

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri konstruksi di Indonesia sedang mengalami perkembangan yang pesat. Perkembangan tersebut berdampak terhadap kebutuhan penggunaan beton. Beton merupakan unsur dari konstruksi yang mempunyai peranan penting dalam pembangunan. Menurut SNI 03-2847-2012, Pasal 3.12 pengertian beton adalah suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air, dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Dibandingkan menggunakan bahan lainnya, beton juga diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan, antara lain memiliki kekuatan yang baik dan harga yang relatif murah, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan dan bahan baku penyusunannya pun mudah didapat.

Sebagai bahan dalam konstruksi hal yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton adalah tingkat efisiensi dan faktor efektifitasnya. Secara umum beton terbuat dari bahan-bahan yang dapat diperoleh dan diolah (*workability*) serta bahan pengisi (*filler*), yang harus diperlukan dalam suatu konstruksi, memiliki keawetan (*durability*) dan kekuatan (*strenght*). Dari sifat yang dimiliki beton itulah yang menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Pencampuran beton dengan serat adalah inovasi untuk meningkatkan kekuatan beton. Beton serat merupakan bahan

komposit yang pembuatannya ditambahkan serat dalam campuran beton. Serat yang digunakan dalam pengujian kali ini adalah serat *fiberglass*.

Fiberglass merupakan bahan yang terbuat dari cairan kaca yang diubah menjadi serat tipis yang berukuran diameter mulai dari 0,005 mm hingga 0,01 mm. Bahan ini umumnya digunakan sebagai komponen dalam bahan komposit yang dikenal sebagai *Glass Reinforced Plastic*. Kelebihan serat *fiberglass* meliputi bobot yang ringan dan kekuatan tarik serta ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat baja. Penggunaan serat *fiberglass* dalam beton dapat mengurangi retakan yang terjadi. Studi menunjukkan bahwa beton yang mengandung serat *fiberglass* cenderung memiliki retakan yang lebih sedikit daripada beton tanpa serat. Namun, perlu diingat bahwa penambahan serat secara berlebihan dapat menghambat proses pemadatan beton dan akhirnya mempengaruhi kekuatan tekan beton.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada kesempatan ini penulis ingin melakukan penelitian dengan menggunakan material campuran beton dengan judul **“ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN SERAT *FIBERGLASS* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON”** dengan komposisi serat *fiberglass* yang digunakan yaitu, 0%, 0,5%, 1,0% dan 1,5% dari total berat semen.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah penelitian di atas, maka masalah yang ada adalah:

1. Bagaimana karakteristik beton normal dan beton campuran serat *fiberglass* dengan waktu beton umur 28 hari?

2. Berapa penggunaan serat *fiberglass* yang menghasilkan karakteristik beton yang optimal?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik beton normal dan beton campuran serat *fiberglass* pada waktu beton umur 28 hari.
2. Untuk mengetahui penggunaan serat *fiberglass* yang menghasilkan karakteristik beton yang optimal.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Semen, yaitu semen Tonasa type I (Portland Cement) dengan pertimbangan sering digunakan dalam kegiatan untuk pelaksanaan konstruksi.
2. Kuat tekan beton rencana (f'_c) sebesar 25 MPa.
3. *Fiberglass*, yaitu serat *fiberglass* dengan jenis (Chopped Strand Mat)
4. Variasi penggunaan serat *fiberglass* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 0.5%, 1,0%, dan 1,5% dari berat semen.
5. Ukuran *fiberglass* yang digunakan yaitu 2,0 cm x 2,0 cm.
6. Pengujian karakteristik beton dilakukan pada umur 28 hari yang meliputi : kuat tekan dan kuat tarik belah.
7. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah.

E. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat dapat mengetahui manfaat penggunaan serat *fiberglass* yaitu agar dapat meningkatkan keuletan (*ductility*) pada beton.. Selain itu diharapkan serat *fiberglass* sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat digunakan dalam teknologi beton.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum yang berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori yang mendukung penelitian baik dalam hal penulisan maupun analisis.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini diuraikan mengenai jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, parameter pengujian, tahap-tahap metode penelitian, dan bagan alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan secara keseluruhan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi dari seluruh penulisan, serta saran yang dikemukakan berupa sumbangan pemikiran penulis tentang permasalahan tersebut diatas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Dalam pengertian umum beton berarti campuran bahan bangunan berupa pasir dan kerikil atau koral kemudian semen bercampur air, maupun perbandingan pencampurannya. Untuk mendapatkan beton optimum pada penggunaan yang khas, perlu dipilih bahan yang sesuai dan di campur secara tepat. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material yang terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodinuljo 2007).

Beton merupakan salah satu bahan material yang umum digunakan dalam dunia konstruksi khususnya pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan pembangunan gedung. Menurut Mulyono (2004) Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*).

SNI-2847-2013 Menjelaskan bahwa beton merupakan suatu campuran semen portland ataupun semen lainnya, agregat kasar, agregat halus dan air, campuran beton juga dapat ditambahkan oleh bahan tambah (*admixture*). Beton akan mengeras dan membeku setelah mengalami pencampuran dengan air, beton akan

semakin mengeras seiring dengan penambahan umur beton. Beton akan mencapai kekuatan rencana pada umur 28 hari.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton mempunyai beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut (Hasibuan 2021) :

- a. Biaya yang diperlukan relatif murah sedikit karena bahan baku umumnya mudah didapat.
- b. Biaya pemeliharaan rendah karena beton tahan terhadap temperatur rendah ataupun tinggi serta tahan terhadap peristiwa yang disebabkan oleh kondisi lingkungan, seperti pembusukan dan pengkaratan.
- c. Kekuatannya tinggi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktur yang akan dibangun, serta jika dikombinasikan dengan bahan yang juga mempunyai kekuatan yang tinggi akan menghasilkan kesatuan struktur dan dapat digunakan dalam pembuatan bangunan mutu tinggi.
- d. Mudah dibentuk menggunakan cetakan sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan.

Adapun kekurangan beton menurut (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu sebagai berikut (Hasibuan 2021) :

- a. Adanya perbedaan dalam proses perencanaan dan pembuatan beton di daerah-daerah tertentu disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan-bahan campuran beton tergantung dari lokasi pengambilan agregatnya.
- b. Proses perencanaan dan pelaksanaannya bermacam-macam disesuaikan dengan kebutuhan bangunan yang akan dibangun karena beton mempunyai ketentuan kelas kekuatan.

- c. Diperlukan material lain seperti tulangan untuk mengatasi retak atau rapuhnya beton, karena beton mempunyai kuat tarik rendah.

B. Material Penyusun Beton

1. Agregat

Agregat adalah material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolik atau adukan beton SK-SNI-T-15-1991-01 (Sholeh, 2002).

Menurut Kardiyo (1997), agregat adalah butiran material mineral alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun sebagai pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat mortar (beton). Adapun klasifikasi agregat menurut (Magfirah et al., 2019) berdasarkan ukuran butirannya dapat digolongkan sebagai berikut :

- a. Batu, ukuran butirannya yaitu lebih besar dari 40 mm.
- b. Kerikil, ukuran butirannya yaitu antara 4,8 mm – 40 mm.
- c. Pasir, ukuran butirannya yaitu antara 0,15 mm – 4,8 mm.
- d. Debu (*silt*), ukuran butirannya yaitu lebih kecil dari 0,15 mm.

Jenis-jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton dibedakan menjadi dua (2), yaitu sebagai berikut :

- a. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar (kerikil) adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar merupakan nama lain dari kerikil ataupun batu pecah, ukuran kerikil yang umum dihasilkan dari industri pemecah batu yaitu

5 mm - 40 mm (Bintoro, Limantara, and Winarto 2018). Syarat mutu agregat kasar (kerikil) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F*, yaitu sebagai berikut :

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%
 - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a) Sisa di atas ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat.
 - b) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat.
 - c) Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maksimal 60% dan minimal 10 % dari berat.
- 7) Tidak boleh mengandung garam.



Gambar 2. 1 Agregat Kasar (Kerikil)
Sumber : Dokumentasi pribadi

b. Agregat halus (pasir)

Agregat halus (pasir) adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton yang berupa pasir alami atau pasir buatan yang diperoleh dari mesin pemecah batu, dengan ukuran butiran maksimal 4,8 mm (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021). Agregat halus yang layak digunakan dalam campuran beton yaitu agregat yang terbebas dari bahan-bahan yang dapat merusak campuran beton, seperti bahan organik, lempung, dan lain-lain.

Syarat mutu agregat halus (pasir) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F*, yaitu sebagai berikut :

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12 %
 - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal

10%

- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari larutan pembanding.
- 6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8. Apabila ayakan dengan susunan ayakan yang telah ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3, atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
 - b) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimal 10 % dari berat.
 - c) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimal 15 % dari berat
- 7) Tidak boleh mengandung garam.



Gambar 2. 2 Agregat Halus (Pasir)
Sumber :Dokumentasi pribadi

2. Semen Portland

Semen adalah bahan perekat pada beton yang berbentuk halus dan dapat mengikat agregat kasar ataupun agregat halus setelah reaksi hidrasi terjadi karena adanya penambahan air (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021).

