= 0.0125 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat serat bambu 1\%} &= V. \text{ serat bambu} \\
 &= 1\% \quad \times \quad \text{BV. Serat bambu} \\
 &= 0.013 \text{ m}^3 \quad \times \quad 588.44 \\
 &= 7.356 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 7** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 25% limbah beton + seart bambu 1,25% (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder
W semen	401.50 kg	2.45 kg	29.37 kg
W pasir	561.61 kg	3.42 kg	41.09 kg
W kerikil	917.48 kg	5.59 kg	67.12 kg
W limbah beton 25%	300.15 kg	1.83 kg	21.96 kg
W serat bambu 1,25%	7.36 kg	0.04 kg	0.54 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	15.70 kg

**d. Untuk variasi 25% limbah beton + seart bambu 1,5%**

Volume limbah

$$\begin{aligned}
 \text{beton} &= V. \text{ beton} \quad \times \quad 1.5\% \\
 &= 1.000 \text{ m}^3 \quad \times \quad 1.5\% \\
 &= 0.0150 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat serat bambu} &= V. \text{ serat bambu} \\
 1\% &= 1\% \quad \times \quad BV. \text{ Serat bambu} \\
 &= 0.015 \text{ m}^3 \quad \times \quad 588.44 \\
 &= 8.827 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 8** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 25% limbah beton + seart bambu 1,5% (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder
W semen	917.48 kg	5.59 kg	67.12 kg
W pasir	300.15 kg	1.83 kg	21.96 kg
W kerikil	7.36 kg	0.04 kg	0.54 kg
W limbah beton 25%	214.58 kg	1.31 kg	15.70 kg
W serat bambu 1,5%	8.83 kg	0.05 kg	0.65 kg
W air	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg

### C. Nilai Slump

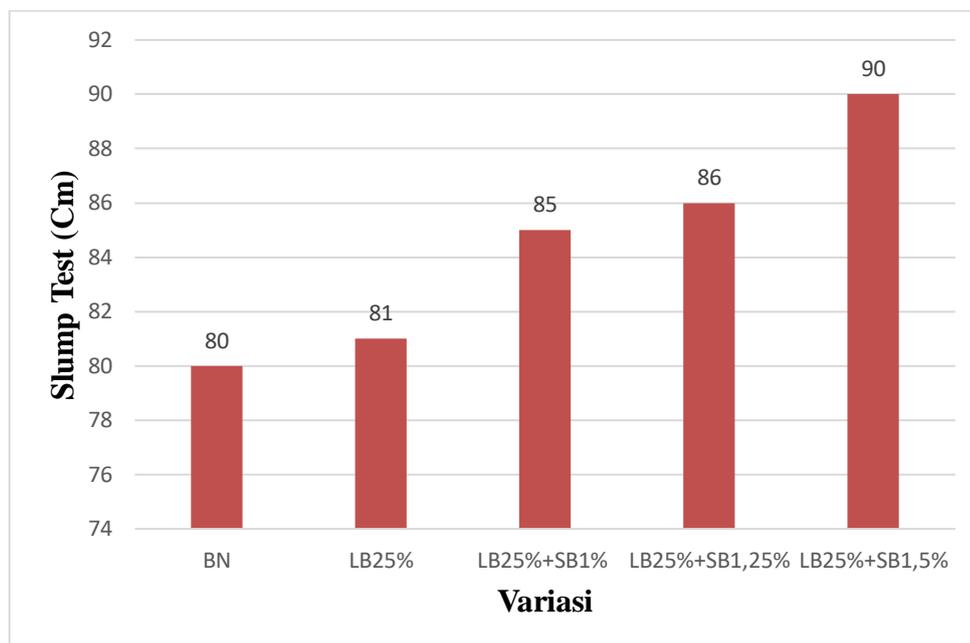
Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya

ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

**Tabel 4. 9** Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

NO	Variasi Campuran beton	Waktu campur (menit)	<i>Slump</i> rencana (mm)	<i>Slump</i> rata-rata lapangan (mm)
1	Beton normal	± 10	75 – 100	80,0
2	Limbah beton 25%			81,7
3	LB25% + SB 1%			85,0
4	LB25% + SB 1,25%			86,7
5	LB25% + SB 1,5%			90

Berdasarkan tabel 4.9 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi. Dimana pada kelima variasi beton yang didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana.



**Gambar 4.1** Perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi

Dari gambar 4.1 tampak bahwa pada beton normal memiliki Nilai slump pada beton normal adalah 80mm hampir sama dengan nilai slump variasi LB25% yaitu 81mm. Pada campuran LB25%+SB1% Dibandingkan dengan LB25% nilai slump naik sebesar 85mm. Pada variasi LB25%+SB1,25% Dibandingkan dengan nilai slump LB25% mencapai 86mm. Dan pada variasi LB25%+SB1.5% peningkatan nilai slump terhadap variasi LB25% meningkat lagi sebesar 90mm. Peningkatan nilai slump ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat bambu campuran beton menjadi semakin encer ini terjadi karena serat bambu memiliki efek yang seperti pelumas didalam campuran beton, membantu partiker-partikel beton bergerak lebih bebas satu sama lain. Ini dapat mengurangi gesekan internal dalam campuran dan meningkat Workability yang lebih baik

#### **D. Kuat Tekan**

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan terhadap benda uji Pengujian kuat tekan dilakukan pada

saat benda uji berumur 28 hari dengan sebanyak 12 sampel yang terdiri dari 5 variasi campuran yaitu beton normal, Limbah beton 25%, Limbah beton 25 + Serat bambu 1%, Limbah beton 25 + Serat bambu 1,25%, Limbah beton 25 + Serat bambu 1,5%. Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 3 sampel silinder dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang diperoleh sebagai berikut :

### 1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

**Tabel 4. 9** Rekap hasil kuat tekan beton normal

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12.340	460	25.15
2	28 Hari	12.570	441	
3	28 Hari	12.330	432	

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan sebesar 25,15 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang rencanakan.