Semen merupakan suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesive (*adhesive*) dan kohesive (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidrolik (*hydraulic cements*) (Chu-Kia Wang, 1993). (Amna, Wesli, and Hamzani 2014)

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI-15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan di giling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

a. Bahan baku pembuatan semen *portland*

Semen *Portland* terbentuk dari oksida-oksida utama yaitu : Kapur (CaO), Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi (Fe_2O_3). Bahan baku oksida-oksida tersebut diperoleh dari :

- 1) Batu kapur kalsium (CaCO_3), setelah proses pembakaran terjadi akan menghasilkan kapur oksida (CaO).

- 2) Tanah liat yang mengandung oksida Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi (Fe_2O_3).
- 3) Pasir kuarsa atau batu silica untuk menambah kekurangan SiO_2 .
- 4) Pasir besi untuk menambah kekurangan Fe_2O_3 .

b. Sifat kimia semen

Tabel 2. 1 Susunan oksida yang membentuk semen (Sumber : Tjokrodinuljo, 2007)

NO	OKSIDA	PERSENTASE
1	Kapur (CaO)	60 – 70 %
2	Silika (SiO_2)	17 – 25 %
3	Alumina (Al_2O_3)	3 – 8 %
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5 - 6 %
5	Magnesia (MgO)	0,1 - 5,5 %
6	Sulfur (SO_3)	0,5 – 3 %
7	Portash / Soda ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	0,5 – 1,3 %

c. Jenis-jenis semen *Portland*

Menurut SK-SNI T-15-1990-03 semen portland / Ordinary Portland Cement (OPC) dibedakan menjadi (Prasetyadi 2013) :

- 1) Portland Cement Type I (Ordinary Portland Cement), Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang paling banyak dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dapat digunakan untuk seluruh aplikasi yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Contohnya, ketika pemilik rumah atau tukang batu yang sedang mengerjakan proyek atau merenovasi rumah tinggal akan membeli semen di toko bangunan, mereka hanya menyebut semen, tanpa menyebut jenis semen apa yang seharusnya

digunakan atau cocok dengan lingkungan pemukiman mereka berada, antara lain : bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya.

- 2) Portland Cement Type II (Moderate sulfat resistance), Semen portland tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau di bawah semen portland tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase. Semen portland tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.
- 3) Portland Cement Type III (High Early Strength Portland Cement), Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki temperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin. Kegunaan pembuatan jalan beton, landasan lapangan udara, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.
- 4) Portland Cement Type IV (Low Heat Of Hydration), Tipe semen dengan panas hidrasi rendah. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus

diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis. Cocok digunakan untuk daerah yang bersuhu panas.

- 5) Portland Cement Type V (Sulfat Resistance Cement), Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya mempunyai kandungan garam sulfat tinggi. Sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.



Gambar 2. 3 Semen
Sumber : Dokumentasi pribadi

3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang membuat bereaksi dengan semen portland. Abrahm telah menemukan hubungan kekuatan beton hanya atas perbandingan air dengan semen (w/c ratio) yang hal ini juga mempengaruhi

kemudahan kerja (workable). Semen membutuhkan $\frac{1}{8}$ sampai $\frac{1}{4}$ dari berat air untuk menjadikannya berhidrasi sempurna, (Laintarawan, 2009).

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu 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. Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton.

Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan untuk kualitas air dalam pengadukan beton adalah :

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung yang dilihat visual
- c. Tidak mengandung tersuspensi lebih dari 2 gram per liter
- d. Tidak boleh mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram per liter, klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_3
- e. Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan tidak lebih 10 %.
- f. Air yang meragukan harus dianalisa secara kimia
- a. Khusus beton pratekan, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

Syarat-syarat air untuk adukan beton menurut ACI 318-83 :

- b. Air untuk beton harus bebas dari minyak, alkali, garam, dan bahan-bahan organik
- c. Air untuk beton pratekan atau yang dilekati alminium, termasuk agregat tidak boleh mengandung ion klorida. Untuk mencegah korosi, kadar klorida setelah beton berumur 28 hari dibatasi sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Batas kadar klorida pada beton umur 28 hari (Sumber: Buku Teknologi Bahan, H. Hakzah, S.T.,M.T.)

NO	Bentuk Konstruksi	Maksimum Clorida Ion Terhadap Berat Semen
1	Beton pratekan	0,06 %
2	Beton bertulang yang bergubungan dengan Cl dalam pemakaiannya	0,15 %
3.	Beton bertulang di tempat yang selalu kering	1,0 %
4.	Beton bertulang secara umum	0,3 %

4. Material Alternatif

Penambahan material alternatif dimaksudkan untuk memperbaiki sifat karakteristik beton, serta difungsikan sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti material dasar pada pembuatan beton. Adapun material alternatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat *fiberglass* dengan jenis *Chopped Strand Mat* yang diharapkan dapat meningkatkan keuletan (*ductility*) pada beton.

Fiberglass merupakan serat kaca yang ditarik pada garis tengah antara 0,005 mm sampai 0,01 mm menjadi serat tipis. *Glass Reinforced Plastic* adalah material komposit yang terbuat dari serat ini. Berdasarkan ACI Committee 544-1982 dalam Sianipar (2021), bahan serat dapat berupa baja, plastik, kaca, dan serat alami. Bahan

serat tersebut dapat memperbaiki sifat beton yang dapat meningkatkan ketahanan retak awal. Penggunaan serat *fiberglass* pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan variasi penambahan 0%; 0,5%; 1,0%; dan 1,5% dari berat agregat. Penambahan serat *fiberglass* diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik beton yang dimana bahan serat digunakan untuk meningkatkan ketahanan retak di awal.



Gambar 2. 4 Serat Fiberglass
Sumber : Dokumentasi pribadi

C. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam membuat sampel beton maka perlu dibuat terlebih dahulu rancang campur (*mix design*). *Mix design* atau yang dikenal dengan istilah rencana campuran beton dengan mempertimbangkan kuantitas atau perbandingan dari setiap materialnya agar beton mencapai kualitas yang disyaratkan. Adapun indikator kualitas beton didasarkan pada mutu, kekuatan, kemudahan pekerjaan dan nilai ekonomis yang dihasilkan. Rancangan campuran beton normal pada penelitian ini disusun berdasarkan (SNI 7656;2012).

Komposisi atau jenis beton yang akan di produksi bergantung pada beberapa hal, yang pertama yaitu sifat-sifat mekanis beton keras yang diinginkan, yang biasanya ditentukan oleh perencanaan struktur. Kemudian selanjutnya adalah

sifat-sifat segar yang diinginkan, yang biasanya ditentukan oleh jenis konstruksi, teknik penempatan atau pengecoran dan pemindahan. Kemudian yang terakhir adalah tingkat pengendalian (*control*) di lapangan untuk mendapatkan komposisi campuran beton tersebut perlu dilakukan proses “*trial dan error*”. Yang dimulai dari suatu perencanaan campuran dan kemudian diikuti oleh pembuatan campuran awal (*trial mix*). Sifat-sifat yang dihasilkan dari campuran awal ini kemudian diperiksa terhadap persyaratan yang ada dan jika perlu, dilakukan penyesuaian atau perubahan komposisi sampai dibuat hasil yang memuaskan .

1. Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton dalam menerima beban gaya tekan yang diberikan persatuan luas (Bintoro, Limantara, and Winarto 2018). Kuat tekan beton adalah beban gaya tekan yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat tekan tekan beton dengan standar tertentu yang dapat menghancurkan beton.

Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen, dan air. Pembuatan beton baru dikatakan berhasil apabila beton mencapai kuat tekan yang telah ditentukan atau direncanakan dalam *mix design*. (Wimaya, Ridwan, and Winarto 2020).

Menurut SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut : (Beton et al. 2021) (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021).

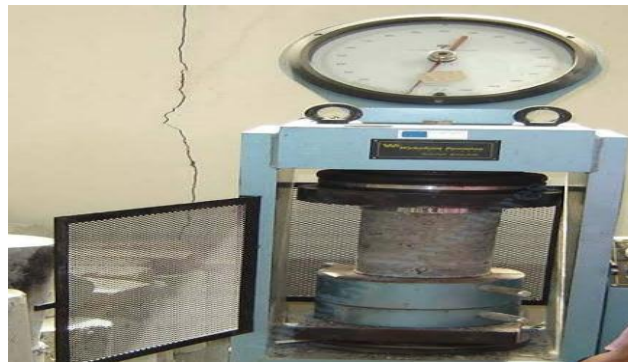
$$F_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

F_c : Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)

P : Beban yang bekerja (kg)

A : Luas penampang benda (cm^2)



Gambar 2. 5 Pengujian Kuat Tekan Pada Beton
Sumber : Google Post By Ruang Sipil

Toleransi waktu pengujian menurut SNI 1974-2011. semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus di uji dalam toleransi waktu yang di izinkan seperti table dibawah ini.

Tabel 2. 3 Toleransi waktu pengujian

UMUR UJI (HARI)	Waktu yang di izinkan
1	± 15 menit atau 2,1%
2	± 30 menit atau 2,1%
3	± 2 jam atau 2,8%
7	± 6 jam atau 3,6%
28	± 20 jam atau 3,0%
90	± 2 jam atau 2,2%

2. Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2002)

Dapat diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik yang rendah dimana besar kuat Tarik belah memiliki perbandingan sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya. nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya

Kecilnya nilai kuat tarik yang dihasilkan oleh beton yang menjadi kelemahan terbesar dari beton. Sehingga untuk menaikkan kuat tarik belah pada beton dapat dilakukan dengan menambahkan tulangan agar beton dapat mampu menahan gaya tarik. Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji yang berbentuk slinder yang berukuran diameter 15cm dan tinggi 30 cm diletakkan secara mendatar di atas meja penguji tekan. Kemudian benda uji diberi beban dari atas merata sepanjang benda uji. Apabila benda uji sudah tidak dapat menahan beban lagi, maka benda uji akan terbelah menjadi dua.

D. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang penggunaan Serat *fiberglass* dalam pembuatan beton telah banyak dilakukan dan menggunakan cara yang berbeda-beda serta hasil yang berbeda pula. Berikut adalah penjelasan singkat tentang penelitian-penelitian tersebut :

1. Penelitian Irfan Fadhlurrohman. pada tahun 2022, melakukan penelitian tentang Pengaruh penambahan serat *fiberglass* dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton, Dalam jurnal Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum penambahan serat fiberglass pada kuat tekan,

modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton serta pengaruhnya. Benda uji dalam penelitian menggunakan silinder berukuran 150 mm dan tinggi 300 mm sebanyak 49 sampel dengan umur beton 28 hari. Perhitungan perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 2834-2000 dengan kuat rencana 25 MPa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran beton dengan penambahan serat fiberglass sebesar 0,9% didapatkan kuat tekan optimum yaitu sebesar 24,91 MPa, modulus elastisitas optimum dengan penambahan serat fiberglass 0,9% yaitu sebesar 32540,484 MPa, dan kuat tarik belah optimum dengan penambahan serat fiberglass 0,6% yaitu sebesar 2,75 MPa. Pengaruh penambahan fiberglass pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Untuk nilai kuat tekan beton hasilnya tidak mencapai mutu rencana, namun nilai yang didapatkan meningkat.

2. Penelitian lain yang dilakukan Novita Dwi Ramayati pada tahun 2023, dengan judul pengaruh penambahan serat *fiberglass* pada campuran beton terhadap kinerja beton, dalam jurnal Universitas Muhammadiyah Surabaya. Tujuan Utama Penelitian ini adalah untuk menentukana kadar optimal penambahan serat fiberglass terhadap tingkat kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton, serat dampaknya terhadap kedua sifat tersebut. Dalam Pengujian, benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 15 x 30 cm. sebanyak tiga silinder digunakan untuk menguji kekuatan tekan, dan tiga benda uji lainnya digunakan untuk menguji kekuatan tarik belah, semuanya pada umur 28 hari. Proses perencanaan campuran beton mengacu pada standar SNI 756-2012. Hasil penelitian menunjukan bahwa penambahan

serat fiberglass yang cukup tinggi pada beton segar dapat mengakibatkan penurunan dalam hal kemampuan pengolahan. Namun, sifat beton setelah mengeras menunjukkan bahwa baik kekuatan tekan maupun kekuatan tarik belah mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan variasi penambahan serat fiberglass.

3. Penelitian lain yang dilakukan Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi, Deviany Kartika, Mohammad Erfan, Adi Susetyo Dermawan pada tahun 2023 dengan judul kajian experimental dan simulasi numeric penggunaan *fiberglass* sebagai bahan serat pada balok beton, dalam jurnal ilmiah teknik sipil. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan fiberglass sebagai fiber didalam beton untuk menguatkan kemampuan tarik pada beton tersebut. Dari hasil penelitian awal didapatkan bahwa kapasitas tekan pada beton dengan penggunaan fiberglass naik menjadi 27% dibandingkan dengan beton polos tanpa serat. Sedangkan jika ditinjau pada kapasitas tarik pada beton menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan sebesar 32% dibandingkan dengan beton polos tanpa serat. Kemudian dari hasil simulasi numerikal didapatkan bahwa penggunaan fiberglass pada konstruksi balok lentur dapat meminimalkan lendutan sebesar 12%, mengurangi tegangan tekan maksimum sebesar 0,04% dan tegangan tarik maksimum sebesar 0,71%
4. Penelitian lain yang dilakukan Wahyu Tri Utomo, Talitha Zhafira, Purwanto pada tahun 2023, dengan judul perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton campuran *fiberglass*, dalam jurnal Jurnal Teknik

Sipil. Kebutuhan infrastruktur terus mengalami peningkatan seperti bangunan gedung, jembatan, jalan, bendungan dan lain sebagainya. Biasanya bangunan tersebut menggunakan beton sebagai bahan utama, sehingga memiliki ketahanan yang baik. Di era modern yang semakin meningkat yang di iringi oleh perkembangan teknologi, banyak di temukan beberapa bahan yang dapat di manfaatkan sebagai salah satu campuran beton. Salah satunya dengan menambahkan serat Fiberglass ke dalam campuran beton dengan komposisi tertentu. Beton menggunakan serat (fiber) merupakan beton dengan penambahan campuran potongan-potongan fiber yang di masukan ke dalam campuran beton tersebut. dapat di ketahui bahwa penambhan serat fiberglass dapat mengakibatkan pengurangan lekatan antar butiran agregat yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton tersebut. Penurunan kuat tekan beton dapat di lihat dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran serat fiber 1% dalam usia 28 hari memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi dengan nilai 22,01 Mpa, sedangkan beton dengan campuran 2% memiliki kuat tekan yang paling rendah dengan hasil 18,35 MPa.

5. Penelitian lain yang dilakukan Amrudin Pramudianto pada tahun 2017, dengan judul analisa kuat tekan, tarik belah, kuat lentur, daya serap air dan berat jenis pada beton serat *fiberglass*, dalam jurnal etd.repository.ugm.ac.id. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan pengaruh penambahan serat fiber dengan beton normal terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton, daya

serap serta berat jenis. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton dan balok beton. Kadar bahan tambah yang digunakan dalam campuran adalah 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, dan 0,4% dari berat pasir, dengan cara substitusi terhadap berat pasir. Beton diuji pada saat beton berumur 28 hari. Dari hasil pengujian diketahui kuat tekan paling besar adalah beton serat 0,1%, kuat tarik belah paling besar adalah beton serat 0,4%, kuat lentur paling besar adalah beton serat 0,4%, daya serap air paling besar adalah beton serat 0,1%, dan berat jenis paling tinggi baik silinder beton maupun balok beton adalah 0,4%.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data melalui beberapa pengujian kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dalam bentuk angka, data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dengan membandingkan 4 (empat) variasi campuran. Metode eksperimental digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan menggunakan alat Mesin uji tekan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare.

B. Lokasi Dan Waktu

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 ($\pm$) 4 (empat) bulan yaitu dimulai pada bulan Juli 2024 sampai dengan bulan Oktober 2024.

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	TAHAPAN PELAKSANAAN	DURASI (MINGGU)	ALOKASI WAKTU (2024)															
			JULI				AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Studi Literatur	4																
2.	Persiapan Alat dan Bahan	2																
3.	Pengujian Karakteristik Bahan	2																
4.	Pembuatan Benda Uji	2																
5.	Pengujian Karakteristik Beton	5																
6.	Analisa Hasil Pengujian	4																
7	Pembahasan dan Perumusan Kesimpulan	4																

C. Alat Dan Bahan

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 No. $\frac{3}{4}$, No. $\frac{1}{2}$, No. $\frac{3}{8}$, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).

b. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton.

c. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.

d. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari B_j agregat halus.

e. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.

f. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air, B_j , dan gradasi agregat.

g. Mesin aduk beton

Mesin aduk beton digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton

h. Kerucut abrams.

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

i. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai slump.

j. Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.

k. Batang baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

l. Mesin uji tekan

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. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tonasa (50 kg) atau Semen Tipe I.

b. Agregat

1) Agregat halus yang digunakan berupa pasir

2) Agregat kasar yang digunakan berupa kerikil.

c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.

d. Serat *Fiberglass*

Serat *Fiberglass* yang digunakan yaitu berjenis *Chopped Strand Mat* dengan variasi 0%; 0,5%; 1,0%; 1,5%, dari berat semen dan ukuran 2cm x 2cm..