### 2. Limbah beton 25%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada limbah beton yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

**Tabel 4. 10** Rekap hasil kuat tekan limbah beton

No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f'c
-----	------	-------	-------	----------------

		(Kg)	(KN)	(MPa)
1	28 Hari	12.200	370	21.89
2	28 Hari	12.235	390	
3	28 Hari	12.250	400	

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan sebesar 21,89 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang rencanakan.

### 3. Limbah beton 25%+ Serat bambu 1%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada limbah beton dan serat bambu yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

**Tabel 4. 11** Rekap hasil kuat tekan limbah beton 25%+ Serat bambu 1%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12.390	300	18.49
2	28 Hari	12.650	330	
3	28 Hari	12.650	350	

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan sebesar 18,49 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang rencanakan.

### 4. Limbah beton 25%+ Serat bambu 1,25%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada limbah beton dan serat bambu yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

**Tabel 4. 12** Rekap hasil kuat tekan limbah beton 25%+ Serat bambu 1,25%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12.250	300	18.30
2	28 Hari	12.322	320	
3	28 Hari	12.300	350	

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan sebesar 18,30 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang rencanakan.

#### 5. Limbah beton 25%+ Serat bambu 1,5%

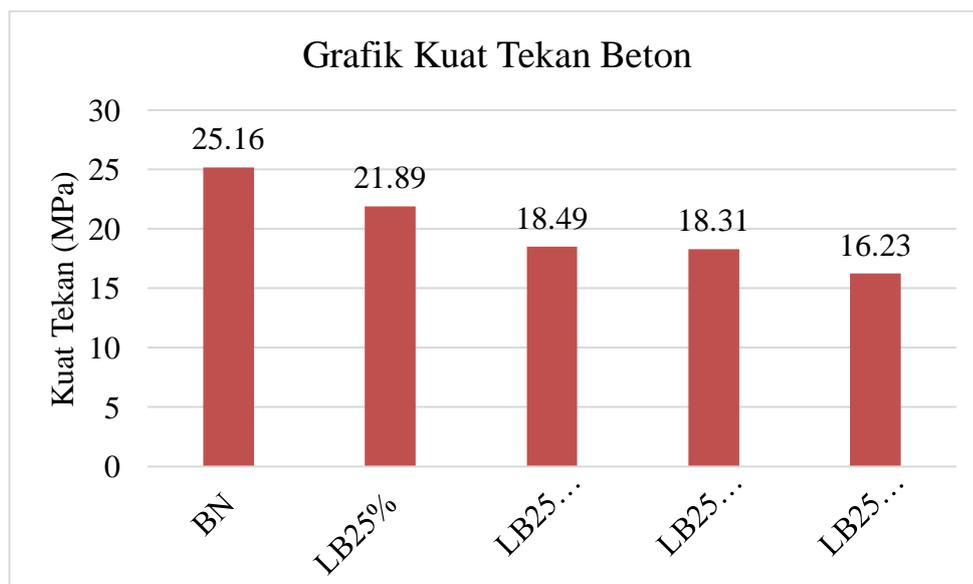
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada limbah beton dan serat bambu yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

**Tabel 4. 13** Rekap hasil kuat tekan limbah beton 25%+ Serat bambu 1,5%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12.345	310	16.23
2	28 Hari	12.300	250	
3	28 Hari	12.420	300	

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder 16,23 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang rencanakan.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan limbah beton dan serat bambu terhadap kuat tekan



**Gambar 4. 2** Grafik kuat tekan untuk masing-masing variasi

Dari grafik diatas didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton normal pada usia beton 28 hari sebesar 25,15 MPa yang telah melebihi nilai kuat tekan yang direncanakan. Pada variasi limbah beton kuat tekan yang didapat sebesar 21,89 MPa yang dimana belum mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan. Pada penambahan variasi serat bambu sebesar 1 % didapatkan nilai kuat tekan yang menurun, nilai kuat tekan yang didapat sebesar 18,49 MPa dimana nilai kuat tekan pada variasi penambahan 1% tidak mencapai nilai kuat tekan beton normal. Pada penambahan serat bambu 1,25 % nilai kuat tekan yang didapatkan sebesar 18,31 MPa yang masih belum mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan. Pada penambahan variasi serat bambu 1,5% nilai kuat tekan yang didapat sebesar 16,23 dan merupakan variasi penambahan serat bambu dengan nilai kuat tekan paling rendah.