D. Prosedur Dan Rancangan Penelitian

1. Tahapan pemeriksaan

Persiapan serta pemeriksaan bahan yang akan digunakan untuk campuran beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Proses pemeriksaan bahan tersebut meliputi :

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, yaitu sebagai berikut :

- 1) Agregat di timbang dengan berat yang telah ditentukan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 5000 gram).
- 2) Agregat kemudian di rendam selama ± 24 jam.
- 3) Setelah direndam selama ± 24 jam, agregat kemudian dikeringkan hingga mencapai keadaan kering permukaan. Untuk mengetahui apakah kondisi sudah tercapai pada pasir dilakukan dengan cara pasir dimasukkan kedalam kerucut yang diletakkan ditempat rata, kemudian dimasukkan 1/3 bagian, kemudian padatkan dengan cara ditumbuk sebanyak 8 kali begitu pula dengan lapisan ke 2 (dua), dan untuk lapisan ke 3 (tiga) ditumbuk sebanyak 7 kali.
- 4) Untuk pasir (pasir dengan kondisi kering permukaan tadi dimasukkan kedalam piknometer sebanyak 500 gram dan ditambahkan air sampai 90 % penuh, kemudian dikocok selama ± 5 menit). Kemudian untuk kerikil (kerikil dengan kondisi kering permukaan tadi seberat 5000 gram ditimbang di udara, kemudian ditimbang di dalam air).
- 5) Agregat dikeluarkan dari wadah kemudian di oven selama ± 24 jam

6) Agregat di keluarkan dari oven kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

b. Pemeriksaan kadar organik agregat halus

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar organik agregat halus, yaitu sebagai berikut :

- 1) Pasir dimasukkan kedalam botol bening sebanyak 1/3 bagian kemudian ditambahkan juga NaOH sebanyak 1/3 bagian, kemudian botol dikocok selama ± 10 menit,
- 2) Setelah itu botol di diamkan selama 24 jam, kemudian diamati perubahan warna yang terjadi dan dibandingkan dengan menggunakan standar warna kandungan organik.

c. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Langkah-langkah untuk pemeriksaan keausan agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

- 1) Kerikil ditumbang seberat 5000 gram, kemudian dicuci dan dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110°C .
- 2) Masukkan kerikil kedalam mesin *Los Angeles Abrasion Machine* beserta bola baja kemudian tekan tombol start.
- 3) Keluarkan agregat dari dalam mesin, kemudian saring menggunakan saringan No. 12.

d. Pemeriksaan kadar air agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar air agregat, yaitu sebagai berikut :

- 1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram).
- 2) Kemudian agregat di oven selama 24 jam dengan suhu tetap 100°C.
- 3) Setelah di oven agregat ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat, yaitu sebagai berikut :

- 1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram), kemudian oven selama 24 jam.
- 2) Agregat kemudian dicuci diatas saringan No. 200 sampai lumpurnya hilang.
- 3) Setelah dicuci agregat kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 100°C, kemudian di timbang lagi untuk mendapatkan berat kering.

2. Tahapan pembuatan benda uji

a. Pemeriksaan material campuran beton

- 1) Timbang material campuran beton, yaitu semen, agregat (halus dan kasar), dan air sesuai dengan berat yang telah ditentukan dalam rancangan campuran beton.
- 2) Mempersiapkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pencampuran beton.

b. Pencampuran beton

- 1) Masukkan air kedalam mesin sebanyak 80 % dari yang telah ditentukan kemudian masukkan juga agregat dan semen.
- 2) Masukkan sedikit demi sedikit sisa air yang tadi kedalam mesin yang berputar dengan tidak kurang dari 3 menit sampai airnya habis.
- 3) Setiap variasi percobaan dilakukan pengadukan sebanyak 1 (satu) kali dan setiap pengadukan dilakukan pengujian nilai slump.

c. Pemeriksaan nilai slump

- 1) Masukkan campuran beton segar kedalam kerucut abrams sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian dengan 3 lapisan, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali.
- 2) Setelah lapisan terakhir selesai ditusuk, tunggu selama 30 detik kemudian angkat kerucut ke atas, nilai slump yaitu selisih tinggi antara kerucut abrams dengan permukaan atas beton setelah ditarik.
- 3) Setiap pencampuran beton dilakukan sebanyak 2 kali uji nilai slump kemudian dirata-ratakan hasilnya.

d. Pembuatan benda uji

- 1) Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam.
- 2) Cetakan diisi dengan campuran beton segar sebanyak 3 (tiga) lapis, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali secara merata dan cetakan penuh

- 3) Kemudian bagian atas permukaan campuran beton diratakan hingga rata dengan bagian atas cetakan dengan menggunakan tongkat perata.

3. Tahapan perawatan beton

Setelah 24 jam beton dibuka dari cetakan, kemudian diberi tanda untuk selanjutnya dilakukan perendaman didalam bak air selama periode waktu yang telah ditentukan.

4. Tahapan pengujian

a. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tekan pada beton dengan umur beton rencana 28 hari. Pada pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah yang dilakukan akan adalah sebagai berikut :

- 1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Benda uji diletakkan pada *Universal Testing Machine*.
- 3) Mesin *Universal Testing Machine* dihidupkan kemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji
- 4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

b. Kuat tarik belah

Pengujian kuat tarik belah pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tarik belah pada beton dengan umur beton rencana yaitu 28 hari.

Pada pengujian kuat tarik belah beton, langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Benda uji diletakkan secara horizontal di atas pelat mesin Universal Testing Machine.
- 3) Mesin Universal Testing Machine dihidupkan kemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tarik pada benda uji
- 4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

Jumlah sampel untuk semua variasi campuran beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 24 buah. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3. 2 Jumlah sampel dan variasi campuran beton

No	Jenis pengujian	Kode dan Variasi campuran serat <i>Fiberglass</i>	Jumlah benda uji 28 hari	Keterangan benda uji 28 hari
1.	Kuat Tekan	KT SF 0%	3	Beton silinder dengan ukuran diameter x tinggi (15 cm x 30 cm)
		KT SF 0,5%	3	
		KT SF 1,0%	3	
		KT SF 1,5%	3	

2.	Kuat Tarik Belah	KTB SF 0%	3	Beton silinder dengan ukuran diameter x tinggi (15 cm x 30 cm)
		KTB SF 0,5%	3	
		KTB SF 1,0%	3	
		KTB SF 1,5%	3	
Jumlah Total			24 Buah	

Keterangan :

KT : kuat tekan

KTB : kuat tarik belah

SF : serat *fiberglass*

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 2 (dua) yaitu sebagai berikut :

1. Data primer

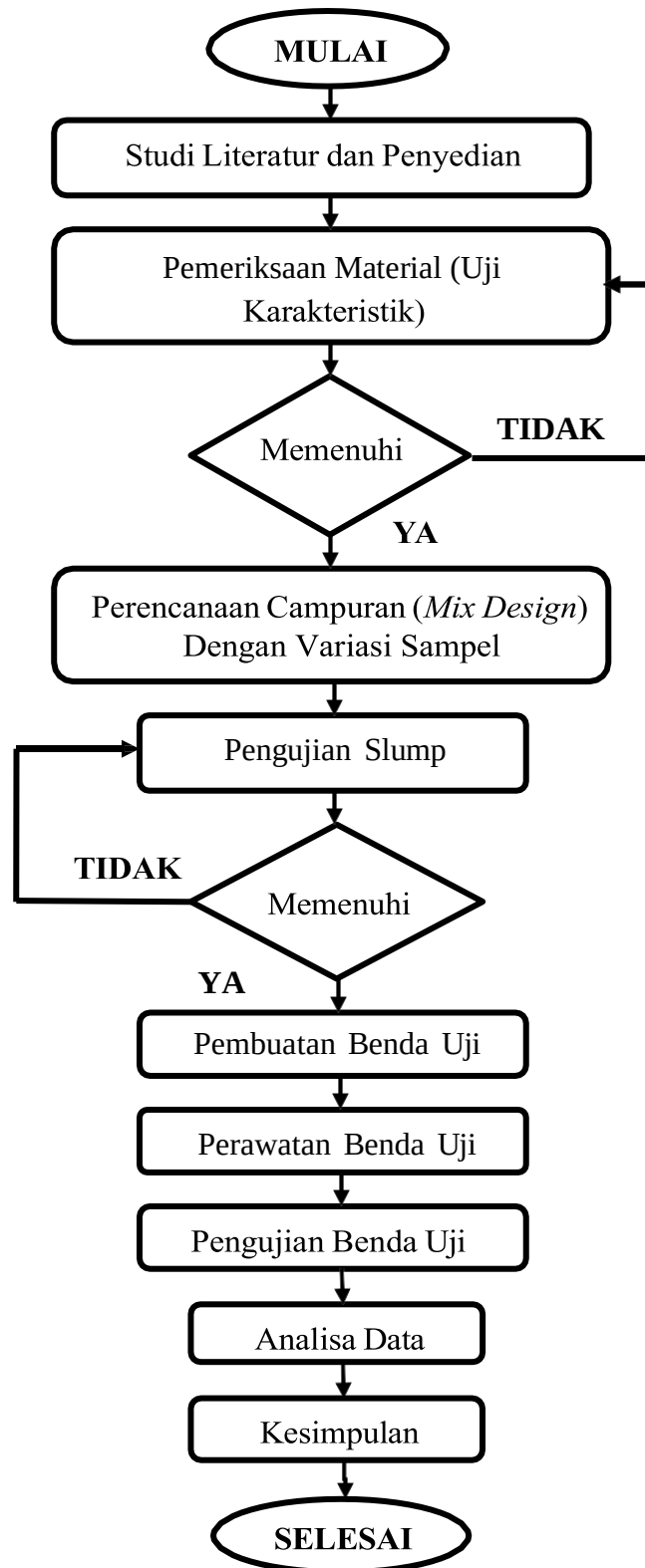
Data primer diperoleh dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut :

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan keausan (agregat kasar) dan pemeriksaan kadar organik (agregat halus).
- d. Pemeriksaan berat volume agregat.
- e. Pemeriksaan kadar air agregat.
- f. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
- g. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).

- h. Kekentalan adukan beton segar (*Slump test*).
- i. Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari berbagai referensi yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan, baik itu dari Standar Nasional Indonesia, buku-buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang dilakukan, ataupun informasi dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.

F. Diagram Alir**Gambar 3. 1** Diagram 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 (Sumber : Hasil olah data 2024)

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	3.2%	5.0%	4.10%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3.09%	5.93%	4.51%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.41	1.41	1.41	Memenuhi
	b . Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.46	1.48	1.47	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1.63%	2.25%	1.94%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.38	2.45	2.41	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.29	2.32	2.30	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.33	2.37	2.35	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.64	2.38	2.51	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 4,10% 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.2 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 4,51% 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 1,41 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,47 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.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,94% 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 2,41 berat jenis kering yaitu 2,30 dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,35 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 2,51 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 (Sumber: Hasil olah data 2024)

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1.1%	0.90%	1.00%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	28.0%	23.0%	25.5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.52%	0.91%	1.22%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.61	1.59	1.60	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.63	1.61	1.62	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1.85%	1.69%	1.77%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.68	2.65	2.67	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.55	2.54	2.55	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.60	2.58	2.59	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.74	6.55	6.64	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 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 25,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,22% 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 1,60 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,62 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 1,77% 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 2,67 Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,55 Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,59 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 6,64 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut :

Diketahui data material :

Mutu beton	= 25
<i>Slump</i>	= 75 - 100
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1,617
BJ semen tanpa tambahan udara	= 3,08
Modulus kehalusan agregat halus	= 2,51
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2,35
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2,59
Penyerapan air agregat halus	= 1,94%
Penyerapan air agregat kasar	= 1,77%

Kadar Air agregat halus	= 4,51%
Kadar Air agregat kasar	= 1,22%
Volume Serat <i>Fiberglass</i>	= 0,44

Perhitungan

1. Deviasi standard

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

2. Deviasi Standard

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (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)

$$M = 1,64 \times \text{SR}$$

$$= 1,64 \times 7$$

$$= 11,48 \text{ Mpa} \cong 12 \text{ Mpa}$$

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$f_{c \text{ target}} = f'_c + m$$

$$= 25 + 12$$

$$= 37$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

Agregat Halus = Alami

Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

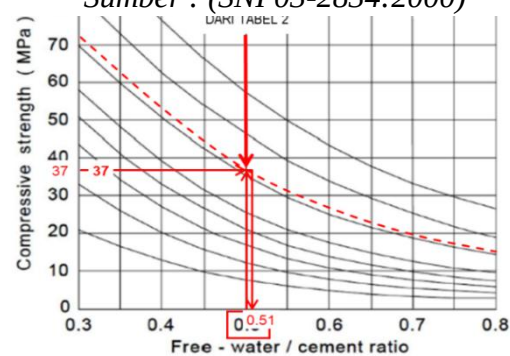
FAS bebas = 0,51 Mpa

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)				
		Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat 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. 1 Grafik perkiraan faktor air semen

Sumber : (SNI 03-2834:2000)

 f'_c rencana = 25 Mpa

$$f'c \text{ target} = 36,48 \text{ Mpa}$$

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

8. Faktor Air Semen Maksimum

$$FAS \text{ max} = 0,60$$

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 ³ 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 ± 2 , atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah :

$$= 60 - 180$$

10. Ukuran Agregat Maksimum

$$= 20 \text{ mm}$$

Tabel 4. 6 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) 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

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

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

$$W = 203,00 \text{ kg/m}^3$$

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

$$= 325,00 \text{ Kg/m}^3$$

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

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

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

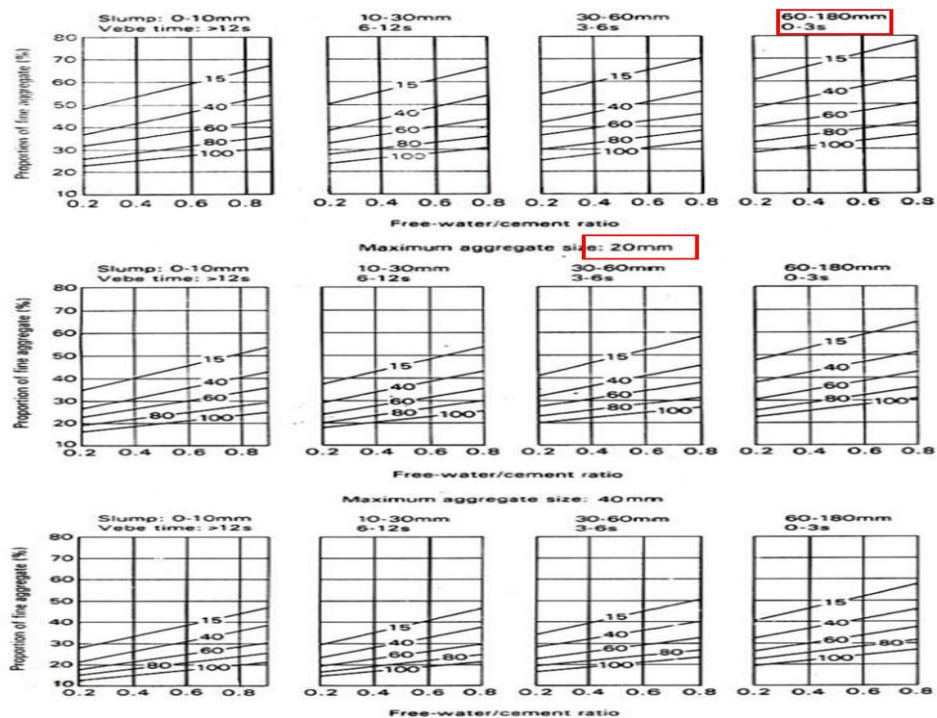
Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

$$\text{Berat Jenis Agregat Halus} = 2,35$$

$$\text{Berat Jenis Agregat Kasar} = 2,59$$

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 2 Perkiraan Persen Agregat

Sumber : (SNI 03-2834:2000)

$$\text{Persen Agregat Halus} = 59 \% + 25 \% / 2$$

$$= 41 \%$$

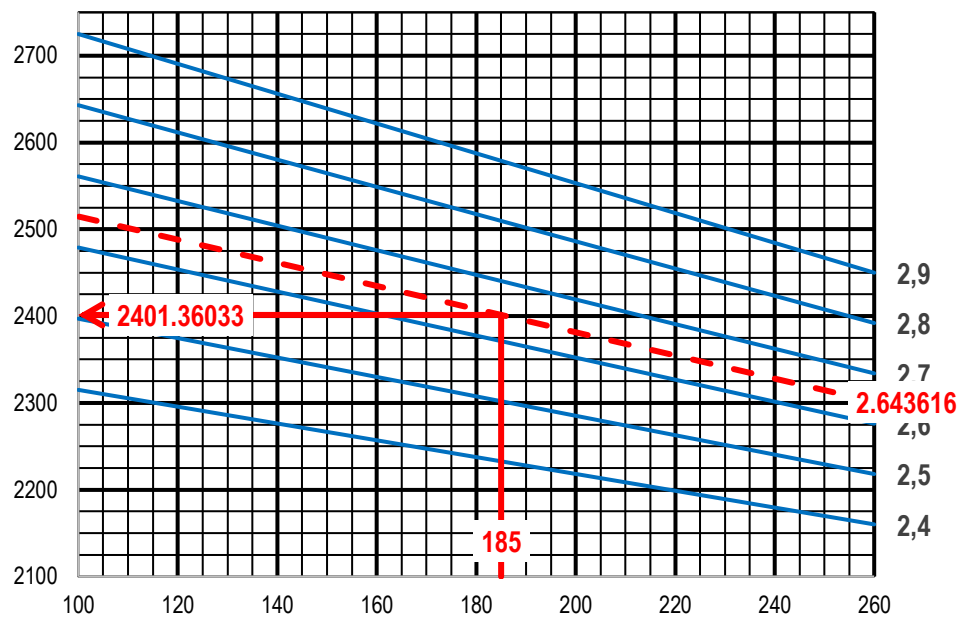
$$\begin{aligned}
 \text{Persen Agregat Kasar} &= 100 \% - \text{Persen Agregat Halus} \\
 &= 100 \% - 41 \% \\
 &= 59 \%
 \end{aligned}$$

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 B_j \text{ Ag.Gab} &= (\text{Persen Ag.Halus} \times B_j.\text{Ag.Halus}) + (\text{Persen Ag.Kasar} \times \\
 &\quad B_j.\text{Ag.Kasar}) \\
 &= 251\% \\
 &= 2,51
 \end{aligned}$$

19. Berat Isi Beton



Gambar 4. 3 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 :

Kadar Ag.gab = Berat isi beton – Kadar semen – Kadari air bebas

$$\text{Kadar Ag.gab} = 1794,5 \text{ kg/m}^3$$

21. Kadar Agregat Halus

Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

$$\text{Kadar Ag.gab} = 574,24 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar Agregat Kasar

Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan – 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 :

$$\text{Ag.Kasar} = 1,22\%$$

$$\text{Ag.Halus} = 4,51\%$$

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah :

$$\text{Ag.Kasar (Basah)} = 1,22 \% \times 1220,26 = 14,887 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Halus (Basah)} = 4,51\% \times 574,24 = 25,898 \text{ kg}$$