Grafik 4.2 menjelaskan bahan pengguna limbah beton memenuhi spesifikasi kuat tekan dibanding pengguna serat bambu kuat tekan dengan penggunaan limbah beton sebagian dari spesifikasi agregat kasar sebesar 25% mengakibatkan penurunan kuat tekan seiring penambahan serat bambu.

Penggunaan agregat kasar dengan limbah beton sebanyak 25% memenuhi kuat tekan dan penambahan serat bambu pada beton memenuhi kuat tekan (semakin banyak penggunaan serat bambu semakin rendah kuat tekan beton)

#### **E. Kuat Tarik Belah Beton**

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan

benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 8 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal, limbah beton 25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1%, limbah beton 25%+ serat bambu 1,25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1,5%. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal, limbah beton 25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1%, limbah beton 25%+ serat bambu 1,25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1,5%. adalah sebagai berikut:

#### 1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 12** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal  
(Sumber: Hasil pengolahan data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan $f_c$ (MPa)
1	28 Hari	12.350	100	300	150	5,111
2	28 Hari	12.300	130	300	150	

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 5,11 MPa. Berdasarkan sumber nilai kuat tarik belah berkisar antara 9-15%. Sehingga nilai pengujian kuat tarik belah sudah sesuai dengan nilai kuat tarik belah teoritis.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4.3** Gambar tarik belah normal

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{9}{20} \times 100 \\ &= 45 \% \end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Bawah}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{11}{20} \times 100 \\ &= 55 \% \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 45% : 55 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

## 2. Beton Limbah 25% tanpa Serat Bambu

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi limbah beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 14** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi LB  
(Sumber: Hasil pengolahan data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,250	95	300	150	4,778
2	28 Hari	12.110	120	300	150	

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi limbah beton didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 4,77 MPa.



**Gambar 4. 4** Gambar Tarik belah limbah beton 25%

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{16}{34} \times 100 \\ &= 47,05 \% \end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Bawah}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{18}{34} \times 100 \\ &= 52,94 \% \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 56,09% : 43,90 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

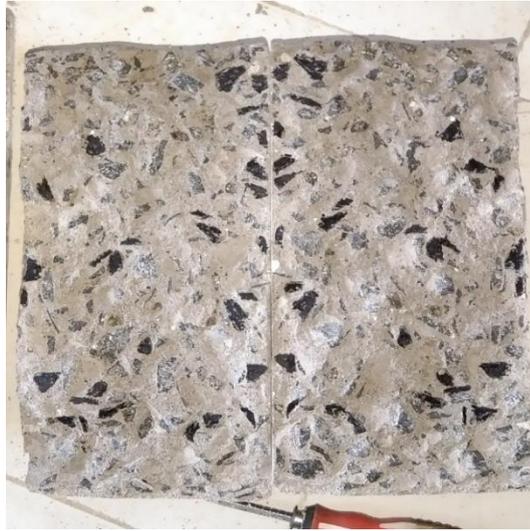
### 3. Variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 15** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1% (Sumber: Hasil pengolahan data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,565	100	300	150	4,222
2	28 Hari	12,170	90	300	150	

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 4,22 Mpa.



**Gambar 4. 5** Gambar tarik belah Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1%

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat \text{ Atas}}{\text{Total agregat}} \times 100 \\ &= \frac{14}{29} \times 100 \\ &= 48,27 \% \end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat \text{ Bawah}}{\text{Total agregat}} \times 100 \\ &= \frac{15}{29} \times 100 \\ &= 51,72 \% \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,27% : 51,72 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

#### 4. Variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,25%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,25% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 16** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,25% (*Sumber: Hasil pengolahan data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan $f_c$ (MPa)
1	28 Hari	12,385	100	300	150	4,333
2	28 Hari	12,360	95	300	150	

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,25% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 4,33MPa.



**Gambar 4. 6** Gambar tarik belah Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1%

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{22}{42} \times 100 \\ &= 52,38 \% \end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Bawah}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{20}{42} \times 100 \\ &= 47,61 \% \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 52,38% : 47,61 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

## 5. Variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,5%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,5% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 17** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,5% (*Sumber: Hasil pengolahan data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,332	100	300	150	4,666
2	28 Hari	12,223	110	300	150	

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,5% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 4,66MPa.



**Gambar 4. 7** Gambar tarik belah Limbah Beton 25%+ Serat Bambu 1,5%

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

c. Sebaran agregat bagian atas

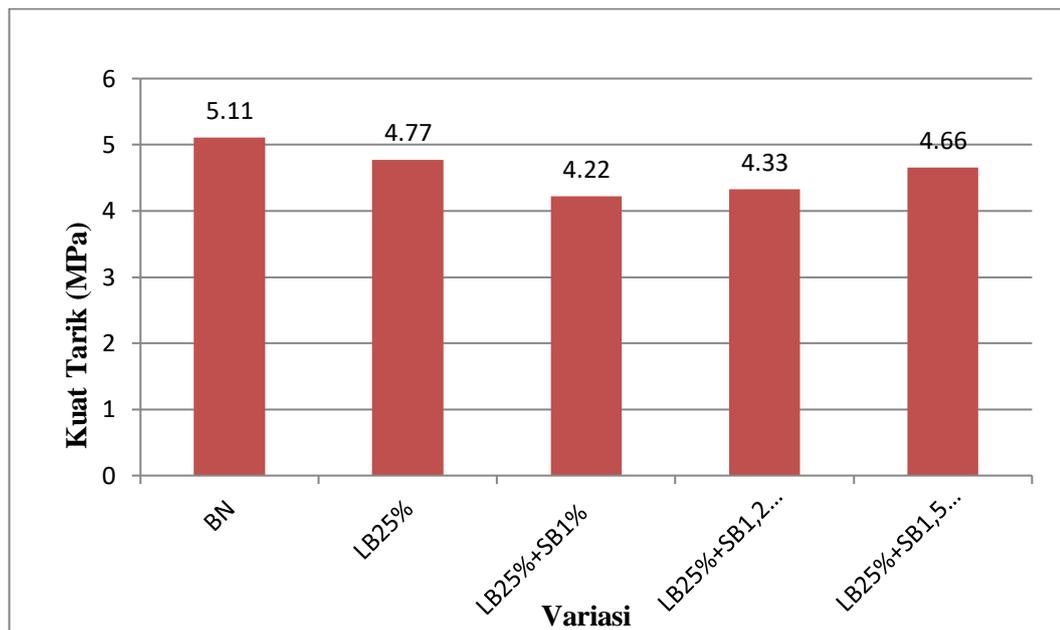
$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat \text{ Atas}}{\text{Total agregat}} \times 100 \\ &= \frac{22}{42} \times 100 \\ &= 52,38 \% \end{aligned}$$

d. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned} \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat \text{ Bawah}}{\text{Total agregat}} \times 100 \\ &= \frac{20}{42} \times 100 \\ &= 47,61 \% \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 52,38% : 47,61 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

Berikut adalah grafik pengaruh penggunaan serbuk batu gamping dan serat steel fiber terhadap kuat tarik belah beton :



**Gambar 4. 8** Grafik pengaruh penggunaan limbah beton dan serat bambu

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada beton karakteristik mengalami penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 0,34 Mpa pada beton variasi limbah beton 25%, penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 0,55 Mpa pada beton variasi limbah beton 25%+ serat bambu 1% sebesar 0,11 MPa pada beton variasi limbah beton 25%+ serat bambu 1,25% sebesar 0,33 MPa dan peningkatan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 0,45 Mpa pada beton variasi beton variasi limbah beton 25%+ serat bambu 1,5%. Maka kuat Tarik

belah beton LB lebih rendah dari beton normal kemudian kuat Tarik belah beton serat bambu lebih rendah dari BLB dan BN.

Kuat Tarik belah ditentukan oleh sebagian agregat kasar, atau semakin merendah sebagian agregat kasar semakin baik pada kuat tarik belah yang di butuhkan.

## F. Kuat Lentur Beton

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji balok, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur benda uji. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari mutu beton yang direncanakan ( $f'c$ ) sebesar 25 MPa sebanyak 8 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 5 (lima) variasi campuran, yaitu Beton Normal, limbah beton 25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1%, limbah beton 25%+ serat bambu 1,25%, limbah beton 25%+ serat bambu 1,5%. Untuk masing- masing variasi campuran dibuat 2 sampel. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

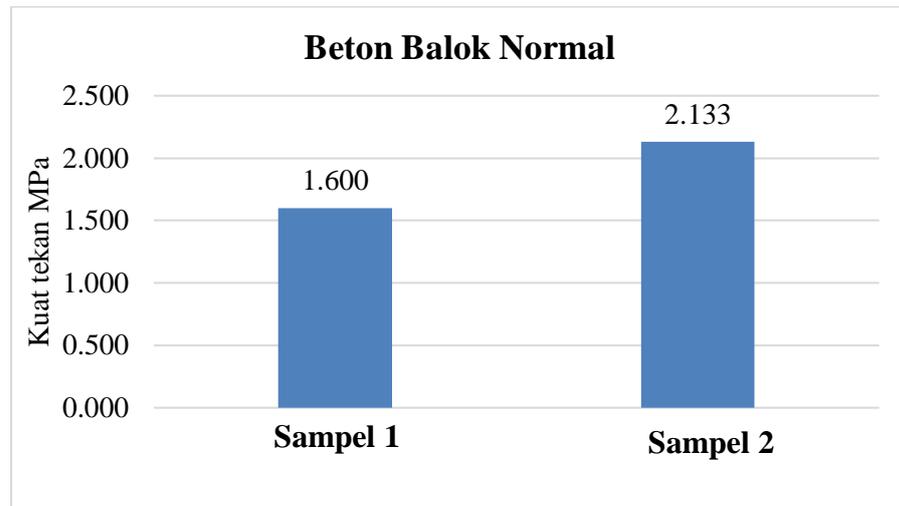
### 1. Beton Normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi normal dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 18** Kuat lentur balok Beton Normal (*Sumber: Analisis Data*)

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,900	0,0	0,000	
	2	32,900	6,0	1,600	Patah
2	1	31,860	0,0	0,000	
	2	31,860	8,0	2,133	Patah

Tabel 4.18 di atas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 14,00 KN dengan rata-rata 7,00 KN dan jumlah modulus of rapture 3,73 MPa dengan rata-rata 1,86 MPa. Pada detik ke 2 (dua) kedua sampel balok sudah patah



**Gambar 4.9** Grafik Beton Normal

Pada gambar 4.3 di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi normal sampel 1 sebesar 1,60 MPa dan sampel 2 sebesar 2,13 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 0,53 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 1,86 MPa.