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

$$\text{Air yang diberikan Ag.kasar} = 1,94\% \times 1220,26 = 23,673 \text{ kg}$$

$$\text{Air yang diberikan Ag.halus} = 1,77\% \times 574,24 = 10,164 \text{ kg}$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

$$203,0 - 43,6 + 32,075 = 191,428 \text{ kg}$$

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagi berikut :

$$\text{Air (yang ditambahkan)} = 191,428 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 407,559 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Kasar} = 1015,786 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Halus} = 710,589 \text{ kg}$$

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m³ beton

Tabel 4. 7 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 1 m³ beton (Sumber : Hasil olah data 2024)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	191.4	203.0	203.0
Semen	407.6	432.2	432.2
Ag. Kasar (kering)	1015.8	1023.2	1023.2
Ag. Halus (kering)	710.6	691.6	569.7

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

1	1.32	2.37	0.47
---	------	------	------

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

$$\text{Dibutuhkan beton berbentuk silinder} = 24 \text{ silinder beton}$$

$$\text{Diameter (d)} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Volume 1 silinder} = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= 0.00530144 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total silinder} = \text{Volume 1 silinder} \times \text{Jumlah beton silinder}$$

$$= 0,00530144 \text{ m}^3 \times 24$$

$$= 0,1272345 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Volume tambahan} = \text{vol. 24 silinder} \times 15\%$$

$$= 0,1272345 \text{ m}^3 \times 15\%$$

$$= 0,01908518 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. total} = \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan}$$

$$= 0,1272345 \text{ m}^3 + 0,01908518 \text{ m}^3$$

$$= 0,14631968 \text{ m}^3$$

Tabel 4. 8 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 24 silinder beton (Sumber : Hasil olah data 2024)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
W semen	59,63 kg	63,24 kg	63,24 kg
W pasir	103,97 kg	101,20 kg	83,36 kg
W kerikil	148,63 kg	149,71 kg	149,71 kg
W air	28,01 kg	29,70 kg	29,70 kg

Kebutuhan Beton Normal :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 6 silinder beton

Diameter (d) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,3 m

$$\text{Volume 1 silinder} = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= 0,0053014 \text{ m}^3$$

Volume total silinder = Volume 1 silinder $\times$ Jumlah beton silinder

$$= 0,0053014 \text{ m}^3 \times 6$$

$$= 0,03180863 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Volume tambahan} = \text{Vol. 6 silinder} \times 15\%$$

$$= 0,03180863 \text{ m}^3 \times 15\%$$

$$= 0,00477129 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan}$$

$$= 0,03180863 \text{ m}^3 + 0,00477129 \text{ m}^3$$

$$= 0,03657992 \text{ m}^3$$

Tabel 4. 9 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 6 silinder beton (Sumber: Hasil olah data 2024)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton (kg)	Kebutuhan persatu silinder beton (kg)	Kebutuhan 6 silinder (kg)
W Semen	432,20	2,63	15,81
W Pasir	691,63	4,22	25,30
W Kerikil	1023,2	6,24	37,43
W Air	203,00	1,24	7,43

a. Untuk variasi serat *fiberglass* 0,5 %

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. serat fiberglass} &= \text{V. Pasir} \times 0,5\% \\
 &= 0,18391324 \times 0,5\% \\
 &= \mathbf{0,001 \text{ m}^3} \\
 \text{Berat serat fiberglass} &= \text{Vol. serat fiberglass} \times \text{BV.Serat fiberglass} \\
 &= 0,001 \text{ m}^3 \times 425 \\
 &= \mathbf{0,391 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Kebutuhan bahan untuk variasi serat fiberglass 0,5 % (Sumber: Hasil olah data 2024)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 6 selinder
W semen OPC	432,20 kg	2,63 kg	15,81 kg
W pasir	691,63 kg	4,22 kg	25,30 kg
W serat fiberglass	0,39 kg	0,00 kg	0,01 kg
W kerikil	1023,2 kg	6,24 kg	37,43 kg
W air	203,00 kg	1,24 kg	7,43 kg

b. Untuk variasi serat *fiberglass* 1,0 %

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. serat fiberglass} &= V. \text{ Pasir} \times 1,0\% \\
 &= 0,18391324 \times 1,0\% \\
 &= \mathbf{0,002 \text{ m}^3} \\
 \text{Berat serat fiberglass} &= \text{Vol. serat fiberglass} \times \text{BV. Serat fiberglass} \\
 &= 0,002 \text{ m}^3 \times 425 \\
 &= \mathbf{0,781 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 11 Kebutuhan bahan untuk variasi serat fiberglass 1,0 % (Sumber: Hasil olah data 2024)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 6 selinder
W semen OPC	432,20 kg	2,63 kg	15,81 kg
W pasir	691,63 kg	4,22 kg	25,30 kg
W serat fiberglass	0,78 kg	0,00 kg	0,03 kg
W kerikil	1023,2 kg	6,24 kg	37,43 kg
W air	203,00 kg	1,24 kg	7,43 kg

c. Untuk variasi serat *fiberglass* 1,5 %

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. serat fiberglass} &= V. \text{ Pasir} \times 1,5\% \\
 &= 0,18391324 \times 1,5\% \\
 &= \mathbf{0,003 \text{ m}^3} \\
 \text{Berat serat fiberglass} &= \text{Vol. serat fiberglass} \times \text{BV. Serat fiberglass} \\
 &= 0,003 \text{ m}^3 \times 425 \\
 &= \mathbf{1,172 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Kebutuhan bahan untuk variasi serat fiberglass 1,5 % (Sumber: Hasil olah data 2024)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 6 selinder
W semen OPC	432,20 kg	2,63 kg	15,81 kg
W pasir	691,63 kg	4,22 kg	25,30 kg
W serat fiberglass	1,17 kg	0,01 kg	0,04 kg
W kerikil	1023,2 kg	6,24 kg	37,43 kg
W air	203,00 kg	1,24 kg	7,43 kg

C. Nilai Slump

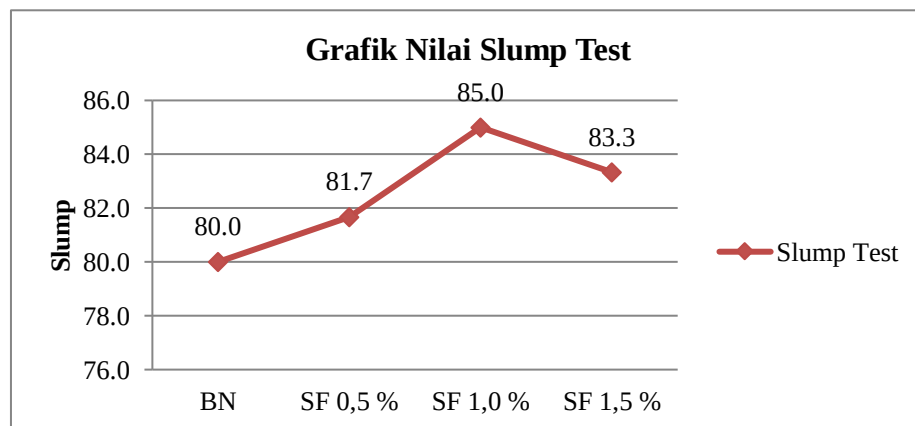
Berbeda dengan nilai slump yang digunakan untuk menilai konsistensi beton dan workability pada kondisi tertentu, hasil pemeriksaan *slump test* digunakan untuk melihat perubahan kadar air campuran beton. Semakin rendah nilai slump, semakin kental beton tersebut, dan proses pemadatan atau pekerjaan beton akan semakin sulit dan memakan waktu. Lebih mudah untuk diterapkan dan tidak memakan banyak waktu selama proses pemadatan saat bekerja.

Kerucut Abrams digunakan untuk menilai validitas *Slump tes*. Kerucut Abrams pertama kali dibasahi sebelum diletakkan di permukaan yang rata. Kerucut kemudian diisi dengan tiga lapis beton baru, yang bagian atasnya diratakan setelah tiap lapis diisi dengan 1/3 volume kerucut abrams dan ditusuk 25 kali, dengan tusukan berlanjut hingga dasar tiap lapis. Kerucut dinaikkan perlahan secara vertikal selama sekitar 30 detik, setelah itu nilai slump dihitung dengan mengukur tinggi campuran dan membandingkannya dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 13 Hasil pengujian nilai slump test (Sumber : Hasil olah laboratorium 2024)

Variasi	Titik			Rata-Rata	Ket
	1	2	3	(mm)	
	(mm)	(mm)	(mm)		
BN	80	90	70	80.0	9
SF 0,5 %	70	80	95	81.7	7
SF 1,0 %	75	85	95	85.0	6
SF 1,5 %	75	80	95	83.3	5

Berdasarkan tabel 4.17 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi. Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana dengan grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Perbandingan nilai slump pada setiap variasi (Sumber : Hasil olah data 2024)

Berdasarkan gambar 4.4 dapat dilihat bahwa Pada penambahan variasi serat fiberglass 0,5%, dan 1,0%, mengalami kenaikan slump menjadi 81,7 mm, dan 85,0 mm, sedangkan untuk variasi 1,5% naik menjadi 83,3 mm tetapi lebih rendah dari

variasi 1,0%, yang artinya variasi serat fiberglass paling encer untuk campuran beton terdapat pada variasi 1,0% dan sedikit mengalami penurunan pada variasi 1,5%. Pada beton dengan variasi SF 0,5% Campuran beton ini memiliki nilai slump terendah sebesar 81,7 mm.