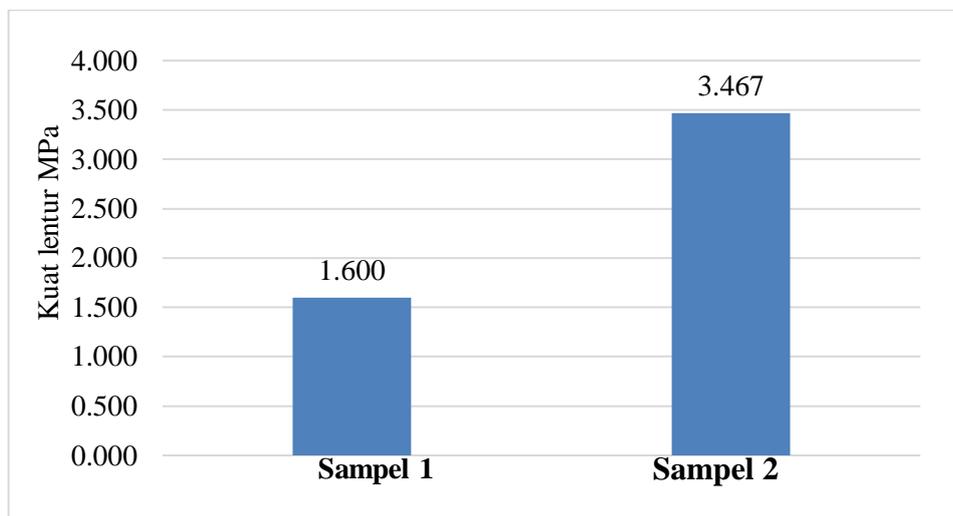
## 6. Limbah beton 25% tanpa Serat Bambu

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi limbah beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.19** Kuat lentur balok variasi limbah beton 25% ( *Sumber: Analisis data*)

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	31,695	0,0	0,000	
	2	31,695	6,0	1,600	Patah
2	1	32,855	0,0	0,000	
	2	32,855	4,0	1,067	
	3	32,855	13,0	3,467	Patah

Tabel 4.14 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 19,00 KN dengan rata-rata 9,50 KN dan jumlah modulus of rapture 5,07 MPa dengan rata-rata 2,53 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



**Gambar 4. 10** Grafik kuat lentur variasi limbah beton 25% tanpa serat bambu

Gambar 4.4 menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi agregat halus alami sampel 1 sebesar 1,60 MPa dan sampel 2 sebesar 3,46 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 1,6 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,53 MPa.

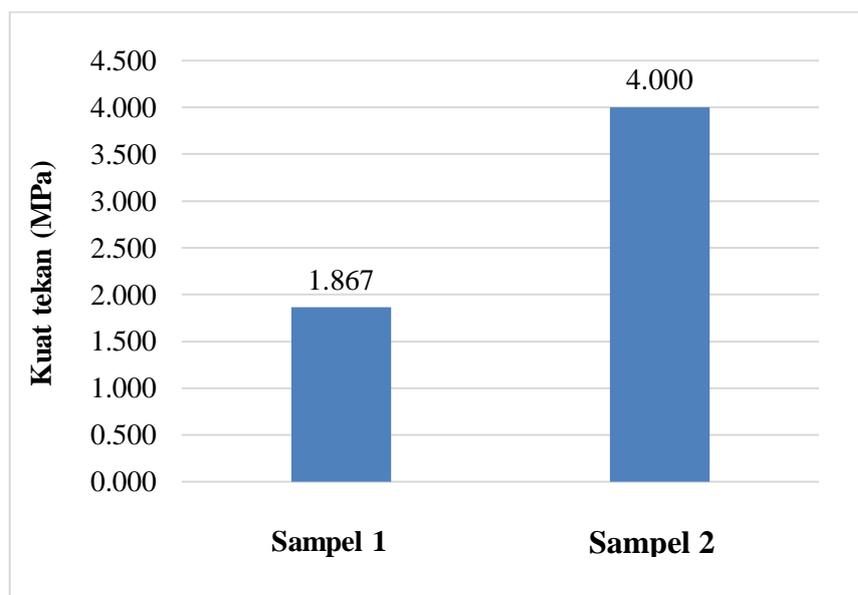
#### **7. Limbah beton 25% + serat bambu 1%**

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi limbah beton dan serat bambu dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 20** Balok variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1% ( *Sumber : Analisis data* )

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,250	0,0	0,000	
	2	32,250	7,0	2,667	Patah
2	1	32,210	0,0	0,000	
	2	32,210	8,0	2,133	
	3	32,210	15,0	4,000	Patah

Tabel 4. 15 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 22,00 KN dengan rata-rata 11,00 KN dan jumlah modulus of rapture 5,87 MPa dengan rata-rata 2,93 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



**Gambar 4. 11** Grafik kuat lentur variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1%

Gambar 4. 5 menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1% sampel 1 sebesar 1,86 MPa dan sampel 2 sebesar 4,00 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 2,13 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,93 MPa.