D. Kuat Tekan

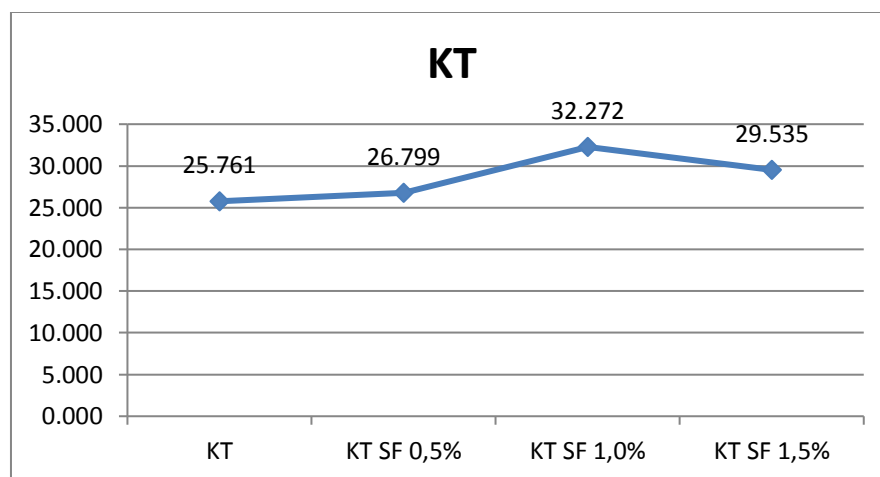
Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan terhadap benda uji. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan sebanyak 12 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, serat *fuberglass* 0,5%, serat *fiberglass* 1,0%, dan serat *fiberglass* 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.

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

Tabel 4. 14 Rekap hasil kuat tekan beton (Sumber: Hasil olah data 2024)

No.	Variasi	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (Mpa)	Waktu (Detik)
1	Silinder 0%	12,203	455,000	25,761	16,869
2	Silinder 0,5%	12,150	473,333	26,799	19,294
3	Silinder 1,0%	12,040	570,000	32,272	21,791
4	Silinder 1,5%	11,743	521,667	29,535	19,866

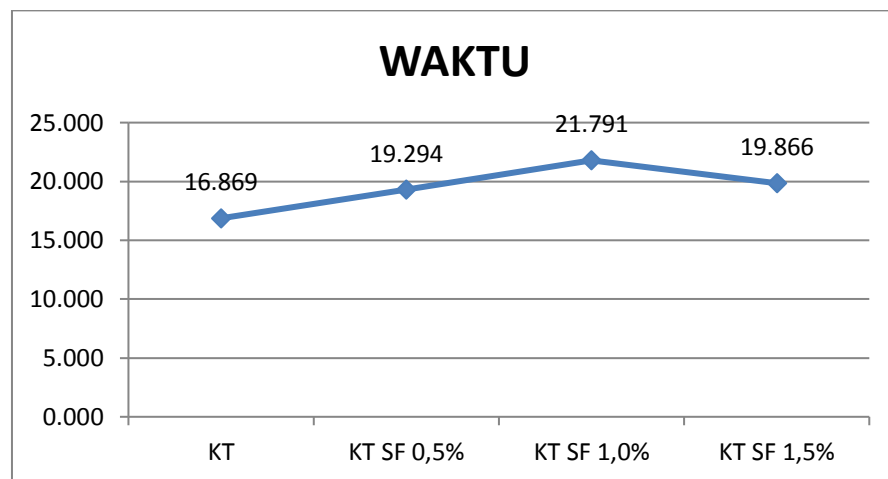
Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah untuk masing-masing variasi campuran, didapat kuat tekan dengan rata-rata 25,761 MPa untuk variasi silinder 0% , 26,799 Mpa utuk variasi SF 0,5%, 32,272 Mpa untuk variasi SF 1,0%, dan untuk variasi SF 1,5% yaitu 29,535 Mpa memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Perbandingan nilai kuat tekan pada setiap variasi
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Hal ini menunjukkan bahwa serat fiberglass meningkatkan kekuatan beton. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, kuat tekan beton meningkat dari 25,761 Mpa menjadi 26,799 Mpa. Peningkatan kuat tekan selanjutnya terlihat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan kuat tekan mencapai 32,272 Mpa. Namun, pada persentase 1,5%, kuat tekan mengalami penurunan menjadi 29,535 Mpa. Penurunan kuat tekan pada persentase 1,5% dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi serat. Penambahan serat secara berlebihan dapat

menyebabkan konsentrasi serat yang tinggi, yang dapat mengurangi kekuatan ikatan antara serat dan matriks beton. Distribusi serat yang tidak merata juga dapat menciptakan titik lemah dalam beton, yang dapat memengaruhi kekuatannya. Pada variasi serat fiberglass 1,0% merupakan variasi yang paling optimal dengan persentase peningkatan sekitar 25,27% dari beton normal.



Gambar 4. 6 Perbandingan waktu kuat tekan pada setiap variasi
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa jangka waktu kecepatan kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Ini berarti beton dengan serat fiberglass mencapai kekuatan maksimum lebih cepat. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, jangka waktu kuat tekan beton meningkat dari 16,869 detik menjadi 19,294 detik. Jangka waktu kuat tekan terus meningkat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan mencapai 21,791 detik. Pada persentase 1,5%, jangka waktu kuat tekan mengalami penurunan menjadi 19,866 detik.

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 12 buah sampel, yang terdiri dari beton normal, serat *fuberglass* 0,5%, serat *fiberglass* 1,0%, dan serat *fiberglass* 1,5%. Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 3 sampel silinder, 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, serat *fuberglass* 0,5%, serat *fiberglass* 1,0%, dan serat *fiberglass* 1,5% adalah sebagai berikut:

1. Beton normal (BN)

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. 15 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal (Sumber: Hasil pengolahan data 2024)

No.	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Waktu (Detik)
1	28	12,000	110	300	150	4,889	10,77
2	28	12,300	115	300	150	5,111	11,13
3	28	12,150	110	300	150	4,889	10,59
Rata-rata		12,150	111,667			4,963	10,83

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 4,963 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. 7 Gambar tarik belah beton normal
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

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

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{72}{146} \times 100\end{aligned}$$

$$= 49,32 \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat \text{ Bawah}}{Total \text{ agregat}} \times 100$$

$$= \frac{74}{146} \times 100$$

$$= 50,68 \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 49,32 % : 50,68 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

2. Serat fiberglass 0,5%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi serat fiberglass 0,5% 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 serat fiberglass 0,5% (Sumber: Hasil pengolahan data 2024)

No.	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Waktu (Detik)
1	28	11,980	105	300	150	4,667	10,47
2	28	12,010	110	300	150	4,889	11,04
3	28	12,050	125	300	150	5,556	10,82
Rata-rata		12,013	113,333			5,037	10,78

Pada pengujian kuat tarik belah beton pada variasi serat fiberglass 0,5% didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 5,037 MPa.



Gambar 4. 8 Gambar tarik belah beton serat fiberglass 0,5%
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

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

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{62}{128} \times 100 \\ &= 48,44 \%\end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Bawah}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{68}{128} \times 100 \\ &= 51,56 \%\end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,44 % : 51,56 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

3. Serat fiberglass 1,0%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi serat fiberglass 1,0% 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 serat fiberglass 1,0% (Sumber: Hasil pengolahan data 2024)

No.	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Waktu (Detik)
1	28	11,920	150	300	150	6,667	12,27
2	28	12,070	140	300	150	6,222	13,65
3	28	12,190	135	300	150	6,000	12,91
Rata-rata		12,060	141,667			6,296	12,94

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi serat fiberglass 1,0% didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 6,296 Mpa.



Gambar 4. 9 Gambar tarik belah variasi serat fiberglass 1,0% (Sumber : Dokumentasi pribadi)

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

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{68}{139} \times 100 \\ &= 48,92 \%\end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Bawah}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{71}{139} \times 100 \\ &= 51,08 \%\end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,92% : 51,08 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

4. Serat fiberglass 1,5%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi serat fiberglass 1,5% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi serat fiberglass 1,5% (Sumber: Hasil pengolahan data 2024)

No.	Umur (hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Waktu (Detik)
1	28	12,050	130	300	150	5,778	12,57
2	28	11,970	145	300	150	6,444	12,89
3	28	12,080	140	300	150	6,222	13,14
Rata-rata		12,033	138,333			6,148	12,87

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi serat fiberglass 1,5% didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 6,148 Mpa.