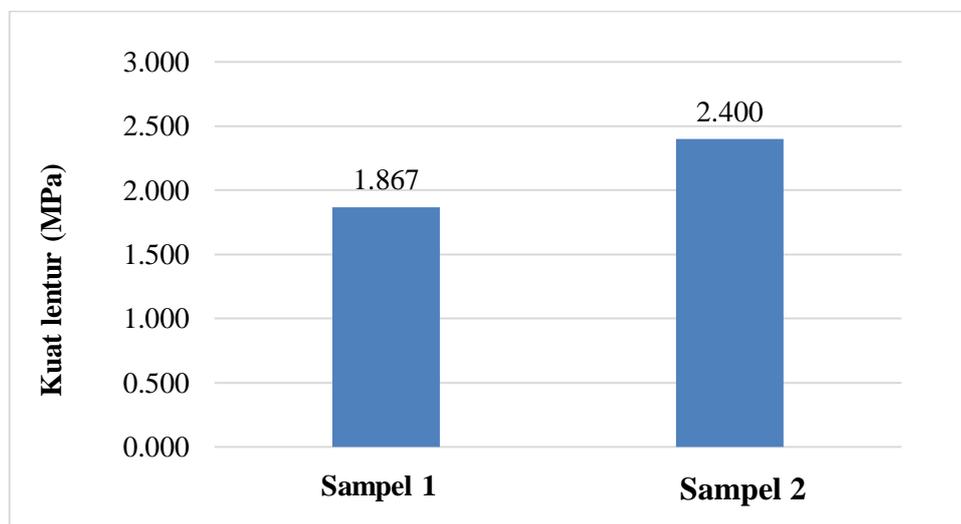
### 8. Limbah beton 25% + serat bambu 1,25%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton Variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,25% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat Tarik lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 21** Balok variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,25% (*Sumber: Hasil pengolahan data*)

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,900	0,0	0,000	
	2	32,900	7,0	1,867	Patah
2	1	31,860	0,0	0,000	
	2	31,860	9,0	2,400	Patah

Tabel 4.16 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 16,00 KN dengan rata-rata 8,00 KN dan jumlah modulus of rapture 4,27 MPa dengan rata-rata 2,13 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



**Gambar 4. 12** Grafik kuat lentur variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,25%

Gambar 4.6 di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi agregat halus alami sampel 1 sebesar 2,40 MPa dan sampel 2 sebesar 2,93 MPa. Sampel 2

mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 0,53 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,67 MPa.

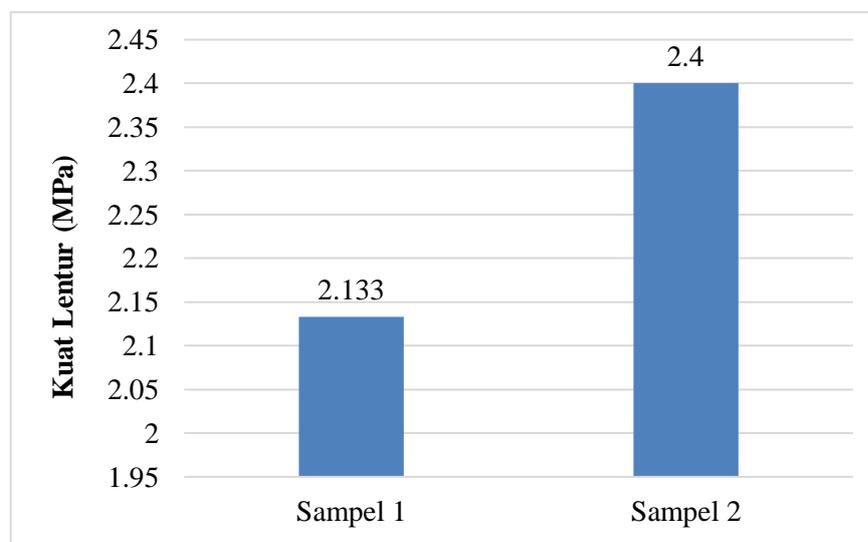
### 9. Variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,5%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton Variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,5% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat Tarik lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4. 22** Balok variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,5% (*Sumber: Hasil pengolahan data*)

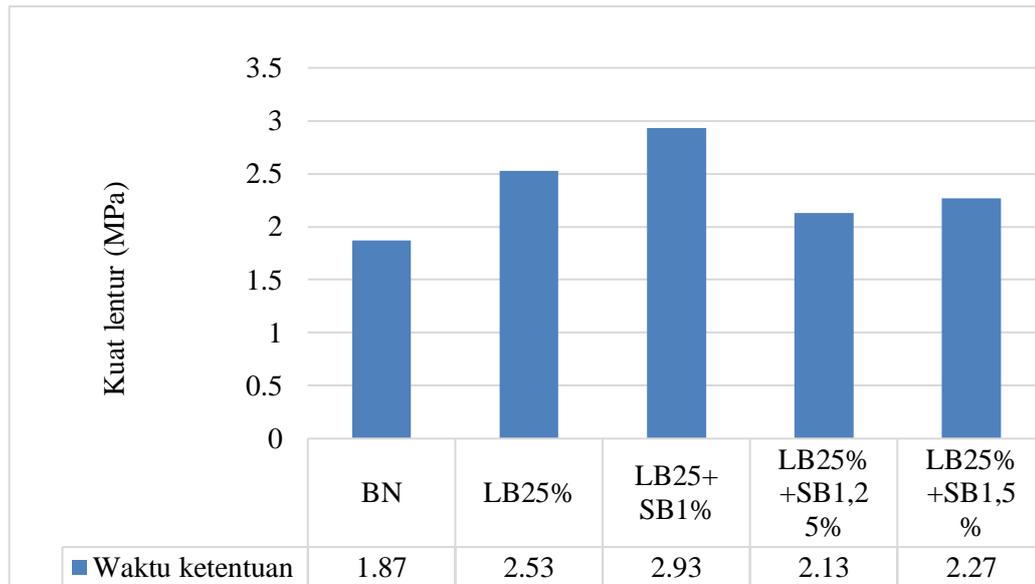
Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,360	0,0	0,000	
	2	32,360	8,0	2,133	Patah
2	1	32,355	0,0	0,000	
	2	32,355	9,0	2,400	Patah