Gambar 4. 10 Gambar tarik belah variasi serat fiberglass 1,5% (Sumber : Dokumentasi pribadi)

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

c. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100$$

$$= \frac{67}{138} \times 100$$

$$= 48,55 \%$$

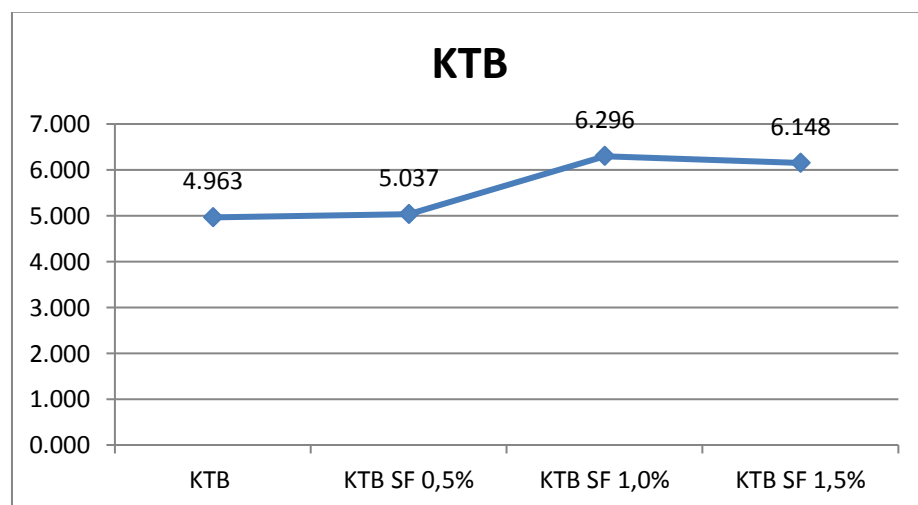
d. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat \text{ Bawah}}{Total \text{ agregat}} \times 100$$

$$= \frac{71}{138} \times 100$$

$$= 51,45 \%$$

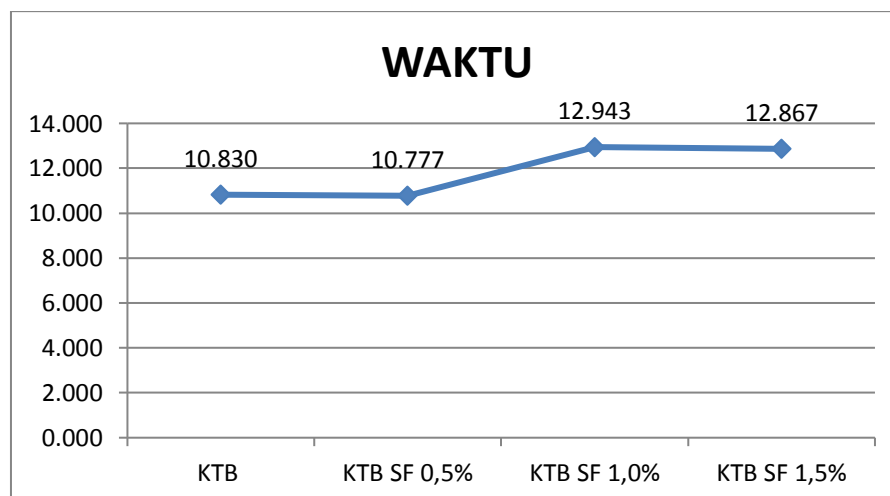
Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,55 % : 51,45 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.



Gambar 4. 11 Perbandingan nilai kuat tarik belah pada setiap variasi
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Hal ini menunjukkan

bahwa serat fiberglass meningkatkan kekuatan beton. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, kuat tarik belah beton meningkat dari 4,963 Mpa menjadi 5,037 Mpa. Peningkatan kuat tarik belah selanjutnya terlihat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan kuat tarik belah mencapai 6,296 Mpa. Namun, pada persentase 1,5%, kuat tarik belah mengalami penurunan menjadi 6,148 Mpa. Penurunan kuat tarik belah pada persentase 1,5% dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi serat, penambahan serat secara berlebihan dapat menyebabkan konsentrasi serat yang tinggi, yang dapat mengurangi kekuatan ikatan antara serat dan matriks beton. Distribusi serat yang tidak merata juga dapat menciptakan titik lemah dalam beton, yang dapat memengaruhi kekuatannya. Pada variasi serat fiberglass 1,0% merupakan variasi yang paling optimal dengan persentase peningkatan sekitar 26,86% dari beton normal.



Gambar 4. 12 Perbandingan waktu kuat tarik belah pada setiap variasi
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa jangka waktu kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Ini berarti beton

dengan serat fiberglass mencapai kekuatan maksimum lebih cepat. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, jangka waktu kuat tarik belah beton meningkat dari 10,830 detik menjadi 10,777 detik. Jangka waktu kuat tarik belah terus meningkat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan mencapai 12,943 detik. Pada persentase 1,5%, jangka waktu kuat tarik belah mengalami penurunan menjadi 12,867 detik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Penggunaan bahan tambah serat fiberglass pada beton segar (pasta) dapat memperbaiki workability. Karakteristik beton keras (kuat tekan dan kuat tarik belah) mengalami peningkatan yang cukup signifikan akibat penggunaan serat fiberglass dengan persentase peningkatan sekitar 25,27% untuk kuat tekan dan 26,86% untuk kuat tarik belah terhadap beton tanpa serat.
2. Penggunaan serat fiberglass sebesar 1,0% menghasilkan workability pasta beton yang optimal serta nilai karakteristik beton keras yang optimal.

B. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan variasi persentase campuran serat fiberglass dengan fokus antara 1,0% sampai dengan 1,5%. Hal ini bertujuan untuk memperjelas pengaruh yang lebih optimal terhadap karakteristik beton.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek jangka panjang penambahan serat fiberglass terhadap kinerja beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Adianto, Y. L., & Basuki, T. (2004). Pengaruh Penambahan Serat Nylon Terhadap Kinerja Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 12(2), 1-12.
- Amri, S. (2005). *Teknologi Beton A -Z* (Jakarta). Yayasan John Hi-Tech IDETAMA
- Andanu, S. L., Abrar, A., Putra, S. A., & Desriyati, W. (2024). Design Komposisi Beton Untuk Panel Beton Menggunakan Bahan Tambah Serat Fiberglass. *Slump TeS: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 26-36.
- Fadhlurrohman, I. (2022). Pengaruh Penambahan Serat Fiberglass Dansuperplasticizer Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Dan Kuat Tarik Belah Beton.
- Indonesia, S. N. (2000). *SNI 03-2834-2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (2004). *SNI 15- 2049-2004: Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011*. Badan Standardisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (2012). *SNI 2847:2013: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- International, A. (2020). *ASTM C39/C39M-20: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- Khairizal, Y., Kurniawandy, A., & Kamaldi, A. (2015). *Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Lim, D. H. (2018). *Analisis Kuat Tekan Beton Biasa dengan Beton Campuran Serat Fiber* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam).
- Mareno, R. (2022). Pengaruh Penambahan Fiberglass Dan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Serat. *Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi (Rekatek)*, 6(2), 108-112.
- 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.

- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Andi Offset.
- Mulyono, T. (2006). *Teknologi Beton*. Andi Offset.
- Ningsih, R. C. (2018). Analisa Pengaruh Penambahan Serat Kulit Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jutateks*, 2(2), 67-70.
- Pramudianto, A. (2017). *Analisa Kuat Tekan, Tarik Belah, Kuat Lentur, Daya Serap Air Dan Berat Jenis Pada Beton Serat Fiberglass* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Pratiwi, S., Prayuda, H., & Prayuda, F. (2016). Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi Fibre Optic dan Pecahan Kaca. *Semesta Teknika*, 19(1), 55-67.
- Prawira, I. (2021). *Studi Eksperimental Pengaruh Kuat Tekan Beton Ringan (Cellular Lightweight Concrete) Dengan Tambahan Serat Fiberglass* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam).
- Ramayati, N. D. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Fiberglass Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah. *Agregat*, 8(2), 948-952.
- Sidabutar, R. A., Simanjuntak, J. O., & Simangunsong, J. M. (2022). Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Visi Eksakta*, 3(1), 51-58.
- Siswanto, M., & Hamzah, M., & Fausiah, F. (2012). No Title. *Prosiding InSINas*. SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar, BSN
- SNI 03-1970-1990. Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-1974-2011, Pengertian dan Cara Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Silinder
- SNI 03-2491-2002 Pengujian Kuat tarik Belah
- SNI 03-2493-1991, Metoda Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium, Badan Standar Nasional, Indonesia
- SNI 03-2834-1993 (1993:1), Pengertian Agregat

- SNI 03-4142-1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 MM). Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-4804-1998. 1998. Berat Isi Agregat Kasar dan Agregat Halus. SNI 03-691-1996. Pengujian Kuat Tekan Beton.
- SNI 15 2049 2004 Semen portland
- SNI 15-2049-2004, Pengertian Semen Portland
- SNI 1969-2008. Berat Jenis
- SNI 2417, 2008. Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan mesin Abrasi Los Angeles, Bandung
- Sorace, Antonella."Gradients in auxiliary selection with intransitive verbs." *Language* (2000): 859-890.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993:1), Pengertian Beton
- Suci, D. D. (2024). *Pengaruh Penambahan Fiberglass Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Sulfanita, A., Fadly, I., Syahril, M., & Ruslan, A. S. N. (2023). Studi Eksperimen Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar terhadap Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(2), 1199–1205.
- Sunarwadi, H. S. W., Kartika, D., Erfan, M., & Dermawan, A. S. (2023). Kajian Eksperimental Dan Simulasi Numerik Penggunaan Fiberglass Sebagai Bahan Serat Pada Balok Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 27(1), 38.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Andi Offset.
- Utomo, W. T., & Zhafira, T. (2023). Perbandingan Kuat Tekan Beton Norma Dengan Beton Campuran Fiberglass. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 7(2), 26-33.