Tabel 4.17 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 17,00 KN dengan rata-rata 8,50 KN dan jumlah modulus of rapture 4,53 MPa dengan rata-rata 2,27 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



**Gambar 4. 13** Grafik kuat lentur variasi Limbah beton 25% + serat bambu 1,5%

Gambar 4.7 di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi limbah beton dan serat bambu sampel 1 sebesar 2,13 MPa dan sampel 2 sebesar 2,40 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 0,27 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,27 MPa.

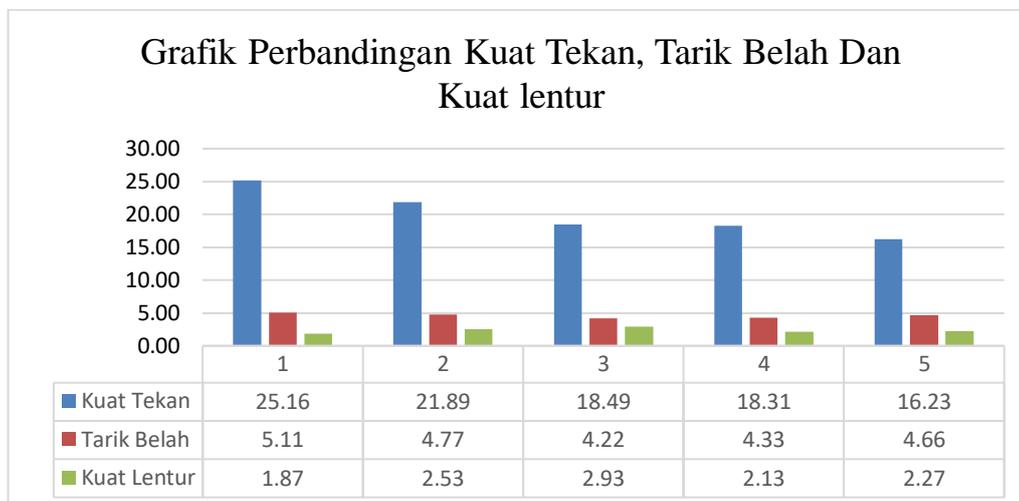


**Gambar 4. 14** Grafik kuat lentur beton

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya serat bambu pada campuran beton, maka semakin menurunkan kuat lentur pada campuran beton. Nilai kuat lentur rata-rata pada variasi normal sebesar 1,87 MPa, variasi LB25% sebesar 2,53 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 0,13 MPa dari variasi normal. Sedangkan variasi beton LB+SB1% mengalami peningkatan nilai dari variasi LB25% sebesar 0,4 MPa dan Variasi LB25%=SB1,25% dan LB25%+SB1,5% penurunan sebesar 0,14 MPa dari variasi agregat LB25%.

Berikut grafik perbandingan kuat tekan, Tarik belah, dan kuat lentur sebagai berikut:

Grafik perbandingan kuat tekan, Tarik belah, kuat lentur

**Gambar 4. 15** Grafik perbandingan kuat tekan, Tarik belah, kuat lentur

Berdasarkan gambar 4. 15 dapat diketahui bahwa perbandingan antara kuat tekan, Tarik belah dan kuat lentur menghasilkan nilai kekuatan yang berbeda, masing-masing dengan nilai karakteristiknya sendiri. Kuat tekan didapat nilai beton normal sebesar 25,16 MPa, LB25% dengan nilai sebesar 21,89MPa, LB25%+SB1% dengan nilai sebesar 18,49 MPa, LB25%+SB1,25% dengan nilai sebesar 18,31MPa, LB25%+SB1,5 dengan nilai sebesar 16,23MPa. Dan kuat tarik belah dengan nilai beton normal sebesar 5,11 MPa, LB25% dengan nilai sebesar 4,77 MPa, LB25%+SB1% dengan nilai sebesar 4,22 MPa, LB25%+SB1,25% dengan nilai sebesar 4,33 MPa, LB25%+SB1,5 dengan nilai sebesar 4.66 MPa. Dan untuk nilai kuat lentur beton normal sebesar 1,87 MPa, LB25% dengan nilai sebesar 2,53 MPa, LB25%+SB1% dengan nilai sebesar 2,93 MPa, LB25%+SB1,25% dengan nilai sebesar 2,13 MPa, LB25%+SB1,5 dengan nilai sebesar 2,27 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa secara signifikan nilai kuat tarik belah dan kuat lentur lebih kecil dari pada kuat tekan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh substitusi limbah beton dengan penambahan serat bambu terhadap workability
  - a. Subtitusi agregat kasar dengan limbah beton sebesar 25% memiliki workability yang lebih baik disbanding beton normal disebabkan jumlah agregat kasarnya lebih sedikit. Sehingga kualitas kekompakannya lebih rendah.
  - b. Semakin banyak penggunaan serat bambu workabilitynya semakin baik karena kohesi antara serat bambu dengan campuran lebih rendah disbanding kohesi antar butiran agregat dalam campuran beton segar.
2. Pengaruh substitusi terhadap karakteristik beton untuk hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat tarik lentur beton.
  - a. Subtitusi agregat kasar dengan limbah beton sebesar 25% menurunkan nilai karakteristik beton(kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur) karena jumlah agregat kasar pada BL25% lebih sedikit disbanding beton normal.
  - b. Penambahan serat bambu pada beton menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dan tarik belah, tetapi dalam jumlah yang relatif sedikit (1%) kuat lenturnya meningkat dan selanjutnya semakin menurun seiring penambahan

serat bambu yang

## **B. Saran**

Adapun saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Pemaafaatan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar dapat dilakukan dengan syarat agregat substitusi dari limbah beton sehingga bebas dari pasir semen (semakin bersih permukaan agregat substitusi limbah beton semakin baik) sehingga kualitas beton yang dihasilkan dapat setara dengan beton normal, Karena jumlah agregat substitusi cenderung sama dengan agregat kasar yang disubstitusi. Hal ini untuk menghindari penurunan beton akibat penggunaan limbah beton.
2. Serat bambu yang digunakan dibuat sedemikian rupa sehingga permukaanya kohesifitasnya tidak lebih rendah dari sifat kohesifitasnya butiran agregat kasar dan agregat halus
3. Bisa menggunakan jenis bambu yang berbeda dengan usia bambu yang lebih matang.
4. Penambahan serat bambu hendaknya tidak melebihi 1% dari berat semennya.
5. Penelitian selanjutnya sebaiknya penambahan variasi yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abibullah. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Karajata Engineering*. 1(2): 32-40
- Ashad, A., Billa. G. W. S. & Supri, S. C. (2019). *Persamaan Konstitusif Beton Menggunakan Beton Daur Ulang Sebagai Agregat Kasar Dengan Additive Silica Fume*. 4(1): 41-53
- ASTM. (2013). *Standart Spesification For Chemical Admixture For Concrete*. ASTM C494/C494M – 13. ASTM:Amerika Serikat
- Badan Standar Nasional. (2000) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2002) *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. SNI 03-2491-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2002). *Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. SNI 03-2847-2002. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2008) *Cara Uji Slump Beton*. SNI 1972:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2011) *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Banda Uji Silinder*. SNI 1974:2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasannya*. SNI 2847:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. (2012) *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. SNI 7656:2012. Jakarta: Departemen pekerjaan umum
- Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. (2021). *Panduan penulisan proposal & skripsi*. Parepare: Universitas Muhammadiyah Parepare
- Fauzi, A. & Walujodjati, E. (2021). *Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat Kasar Daur Ulang dan Bahan Tambah Tipe F Super Plasticizer*. 19(2): 401-410
- Hardjasaputra, H. & Ciputera, A. (2008). *Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Beton Baru*. Banten: Jurnal Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan.

- Hariyanto.(2018) *Pemanfaatan Limbah Bangunan Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton* Jurnal Ilmiah Teknosains. 4(2):101
- Helmy Hermawan T,Johannes A, Tjondro dan Handoko (2020) Studi Eksperimental Pengaruh Serat Bampu Terhadap Sifat-Sifat Mekanis Campuran Beton
- Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Aprilianus, Y., (2016). Pengaruh Jenis Air Pada Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Transukma*. 1(2): 202-212
- Idrus, A. R. (2021). *Karakteristik Beton Berongga Dari Limbah Pecahan Beton*. Tesis tidak dipublikasikan. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar
- Indra Kusumawardhana,Teguh,M.(2022) Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton
- Jong, E. P. I. (2018). *Pengaruh Penggunaan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Porous Yang Menggunakan Rca (Recycle Coarse Aggregate)*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Namrah. & Muis, A. (2022). Pengaruh Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah No Drop Plaston Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Karajata Engineering*. 2(1): 58-63
- Nawy, E. G. (1996). *Reinforcement Concrete Pendekatan Fundamental (Edisi Ketiga)*. New Jersey:Prentice Hall, Sungai Pelana Atas
- Pujianto, A. (2011). Beton Mutu Tinggi Dengan Admixture Superplasticizer Dan Aditif Silicafume. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. 14(2): 177-185
- Sudika, I. G. M., Eka Partama, I. G. N., & Surya Dinata, I. G. (2019). *Analisis Limbah Benda Uji Beton untuk Mensubstitusi Agregat Kasar pada Campuran Beton*. Jurnal Teknik Gradien. 11(1) :45-56
- Surya Saputro (2021) “Analisis Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton
- Tjokrodimulyo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafir