

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Made dharma astawa (2016), Pemakaian bahan beton untuk sistem-sistem konstruksi sudah banyak dan umum kita jumpai. Beton sederhana dibentuk oleh pengerasan campuran semen,air, agregat halus, agregat kasar, udara, dan dapat pula diberi campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam acuan dan dirawat untuk mem-percepat reaksi hidrasi campuran semen air, yang menyebabkan pengerasan beton secara lebih sempurna. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, mudah dibentuk melalui cetakan menurut keinginan.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton serat merupakan komposit yang terbuat dari beton biasa dan bahan lain yakni serat. Serat tersebut dapat berupa serat asbestos, serat tumbuhan, serat plastik, atau potongan kawat baja. Berdasarkan ACI *Committe* 544-1984.

Menurut Ghifari Nur Alfiansyah (2023), spanduk bekas *flex banner* yang berbahan dasar PVC merupakan bahan dasar dalam pembuatan spanduk yang banyak dipakai dalam dunia periklanan. *Banner* berbahan dasar plastik ini pada beberapa tahun belakangan mulai menggantikan bahan kain. Limbah *banner* ini akan menjadi limbah yang merugikan lingkungan karena sifatnya yang tidak mudah hancur.

Banner ialah kain yang terlentang yang berisi tentang propaganda, slogan atau berita yang perlu diketahui oleh umum atau banyak orang. Namun pada saat masa izin pelaksanaannya selesai atau masa tenggalnya sudah kadaluarsa maka *banner-banner* tersebut akan dicopot dan menumpuk sehingga menjadi sampah. Sehingga muncullah inovasi-inovasi bahan campuran beton untuk diuji agar bahan penyusunan menjadi lebih ekonomis sehingga bisa dijalankan secara alternatif sebagai pemanfaatan limbah yang belum dimanfaatkan dengan optimal. (Deus, J. D. dkk 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dani Fikri Haekal pada tahun (2022), tentang “Analisis kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan bahan tambah serat potongan limbah *banner*” Pada penelitian digunakan bahan tambah serat potongan limbah *banner* berukuran panjang 100 mm dan lebar 3 mm sebanyak 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat beton normal. Metode perencanaan campuran beton yang dilaksanakan mengacu pada *SNI 03-2834-2000* dengan kuat tekan beton rencana sebesar 20 MPa. Sementara itu, pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dan telah melalui proses perendaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan bahan tambah serat potongan limbah *banner* menghasilkan penurunan besaran kuat tarik belah dan kuat tekan beton terhadap beton normal. Penurunan tersebut disebabkan beberapa faktor antara lain ukuran serat kurang kecil, karakteristik permukaan serat licin sehingga mengakibatkan kurangnya friksi antara serat dan material beton lainnya, penyebaran serat tidak merata, dan terjadi penggumpalan serat (*balling effect*) dimulai dari variasi dengan persentase serat 0,75%.

Oleh karena itu penulis mengangkat permasalahan dengan judul “**Analisis sifat mekanis beton dengan bahan tambah limbah *banner***”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penelitian ini mengajukan sebuah pertanyaan, yakni;

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur?
2. Bagaimana faktor yang terjadi adanya penambahan serat limbah *banner* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur?

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah, adapun tujuan penelitian ini adalah;

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton.
2. Untuk mengetahui faktor adanya penambahan serat limbah *banner* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton.

D. Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah penelitian ini:

1. Karakteristik beton yang diuji adalah, kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton.
2. Mutu beton yang direncanakan $f'_c=20$ Mpa.
3. Besar variasi potongan *banner* yang digunakan dalam campuran beton yaitu sebesar BN,0,5%,0,1% dan 1,5%.

4. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari (*SNI 1974-2011*)
5. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari (*SNI 249-2014*).
6. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari (*SNI 03-4431-1997*).
7. Serat potongan limbah *banner* yang digunakan berukuran lebar 5 mm dan panjang 30 mm

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mampu memberikan nilai ekonomi terhadap serat limbah *banner*
2. Mampu memberikan informasi bahwa serat *banner* dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran pembuatan beton
3. Mampu memberikan informasi tentang seberapa besar variasi perbandingan serat *banner* untuk mendapatkan hasil kuat tarik dan kuat lentur yang maksimal.

F. Sistematika penulisan

Adapun sistematika penulisan ini dapat dijelaskan secara umum sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran secara umum dan hal yang melatarbelakangi penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini dijelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dan mendukung secara ilmiah dengan penelitian yang dilakukan serta sebagai landasan teori dalam penelitian.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian seperti jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, serta bagan alir penelitian.

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan melalui uji laboratorium yang dijabarkan dalam bentuk tabel, grafik, maupun gambar.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berupa sumbangan pikiran terkait dengan permasalahan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

.Berdasarkan *SNI-03-2847-2002* definisi beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f^c) pada usia 28 hari.

Agregat biasanya merupakan 75% dari volume beton, atau lebih, dan oleh karena itu sifat-sifatnya sangat menentukan sifat-sifat beton. Agar beton berkualitas baik, agregat harus kuat, tahan lama, dan bebas dari lumpur, bahan organik, dan minyak. Jika tidak, harus dicuci sebelum digunakan, karena salah satu dari kotoran ini dapat memperlambat atau mencegah semen menghidrasi atau mengurangi ikatan antara pasta semen dan partikel agregat. Sedangkan agregat, semen, dan air merupakan bahan utama pembuatan beton. Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, sehingga perlu adanya perkuatan beton pada daerah tarik. Biasanya beton diperkuat dengan batang baja (beton bertulang). Oleh karena itu, material komposit alternatif seperti serat menjadi semakin populer karena fleksibilitas dan elastisitasnya. Seperti disebutkan sebelumnya, beton sangat lemah dalam tarik, perlu adanya perkuatan beton. Industri konstruksi sangat tertarik untuk membuat bobot beton menjadi seringan mungkin dengan tetap memperlihatkan kekuatan yang memadai, seperti dalam kasus *ferro-cement*. Serat

telah ditemukan berguna sebagai penahan retakan yang lebih baik. (Thariq Al Faridzi, A. S., dkk. 2023)

Menurut (Mulyono. T, 2004) beton memiliki kelebihan dan kekurangan (Ichsan, M., dkk, 2021):

1. Kelebihan

- a) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b) Mampu memikul beban yang berat
- c) Tahan terhadap temperatur tinggi
- d) Biaya pemeliharaan yang kecil
- e) Tahan terhadap air asin.

2. Kekurangan

- a) Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
- b) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c) Berat
- d) Daya pantul suara yang besar.

B. Beton Serat

Menurut Ahadi (2011) beton serat merupakan beton yang ditambahkan serat (fiber) kedalam campurannya. Serat tersebut dapat berupa serat kayu, serat tali, serat kelapa, serat baja, dan zat- zat tambahan lainnya yang dapat menambah mutu beton. Beton serat ini sangat berguna untuk memperbaiki atau menaikkan sifat mekanik beton. Sifat mekanik beton yang dimaksud adalah kuat tarik, dan, kuat lentur beton.

1. Konsep beton serat

Dalam pemakaian beton serat, ada dua istilah yang sering digunakan untuk memudahkan perencanaan dan pengenalan kuantitas dan kualitas yang dihasilkan oleh penambahan serat:

a) *Fiber Volume Fraction (Vf)*

Fiber Volume Fraction (Vf) adalah presentase volume serat (fiber) yang ditambahkan pada setiap volume beton. Dalam kenyataannya, 14 persentase yang digunakan adalah berat seratnya. Ini dapat diketahui dari berat jenis serat. Umumnya semakin besar *volume fraction (Vf)* akan meninggikan kualitas beton, tetapi *volume fraction* juga mempengaruhi *workabilitas* adukan beton serat, sehingga *volume fraction* mempunyai nilai yang optimal jika meninjau *workabilitas*-nya.

b) *Fiber Aspec Ratio (l/d)*

Fiber aspec rasio (l/d) merupakan rasio antara panjang serat (l) dan diameter serat (d). Rasio perbandingan panjang dan diameter juga mempengaruhi kekuatan beton serat dan *workabilitas*-nya.

2. Mekanisme Kerja Serat dalam Beton

Teori yang dipakai sebagai pendekatan untuk dapat menjelaskan mekanisme kerja serat di dalam beton sehingga dapat memperbaiki sifat atau perilaku beton menurut Soroushian dan Bayasi (1987) ada dua teori, yaitu:

a) *Spacing Concept*

Dalam teori ini dengan mendekatkan jarak antar serat didalam campuran beton maka beton akan lebih mampu membatasi ukuran retak

dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar. Serat bekerja lebih efektif jika berjajar secara urut dan seragam tanpa adanya *overlapping*. Tetapi keadaan sesungguhnya dari susunan tersebut tidak teratur dan saling *overlapping*,

b) *Composite Material Concept*

Konsep material komposit merupakan salah satu pendekatan yang cukup populer untuk memperkirakan kuat tarik ataupun kuat lentur dari *fiber reinforced concrete*. Konsep ini dikembangkan untuk memperkirakan kekuatan material komposit pada saat timbul retak pertama (*first crack strength*). Dalam konsep ini diasumsikan bahan penyusun saling melekat sempurna. Bentuk serat menerus (*continuous fiber*) dan angka poisson dianggap sama dengan nol.

Karena serat yang digunakan dalam fiber reinforced concrete adalah ukuran pendek (*short fiber*) dan bukan continuous fiber, maka dari persamaan tersebut perlu dikoreksi berdasarkan pertimbangan pertimbangan sebagai berikut:

- 1) Orientasi dari *short fiber* yang random akan mengurangi efisiensi penulangan serat terhadap material komposit.
- 2) Lekatan yang tidak sempurna serta ukuran serat yang pendek dapat menyebabkan alur retakan yang tidak melewati serat.
- 3) Distribusi alur retak yang tidak sembarang menyebabkan alur retak tidak selalu memotong serat tepat ditengah-tengah

C. Bahan Penyusun Beton

Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah semen, pasir dan kerikil. Akan tetapi banyak juga bahan-bahan tambahan yang dapat kita jumpai seperti bahan tambahan serat dan yang lainnya.

1. Semen Portland (SNI-15-2049-2004)

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesi (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Fungsi utama semen adalah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa yang kompak atau padat dan mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu (Nawy, 1998).

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 ($\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

a) Bahan baku pembuatan semen *portland*

Semen *Portland* terbentuk dari oksida-oksida utama yaitu : Kapur (CaO), Silika (SiO₂), Alumina (Al₂O₃), Besi (Fe₂O₃). Bahan baku oksida-oksida tersebut diperoleh dari:

- 1) Batu kapur kalsium (CaCO₃), setelah proses pembakaran terjadi akan menghasilkan kapur oksida (CaO).
- 2) Tanah liat yang mengandung oksida Silika (SiO₂), Alumina (Al₂O₃), Besi (Fe₂O₃).
- 3) Pasir kuarsa atau batu silika untuk menambah kekurangan SiO₂.
- 4) Pasir besi untuk menambah kekurangan Fe₂O₃.

b) Jenis-jenis semen Portland

Menurut standar yang diterbitkan oleh BSN berikut ini adalah standar semen portland beserta nomor SNI nya:

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1) Semen portland | <i>SNI 15 2049 2004</i> |
| 2) Semen masonry | <i>SNI 15 3758 2004</i> |
| 3) Semen portland putih | <i>SNI 15 0129 2004</i> |
| 4) Semen portland pozzolan | <i>SNI 15 0302 2004</i> |
| 5) Semen portland komposit | <i>SNI 15 7064 2004</i> |
| 6) Semen portland campuran | <i>SNI 15 3500 2004</i> |

Sedangkan *SNI 15 2049 2004* semen portland dan ASTM C150 membagi kembali semen menjadi beberapa tipe, yaitu:

- 1) Semen tipe I, yaitu semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan- persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2) Semen tipe II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- 3) Semen tipe III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikat terjadi.
- 4) Semen tipe IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- 5) Semen tipe V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. (Samekko Wuriyani, 2001).



Gambar 2.1 Semen

Sumber: Dokumentasi Bahan Penelitian

2. Air

Air yang digunakan untuk membuat beton harus bersih, tawar dan dapat diminum. Tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, zat organik atau bahan - bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja

tulangan. Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan “*water cement ratio (W.C.R)*”.

Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai w.c.r antara 0,40 - 0,60 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang ingin dicapai umumnya menggunakan nilai w.c.r semakin rendah. Persyaratan air untuk campuran beton yang lebih lengkap mengacu pada pedoman beton 1989 pasal 3.4.

3. Agregat

Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah 70% -75% dari seluruh massa padat beton. Untuk mencapai kekuatan beton sesuai persyaratan, perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya. Karena semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan durabilitynya. Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik.

Disamping bahan agregat harus mempunyai cukup kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali, dan tidak mengandung bagian-bagian kecil (< 70 micron) atau lumpur. Prinsipnya nilai kuat beton yang dicapai sangat ditentukan oleh mutu bahan agregat tersebut.

a) Agregat halus (*SNI S – 04 – 1989 – F*)

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, dkk, 2021). Agregat

halus yang layak dimanfaatkan untuk 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) Bentuknya tajam, kuat dan keras.
- 2) Bersifat kuat, tidak mudah pecah atau hancur karena efek dari cuaca
- 3) Sifat kuat, apabila diuji dengan larutan garam sulfat adalah sebagai berikut:
 - a) Jika diuji dengan Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%
 - b) Jika diuji dengan Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.
- 4) Kadar lumpur pada agregat kasar harus lebih kecil dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka kerikil harus dicuci.
- 5) Agregat halus harus bebas dari kandungan zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton. Pada saat dilakukan perendaman larutan 3% NaOH, warna cairan di atas endapan harus lebih cerah dari cairan pembanding.
- 6) Harus mempunyai variasi gradasi yang baik, sehingga dapat mengurangi rongga dalam campuran. Interval modulus kehalusan yaitu antara 1,5 – 3,8 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Agregat yang tertahan pada ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
- b) Agregat yang tertahan pada ayakan 1,2 mm, maksimal 10 % dari berat
- c) Agregat yang tertahan pada ayakan 0,30 mm, maksimal 15 % dari berat
- d) Agregat harus bebas dari kandungan garam.

Tabel 2.1 Syarat mutu agregat halus (*Sumber : Christa Anjelica, dkk 2019*)

Presentasi lolos				
Lubang ayakan (mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
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	15-50
0-15	0-10	0-10	0-10	0-15



Gambar 2.2 Agregat Halus (Pasir)
Sumber :Dokumentasi Bahan Penelitian

b) Agregat kasar (SK SNI S – 04 – 1989 – F)

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 et al., 2018). Syarat mutu agregat kasar (kerikil) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F*, yaitu sebagai berikut:

- 1) Bentuknya tajam, kuat dan keras.
- 2) Bersifat kuat, tidak mudah pecah atau hancur karena efek dari cuaca.
- 3) Sifat kuat, apabila diuji dengan larutan garam sulfat adalah sebagai berikut:
 - a) Jika diuji dengan Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%.
 - b) Jika diuji dengan Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.

- 4) Kadar lumpur pada agregat kasar harus lebih kecil dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
- 5) Agregat harus bebas dari kandungan zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Harus mempunyai variasi gradasi yang baik, sehingga dapat mengurangi rongga dalam campuran. Interval modulus kehalusan yaitu antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - a) Agregat yang tertahan pada ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat.
 - b) Agregat yang tertahan pada ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat.
 - c) Selisih antara agregat yang tertahan kumulatif pada dua ayakan yang berurutan, maksimal 60 % dan minimal 10 % dari berat.
- 7) Agregat harus bebas dari kandungan garam.



Gambar 2.3 Agregat Kasar (Kerikil)
Sumber :Dokumentasi Bahan Penelitian

D. Bahan Tambah (serat *banner*)

Banner yang berbahan dasar PVC merupakan bahan dasar dalam pembuatan *banner* yang banyak dipakai dalam dunia periklanan. *Banner* berbahan dasar plastik ini pada beberapa tahun belakangan mulai menggantikan bahan kain yang pada masa sebelumnya merupakan media iklan utama.

Polyvinylclorida adalah polimer yang terbentuk akibat aksi ikat-mengikat dengan ciri kuat dan keras, sedangkan *nylon* merupakan poliamida buatan yang mempunyai gaya regang yang baik sekali bila dijadikan serat.



Gambar 2.4 Potongan *banner*
Sumber :Dokumentasi Bahan Penelitian

Serat *banner* terbuat dari serat sintetis seperti *poliester*, serat *banner* dikenal karena kekuatannya yang tinggi, ketahanan terhadap cuaca, dan daya tahan lama. Bahan ini sering dipilih karena sifatnya yang ringan namun kokoh, Selain itu, serat *banner* juga tahan terhadap kandungan asam pada semen menjadikannya pilihan ideal untuk penggunaan bahan tambah campuran beton.

E. Karakteristik Beton

1. Berat Jenis Beton

Menurut Tjokrodimauljo (1992), jenis-jenis beton dapat dikelompokkan berdasarkan berat jenis beton tersebut. Untuk pengelompokkannya secara jelas dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Berat Jenis Beton dan Pemakaiannya (*Tjokrodimauljo, 1992*)

Jenis beton	Berat Jenis Beton (gr/cm ³)	pemakaian
Beton sangat ringan	< 1.00	Non struktural
Beton ringan	1.00-2.00	Struktural ringan
Beton normal	2.30-2.50	Struktural
Beton berat	>3.00	Perisai sinar

Untuk mendapat berat jenis beton, dilakukan penimbangan berat rerata beton dan pengukuran dimensi silinder beton. Perhitungan yang digunakan yaitu berat silinder beton dibagi dengan volume silinder beton sehingga diperoleh berat jenis beton

2. Kuat Tekan Beton (*SNI 1974-2011*)

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton dalam menerima beban gaya tekan yang diberikan persatuan luas (Bintoro et al., 2018). Kuat tekan beton adalah beban gaya tekan yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat 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 et al., 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 : (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 : Dokumentasi contoh pengujian kuat tekan beton

3. Kuat Tarik Belah Beton (*SNI 249-2014*)

Nilai kuat tarik beton hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang menahan gaya

tarik (Dipohusodo, 1994). Pengujian menggunakan uji silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung.

Menurut *SNI 249-2014* persamaan untuk menentukan nilai kuat tarik pada beton, yaitu sebagai berikut (Dewi et al., 2020) :

$$f'_{sp} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

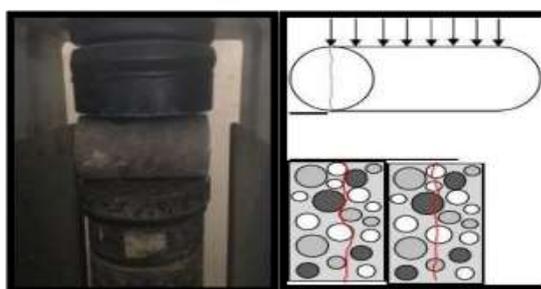
Keterangan:

f'_{sp} : Kuat Tarik Belah (N/mm^2)

P : Beban maksimum pada waktu belah (N)

L : Panjang benda uji silinder (mm)

D : Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Pola Retak
Sumber : (Dewi et al., 2020)

4. Kuat lentur beton (*SNI 03-4431-1997*)

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 balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-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.

Rumus kuat Lentur beton adalah sebagai berikut:

$$f_{sp} = \frac{3 Ph}{bh^2} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

f_r = Kuat Lentur beton (MPa)

P = Beban pada waktu lentur (kN)

a = Jarak dari perletakan ke gaya (mm)

b = Lebar penampang balok (mm)

h = Tinggi penampang balok (mm)

F. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Agar penelitian ini menjadi lebih terfokus pada suatu masalah penelitian dan dapat menghasilkan kebaruan penelitian, serta memetakan posisi penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti, maka peneliti perlu melakukan studi terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang sejenis dengan tema penelitian yang akan

dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian melakukan studi literatur terhadap hasil penelitian terdahulu dan hasilnya dijabarkan sebagai berikut;

1. Haekal, D. F. (2022)., dengan judul “Analisis kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan bahan tambah serat potongan limbah *banner*”. Jurnal ini membahas analisis kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan penambahan serat potongan limbah *banner* sebagai bahan tambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap sifat mekanis beton, Hasil dan Temuan, Peningkatan Kuat Tarik Belah ditemukan bahwa penambahan serat limbah *banner* secara signifikan meningkatkan kuat tarik belah beton, Pengaruh terhadap Kuat Tekan, Hasil pengujian menunjukkan variasi pengaruh penambahan serat terhadap kekuatan tekan beton, dengan temuan tertentu tentang optimalisasi campuran, Implikasi dan Rekomendasi, Penelitian ini memiliki implikasi pada pengembangan beton yang lebih kuat dan berkelanjutan dengan menggunakan limbah *banner* sebagai bahan tambah serat. Rekomendasi dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut terkait proporsi optimal serat limbah *banner* dalam campuran beton., Kesimpulan, Jurnal ini menyajikan hasil analisis kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan penambahan serat potongan limbah *banner*. Hasil penelitian menunjukkan potensi positif dari penggunaan serat limbah *banner* dalam meningkatkan sifat mekanis beton, dengan implikasi pada pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan.
2. Agnia, A., dkk (2021), dengan judul “Pemanfaatan Limbah Serat Tali Beneser Dalam Meningkatkan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton”. Penelitian

ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan limbah serat tali beneser (strapping band) dalam meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan ukuran penampang serat 2-3 mm dan panjang 60 mm dengan variasi penambahan serat 0 kg/m³ , 0,25 kg/m³ , 0,5 kg/m³ , 0,75 kg/m³ , dan 1 kg/m³ beton. Kuat tekan rencana, yaitu 30 MPa. Benda uji berbentuk silinder ukuran 150 mm x 300 mm dengan perencanaan pembuatan beton mengacu pada SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian dengan penambahan serat tali beneser (strapping band) pada kuat tekan beton dengan variasi 0 kg/m³ , 0,25 kg/m³ , 0,5 kg/m³ , 0,75 kg/m³ , dan 1 kg/m³ secara berturut-turut adalah 12,55 MPa, 8,87 MPa, 16,608 MPa, 11,418 MPa, dan 12,644 MPa dengan nilai optimum kuat tekan beton sebesar 16,608 MPa pada variasi penambahan serat 0,5 kg/m³ . Sehingga dari keseluruhan nilai kuat tekan yang didapat, tidak ada benda uji yang mencapai kuat tekan rencana. Sedangkan untuk hasil pengujian kuat tarik belah berturut-turut adalah 1,42 MPa, 0,8 MPa, 1,53 MPa, 1,06 MPa, dan 1,13 MPa dengan nilai kuat tarik belah optimum sebesar 1,53 MPa pada variasi penambahan serat 0,5 kg/m³ .

3. Deus, J. D., dkk (2022), dengan judul “pengaruh penambahan limbah serat *banner* plastik terhadap kuat tekan dan kuat tarik pada mutu beton ($f_c' = 19,3$ mpa)”. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak penambahan limbah serat dari *banner* plastik terhadap sifat-sifat mekanis beton, terutama kuat tekan dan kuat tarik, dengan menggunakan beton berkekuatan tekan awal sebesar 19,3 MPa, penelitian melibatkan pencampuran limbah serat *banner* plastik ke dalam campuran beton dengan perbandingan tertentu. Berbagai

proporsi serat plastik dievaluasi untuk menentukan dampaknya terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton, Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah serat *banner* plastik secara signifikan mempengaruhi sifat-sifat mekanis beton. Adanya serat plastik meningkatkan kekuatan tarik beton, memberikan kelebihan daya tahan terhadap gaya tarik. Namun, dampaknya terhadap kuat tekan beton dapat bervariasi tergantung pada jumlah dan jenis serat yang ditambahkan, Kesimpulannya, penggunaan limbah serat *banner* plastik dapat menjadi alternatif yang berpotensi untuk meningkatkan beberapa aspek sifat mekanis beton, terutama kekuatan tarik. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami secara lebih mendalam tentang pengaruhnya dan untuk mengoptimalkan perbandingan serat plastik dalam campuran beton untuk mencapai hasil terbaik.

4. Ghifari Nur Alfiansyah, M. (2023), dengan judul “pemanfaatan limbah *banner* atau *banner* berbahan dasar pvc yang digunakan sebagai bahan tambah material serat untuk beton mutu rendah pada umur 28 hari”. melalui pendekatan kuantitatif, penelitian menyimpulkan beberapa hal diantaranya adalah Nilai rata-rata untuk kuat tekan beton penggunaan serat *banner* dengan variasi 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6% dan 0,7% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton berurutan-turut adalah 20,08 MPa, 21,16 MPa, 20,59 MPa, 19,31 MPa dan 17,32 MPa. Nilai rata-rata untuk kuat tarik belah beton penggunaan serat *banner* dengan variasi 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6% dan 0,7% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton berurutturut adalah 1,70 MPa, 2,35 MPa, 2,29 MPa, 2,19 MPa dan 2,03 MPa Nilai rata-rata untuk kuat

lentur beton penggunaan serat *banner* dengan variasi 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6% dan 0,7% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton berurutan-turut adalah 5,44 MPa, 5,54 MPa, 5,39 MPa, 5,20 MPa dan 4,91.

5. Faldo, F., & Hudori, M. (2021), Tentang pengaruh efektifitas penggunaan serat Polypropylene terhadap kuat Tekan beton normal, bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat polypropylene terhadap kuat tekan pada beton normal dan mencari atau mengetahui komposisi kandungan serat polypropylene yang menyebabkan kuat tekan beton yang optimum. Berdasarkan hasil tes yang dilakukan didapatkan hasil dari pengujian beton campuran terdiri dari beton campuran serat polypropylene 1%, 2% dan 3%. Pada beton 1% umur 7-28 hari mengalami penurunan kuat tekan beton yakni 438.86 kg/cm dengan persentase 91%. Sedangkan beton 2% mengalami peningkatan yakni 505.70 kg/cm dengan persentase 105%, dan beton 3% mengalami penurunan yakni 330.3 kg/cm² dengan persentase 69%.
6. Purwanto, P., dkk (2021), “Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton”, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh serat sabut kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton, maka dibuat beton dengan campuran beton serat sabut kelapa dengan panjang serat 2 cm dengan mutu beton 20 MPa dengan prosentase penambahan serat sebesar 0%, 1 %, dan 2% dari volume beton. Pengujian meliputi uji kuat tekan dan uji lentur. Untuk uji tekan beton dengan menggunakan benda uji silinder ukuran 15x30 cm. Sedangkan untuk uji lentur dengan menggunakan balok beton dengan ukuran 15x15x60 cm. Hasil

pengujian diperoleh kuat tekan beton rata-rata untuk balok serat sabut kelapa 0% sebesar 237,79 kg/cm², balok serat sabut kelapa 1% sebesar 228,73 kg/cm², balok serat sabut kelapa 2% sebesar 212,88 kg/cm². Dari hasil tersebut menunjukkan adanya penurunan kuat tekan beton, untuk penambahan serat sabut 1% turun 9,06% sedangkan penambahan serat sabut 2% turun 24,91%. Sedangkan kuat lentur rata-rata untuk balok serat sabut kelapa 0% sebesar 19,20 kg/cm², balok serat sabut kelapa 1% sebesar 21,60 kg/cm², dan balok serat sabut kelapa 2% sebesar 21,73 kg/cm². Dari hasil tersebut menunjukkan ada kenaikan untuk lenturnya, penambahan 1% mengalami kenaikan 2,4% dan 2% mengalami kenaikan 2,53%.

7. Rahmawati, A. (2019), dengan judul “pengaruh penambahan serat limbah *banner* terhadap kuat lekat dan mikrostruktur beton serat pasca bakar sebagai suplemen bahan ajar mata kuliah teknologi beton”. Melalui pendekatan kuantitatif, penelitian ini dapat menyimpulkan beberapa hal diantaranya adalah penambahan panjang serat limbah *banner* mengakibatkan penurunan pada suhu 300°C dan kenaikan pada suhu 400°C, perubahan mikrostruktur beton dengan penambahan serat limbah *banner* pada beberapa variasi panjang serat dan variasi suhu pembakaran dapat dilihat dari pori-pori dan retakan mikro pada beton pasca bakar yang terlihat lebih banyak daripada beton pra bakar, penambahan panjang serat limbah *banner* yang menghasilkan nilai maksimal kuat lekat beton pasca bakar terjadi pada penambahan panjang serat limbah *banner* 3 cm dengan suhu pembakaran 200°C.

8. Setiawan, P., dkk (2021), dengan judul Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton dengan tambahan Serat Tembaga dan Serbuk Besi, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serbuk besi dan serat tembaga pada campuran beton terhadap kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan standar uji SNI 03-1974-1990. Pengujian dilakukan dengan acuan beton normal dengan mutu rencana 20 MPa. Pembuatan sampel benda uji dilakukan dengan cara memberikan variasi penambahan serbuk besi sebesar 2%, 2,5%, dan 3% dan variasi penambahan serat tembaga sebesar 1%, 1,5%, dan 2% dari berat volume beton. Semua sampel diuji ketika umur beton mencapai 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum beton dengan penambahan serbuk besi dan serat tembaga menggunakan variasi serbuk besi 2% dan serat tembaga 2% , mempunyai kuat tekan 22,702 MPa dengan kenaikan 0,403% dari beton normal.
9. Simanjuntak, J. O., & Lubis, S. (2022), dengan judul “pengaruh penambahan serat bambu terhadap kuat tekan beton”. Dalam penelitian ini yang dilakukan adalah penggantian sebagian semen dengan serat bambu. Tujuan digunakannya serat bambu untuk mengetahui kuat tekan beton. Oleh karena itu peneliti membuat variasi serat bambu dengan 0,25%, 0,5% dan 0,75% dengan panjang serat 2 cm. Beton direncanakan dengan proporsi campuran (1 : 2 : 3) dengan faktor air semen 0,5. Dari hasil yang peneliti lakukan didapatkan hasil nilai *slump* adalah beton sebesar 12 cm, serat bambu 0,25% beton sebesar 11 cm serat bambu 0,5% beton sebesar 10,5 dan serat bambu

0,75% 10 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan ketika beton berumur 28 hari memperhatikan bahwa kuat tekan normal tanpa serat bambu sebesar 21,89 MPa dengan serat bambu 0,25% adalah 20,76 MPa, beton dengan serat bambu 0,5% adalah sebesar 19,25 MPa dan beton pada serat bambu 0,75% adalah sebesar 17,93 MPa.

10. Pamungkas, A. B. (2019), dengan judul “kajian penambahan serat *banner* dan penggantian semen dengan abu ampas tebu terhadap kuat tekan dan berat isi beton”. Melalui pendekatan secara kuantitatif, dengan metode eksperimen penelitian ini dapat menyimpulkan beberapa hal diantaranya adalah pengujian beton dilakukan pada hari ke 56. hasil penelitian menunjukkan, kuat tekan beton menurun seiring dengan bertambahnya serat limbah *banner* dan abu ampas tebu, kombinasi pengganti semen dengan abu ampas tebu dan penambahan serat limbah *banner* yang paling optimum menghasilkan kuat tekan sebesar 22.80 Mpa pada variasi 0,4% abu ampas tebu dan 0,25% serat limbah *banner*, berat isi beton semakin menurun seiring dengan bertambahnya serat limbah *banner* dan abu ampas tebu, berat isi seluruh variasi masih tergolong beton normal, semakin banyak penambahan serat ke dalam beton maka akan menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan beton dan terjadinya penurunan berat isi beton.

Berdasarkan tabulasi pada hasil penelitian terdahulu yang telah dikemukakan di atas, dapat diketahui bahwa penelitian-penelitian tersebut membahas aspek-aspek yang berhubungan dengan beton serat dengan bahan tambah *banner* berbagai variasi. Dengan rencana penelitian yang akan

dilaksanakan oleh peneliti dapat disimpulkan bahwa variabel atau tema penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. sebagai perbandingannya bahwasanya fokus utama penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti ini adalah menggunakan potongan *banner* panjang 3 mm lebar 50 mm dengan variasi 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat semen, dengan beton rencana sebesar k-250 yang dilakukan pengujian umur beton 28 hari.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *Laboratory Research* (Penelitian Laboratorium), dimana menggunakan metode eksperimen melalui pendekatan kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai dengan gambar, table, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian dilaboratorium.

B. Lokasi dan Waktu

1. Lokasi Penelitian

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

2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama 4 (empat) bulan dimulai dari bulan february sampai bulan mei, Adapun alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian diuraikan dalam time skedjule sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan kegiatan

NO	Uraian Kegiatan	Alokasi waktu			
		Feb 2024	Mar 2024	Apr 2024	Mei 2024
1	Studi literature				
2	Persiapan laboratorium				
3	Pengujian bahan dasar				
4	Pembuatan benda uji				
5	Uji kuat tarik beton				
6	Uji kuat lentur beton				
7	Analisa hasil pengujian				

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

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 ini menggunakan bahan yang terdiri dari:

a) *Portland Composit Cement (PCC)*.

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

b) Agregat halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Saddang desa pincara Kabupaten Pinrang.

c) Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan berupa kerikil yang berasal dari Kabupaten Pinrang.

d) Air

Air yang digunakan untuk pencampuran dan perendaman benda uji adalah air yang berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

e) Potongan *banner*

Banner yang digunakan berasal dari limbah-limbah *banner* yang sudah tidak digunakan, dengan ukuran potongan, panjang 3cm, lebar 0,5cm.

D. Prosedur Rencana Penelitian

1. Tahap I (persiapan)

Tahap ini meliputi, studi literatur dari penelitian sebelumnya, mempersiapkan bahan, form data dan alat pengujian penelitian.

2. Tahap II (uji bahan)

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 1000 gram dan kerikil seberat 2000 gram).
- 2) Agregat kemudian di rendam selama \pm 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 1000 gram dan ditambahkan air sampai 90 % penuh, kemudian dikocok selama ± 5 menit). Kemudian untuk kerikil (kerikil dengan kondisi kering permukaan tadi seberat 2000 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 2000 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.

Setelah dicuci agregat kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 100°C, kemudian di timbang lagi untuk mendapatkan berat kering.

3. Tahap III (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.
- c) Pemeriksaan nilai slump
 - 1) Masukkan campuran beton segar kedalam kerucut abrams sebanyak 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.

4. Tahap IV (perawatan benda uji)

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

5. Tahap V (pengujian benda uji)

a) Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan pada beton memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat tekan pada beton dengan umur beton rencana yaitu 7,14, dan 28 hari.

Langkah-langkah yang harus dilalui dalam pengujian kuat tekan beton, 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.

Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

b) Kuat tarik belah beton

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.

c) Kuat lentur beton

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

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

- 1) Siapkan benda uji yang telah direndam selama 28 hari
- 2) Cuci benda uji dengan air mengalir
- 3) Lap permukaan benda uji sampai kering
- 4) Ukur panjang, kedua sisi yang rata dan kedua sisi yang lainnya kemudian diberi tanda setiap $\frac{1}{3} L$ bagian dari bentangan
- 5) Timbang benda uji
- 6) Letakkan benda uji pada tumpuan dimana jarak antara tumpuan max $\frac{8}{10}$ panjang balok
- 7) Nyalakan mesin lenur dengan kecepatan konstan setiap menitnya
- 8) Baca beban max yaitu beban pada saat balok tersebut patah

9) Hitung kekuatan lentur dan kekuatan lentur rata rata

10) 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 30 buah. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Dapat dilihat pada tabel 3.2 dan 3.3 berikut:

Tabel 3.2 Jumlah dan kode benda uji kuat Tekan

No	Kadar serat potongan <i>banner</i>	Kode benda uji	Jumlah benda uji	Umur benda uji (Hari)		
1	BN	KT PET-BN%	3	7	14	28
2	0,5%	KT PET-0,5%	3			
3	1%	KT PET-1%	3			
4	1,5%	KT PET-1,5%	3			

Tabel 3.3 Jumlah dan kode benda uji kuat tarik belah

No	Kadar serat potongan <i>banner</i>	Kode benda uji	Jumlah benda uji	Umur benda uji
1	BN	KT B PET-BN%	3	28 Hari
2	0,5%	KT B PET-0,5%	3	
3	1%	KT B PET-1,%	3	
4	1,5%	KT B PET-1,5%	3	

Tabel 3.4 Jumlah dan kode benda uji kuat lentur

No	Kadar serat potongan <i>banner</i>	Kode benda uji	Jumlah benda uji	Umur benda uji
1	BN	KL PET-BN%	2	28 Hari
2	0,5%	KL PET-0,5%	2	
3	1%	KL PET-1%	2	
4	1,5%	KL PET-1,5%	2	

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Pengumpulan data sekunder

Tahap awal dari pekerjaan ini ialah mengumpulkan data sekunder berupa standar mutu, serta mencari literatur-literatur terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Data tersebut dipergunakan untuk menentukan mutu beton yang akan diteliti, serta menentukan langkah kerja lebih lanjut dalam tahap penelitian yang akan dilakukan.

2. Pengumpulan data primer

Tahap selanjutnya dari pekerjaan ini ialah mengumpulkan data primer berupa potongan *banner* secara langsung sebagai bahan tambah penelitian untuk mencari kekuatan tekannya pada beton, apakah layak untuk digunakan.

F. Teknik Analisis Data

1. Evaluasi karakteristik bahan

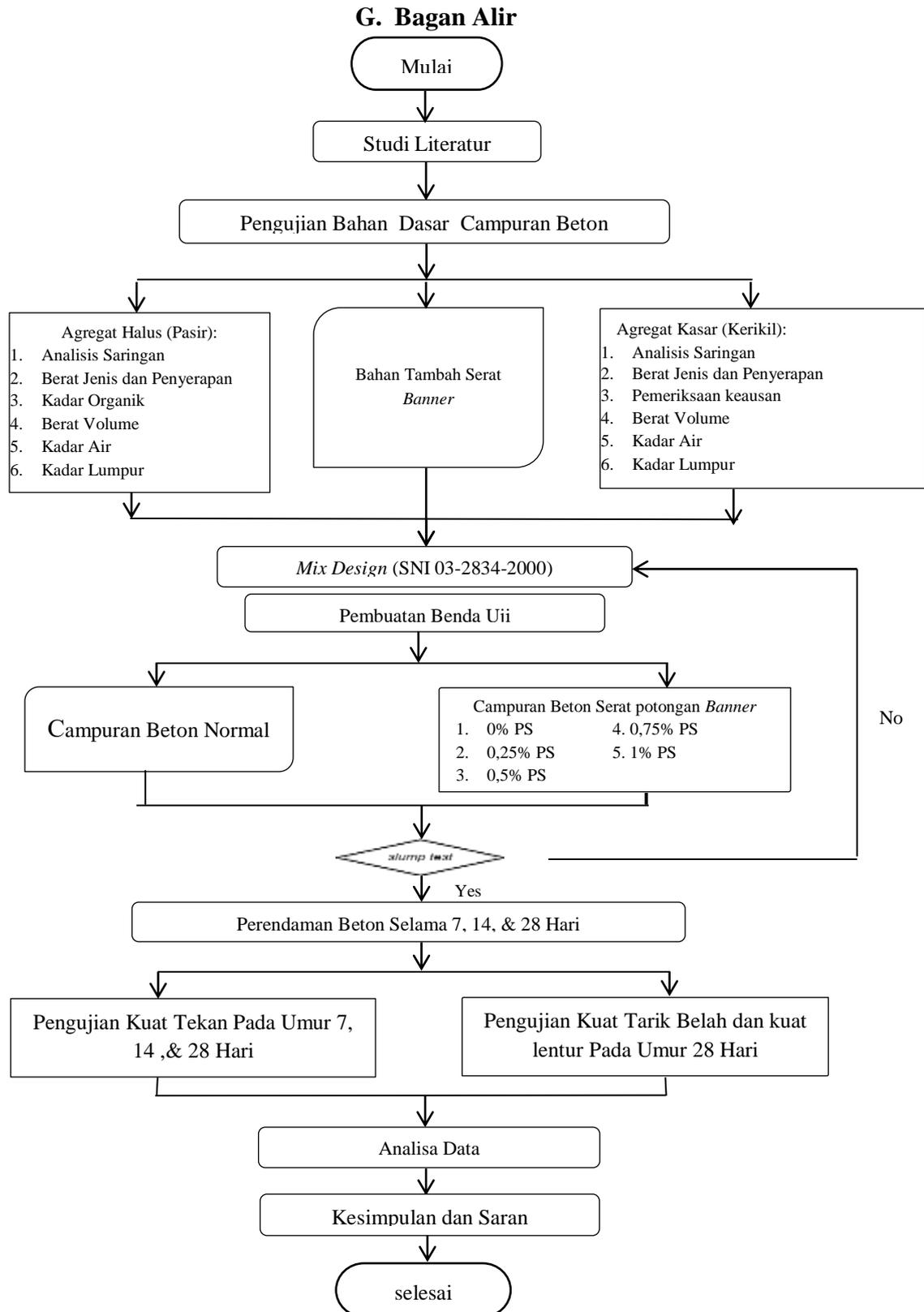
Evaluasi bahan-bahan penyusunan beton seperti semen, agregat (kerikil), denda Agregate (pasir) dan air. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari tahu apakah bahan yang digunakan untuk membentuk beton dalam penelitian ini memiliki nilai sesuai dengan persyaratan standar yang telah didirikan.

2. Analisa kuat tarik dan kuat lentur beton

Analisis yang dilakukan dengan membandingkan hasil data dari kekuatan kompresive dari setiap variasi campuran melalui grafik, sehingga kita dapat menentukan efek yang dihasilkan di setiap grafik usia beton.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis, sebagai berikut:

- a. Pengujian Kuat Tekan Beton (*SNI 1974-2011*)
- b. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (*SNI 249-2014*)
- c. Pengujian kuat Lentur Beton (*SNI 03-4431-1997*)



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-
percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat kasar (batu pecah)

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil pengamatan		Nilai Rata-Rata	KET
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.4%	1.00%	0.70%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	28.0%	23.0%	25.5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0.50%	0.60%	0.55%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.64	1.65	1.64	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 – 1,9 kg/liter	1.72	1.72	1.72	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4%	1.52%	1.83%	1.68%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 – 3,3	2.60	2.61	2.60	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 – 3,3	2.50	2.49	2.49	Memenuhi
	c. Kering permukaan	1,6 – 3,3	2.54	2.54	2.54	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 – 8,0	6.68	6.68	6.68	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian material agregat kasar pada tabel 4.1 untuk kadar lumpur 0.70%, keausan 25.5%, kadar air 0.55%, berat volume lepas 1.64 kg/liter, berat volume padat 1.72 kg/liter, absorpsi 1.68%, berat jenis nyata 2.60

berat jenis dasar kering 2.49, berat jenis kering permukaan 2.54, dan modulus kehalusan 6.68. Maka dari hasil pengujian tersebut diperoleh bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat digunakan karena memenuhi standar yang ditentukan pada *SNI 03-2834-2000*.

2. Agregat halus

Tabel 4.2 Hasil pengujian pada material agregat halus (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil pengamatan		Nilai Rata-Rata	KET
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2.8 %	3.4%	3.10%	Memenuhi
2	Kadar organik	<No. 3	No. 2	No. 2	No.2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.46%	3.95%	3.20%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.41	1.44	1.42	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 -1,9 kg/liter	1.52	1.57	1.54	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	2.04%	0.81%	1.42%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 – 3,3	2.59	2.54	2.57	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 – 3,3	2.46	2.49	2.48	Memenuhi
	c. Kering permukaan	1,6 – 3,3	2.51	2.51	2.51	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50– 3,80	3.31	3.21	3.17	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian material agregat halus di atas pada tabel 4.2 untuk kadar lumpur 3.10%, kadar organik No. 2, kadar air 3.20%, berat volume lepas 1.42 kg/liter, berat volume padat 1.54 kg/liter, absorpsi 1.42%, berat jenis nyata 2.57, berat jenis dasar kering 2.48, berat jenis kering permukaan 2.51, dan modulus kehalusan 3.17. Maka dai hasil pengujian tersebut didapat bahwa agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat digunakan karena memenuhi standar yang ditentukan pada *SNI 03-2834-2000*.

B. Rancangan Campuran Beton (Mix Design)

Rancangan campuran beton dihitung berdasarkan *SNI 7656:2012*, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.3 *Mix design* berdasarkan *SNI 7656:2012* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (f_c')	25 Mpa
2	Nilai margin/nilai tambah (M)	8,36 Mpa
3	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (f_{cr}')	33,36 Mpa
4	Jenis semen (PC)	Jenis I
5	Jenis agregat halus	Alami
6	Jenis agregat kasar	Pecah
7	Faktor air semen (FAS)	0,47
8	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
9	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10	Daerah gradasi agregat kasar	Zona 1
11	Daerah gradasi agregat halus	Zona 3
12	Berat jenis beton	2350 kg/m ³
13	Kebutuhan air	203,0 liter
14	Kebutuhan semen Portland	411,8 kg/m ³
15	Kebutuhan agregat halus	647,8 kg/m ³
16	Kebutuhan agregat kasar	1088,3 kg/m ³

Maka diperoleh perbandingan antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, dan air untuk kebutuhan campuran beton 1 m³ yaitu,

- a) Pasir = 647,8 kg/m³
- b) Kerikil = 1088,3 kg/m³

c) Semen = $411,8 \text{ kg/m}^3$

d) Air = 203,0 liter

Analisa kebutuhan air, semen, pasir dan kerikil untuk 60 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan panjang 300 mm, yaitu:

$$\begin{aligned} 1. \text{ Volume 2 silinder} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0,01219 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15%, dengan analisis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume total 15 silinder} &= 0,0795 + (15\% \times 0,0795) \\ &= 0,0795 + 0,0119 \\ &= 0,09145 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

a. Kebutuhan untuk 15 silinder beton normal adalah :

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 0,09145 \times 203,0 \text{ Kg} \\ &= 18,56 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 0,09145 \times 411,8 \text{ Kg} \\ &= 37,66 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 0,09145 \times 640,1 \text{ Kg} \\ &= 58,54 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kerikil} &= 0,09145 \times 1088,3 \text{ Kg} \\ &= 99,52 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan untuk silinder beton variasi Potongan *Banner* 0,5% dari volume semen adalah :

$$\text{Vol. Banner} = \frac{\text{Kebutuhan Potongan Banner}}{\text{Volume Semen}}$$

$$= \frac{0,5\%}{0,140}$$

$$= 0,07$$

Berat Potongan *banner* = volume potongan *banner* x berat volume potongan *Banner*

$$= 0,07 \times 345$$

$$= 0,241 \text{ Kg}$$

Kebutuhan variasi Potongan *Banner* 1% dari volume semen adalah :

$$\text{Vol. Banner} = \frac{\text{Kebutuhan Potongan Banner}}{\text{Volume Semen}}$$

$$= \frac{1\%}{0,140}$$

$$= 0,14$$

Berat Potongan *banner* = volume potongan *banner* x berat volume potongan *Banner*

$$= 0,14 \times 345$$

$$= 0,483 \text{ Kg}$$

Kebutuhan variasi Potongan *Banner* 1,5% dari volume semen adalah :

$$\text{Vol. Banner} = \frac{\text{Kebutuhan Potongan Banner}}{\text{Volume Semen}}$$

$$= \frac{1,5\%}{0,140}$$

$$= 0,21$$

Berat Potongan *banner* = volume potongan *banner* x berat volume potongan *Banner*

$$= 0,21 \times 345$$

$$= 0,724 \text{ Kg}$$

Tabel 4.4 *Mix design* kebutuhan bahan material untuk 3 silinder (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

NO	Variasi Campuran (%)	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Potongan banner (gr)
1	Normal	7,15	18,84	12,54	3,71	0
2	0,5	7,15	18,84	12,54	3,71	4,415
3	1	7,15	18,84	12,54	3,71	8,830
4	1,5	7,15	18,84	12,54	2,78	13,245

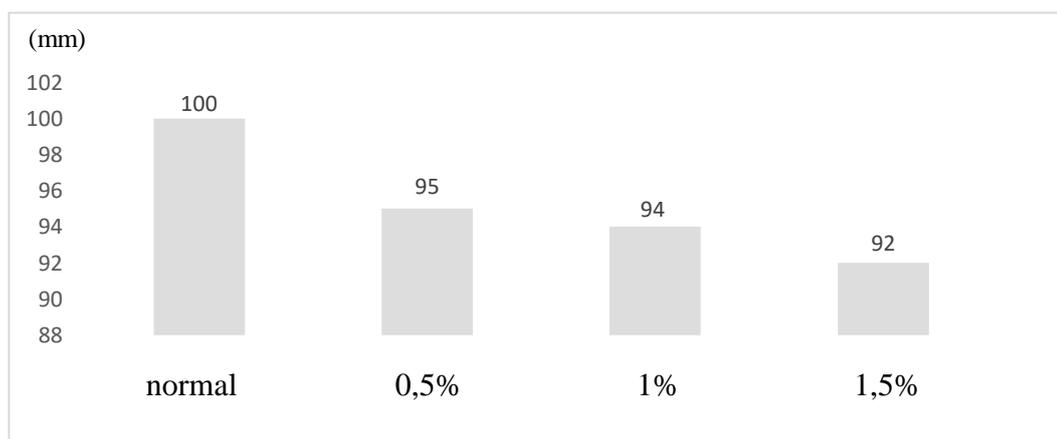
C. Nilai Slump Test

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 4.5 Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

NO	Variasi Campuran	Waktu campur (menit)	Slump rencana (mm)	Slump lapangan (mm)
1	Normal (0%)	± 10	75 – 100	100
2	0,5%			95
3	1%			94
4	1,5%			92

Berdasarkan Tabel di atas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara beton normal dan beton yang menggunakan variasi campuran potongan *banner*. Dimana pada beton normal didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi slump rencana, sedangkan pada penggunaan potongan *banner* nilai *Slump test* juga memenuhi slump rencana. Hal ini dikarenakan penambahan potongan *banner* sehingga meningkatkan tingkat *workability* campuran beton yang diperhitungkan pada perencanaan campuran (*Mix Design*).



Gambar 4.1 Grafik Nilai Hasil Uji *Slump test* variasi limbah *banner*
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Dari grafik di atas menjelaskan bahwa hasil rekapitulasi nilai slump di dapatkan nilai untuk beton normal sebesar 100 mm, 0,5% sebesar 95 mm, 1% sebesar 94 mm dan 1,5% sebesar 92 mm. Ketika penambahan serat pada variasi 0,5% hasil uji *slump test* mengalami penurunan sebesar 5 mm disebabkan oleh sifat serat yang menyerap kadar air pada campuran beton, begitupun pada variasi 1% mengalami penurunan sebesar 6%, variasi 1,5% mengalami penurunan sebesar 8% semakin tinggi penambahan serat maka akan semakin menurun pula hasilnya, seperti yang ditampilkan pada grafik.

D. Kuat Tekan Beton

Setelah melalui beberapa proses yaitu dari tahap pembuatan sampai dengan tahap perawatan benda uji, selanjutnya benda uji tersebut melalui proses pengujian kuat tekan terhadap benda uji tersebut. Pengujian ini dilakukan saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 48 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi bahan tambah potongan *banner* yaitu 0.5%, 1%, dan 1.5%,. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tekan beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton dengan 7,14, dan 28 hari perawatan terhadap beton normal dan 3 variasi bahan tambah potongan *banner*, adalah sebagai berikut:

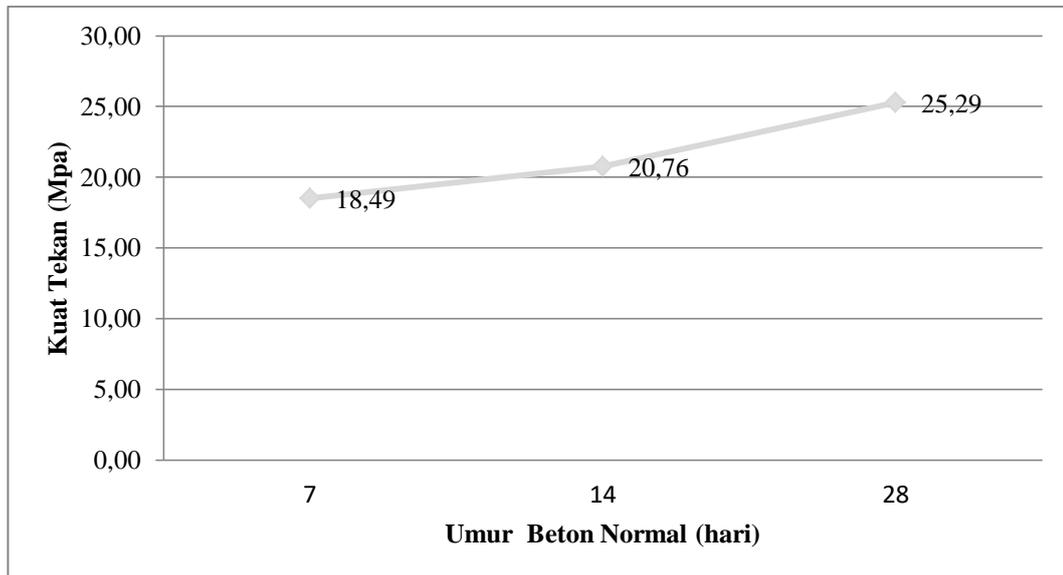
1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton normal (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,561	273,33	18,490
2	14 Hari	11,505	366,67	20,760
3	28 Hari	11,675	446,66	25,290

Pada uji kuat tekan beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 15,480 MPa, untuk umur 14 hari sebesar 20,760 MPa, dan untuk umur 28 hari sebesar 25,290 MPa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu f_c 25 MPa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik pengujian kuat tekan beton normal
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal kuat tekan mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 3,4% untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 2,1%

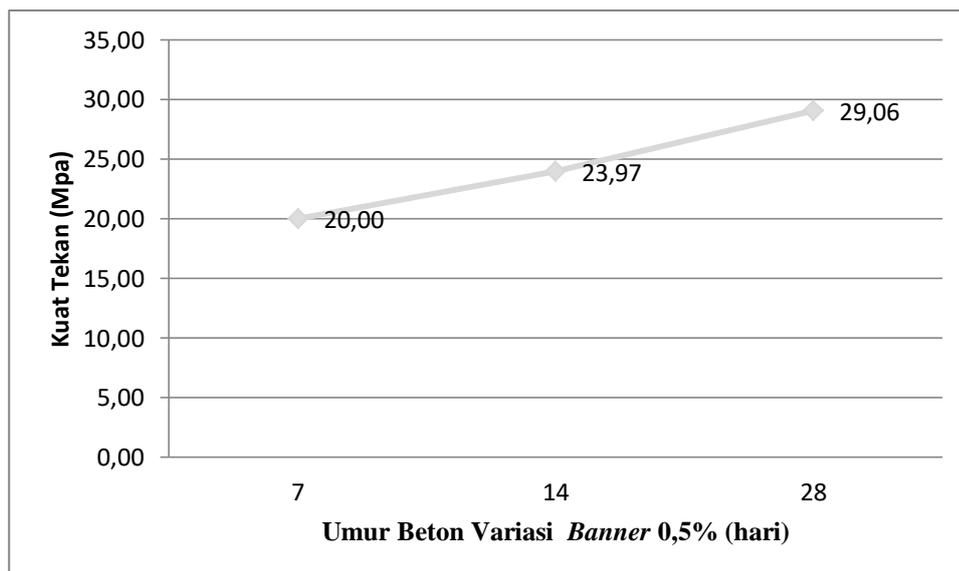
2. Beton variasi 0,5% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton variasi 0,5% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	11,936	353,30	20,00
2	14 Hari	11,382	423,30	23,970
3	28 Hari	11,967	513,30	29,060

Pada uji kuat tekan beton untuk beton variasi 0,5% potongan *banner* didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 20 MPa, untuk umur 14 hari sebesar 23,970 MPa, dan untuk umur 28 hari sebesar 29,060 MPa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu f_c 25 MPa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik pengujian kuat tekan beton variasi 0,5%
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton variasi 0,5% potongan *banner* kuat tekan mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke beton berumur 14

hari sebesar 1,9% untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 2,1%.

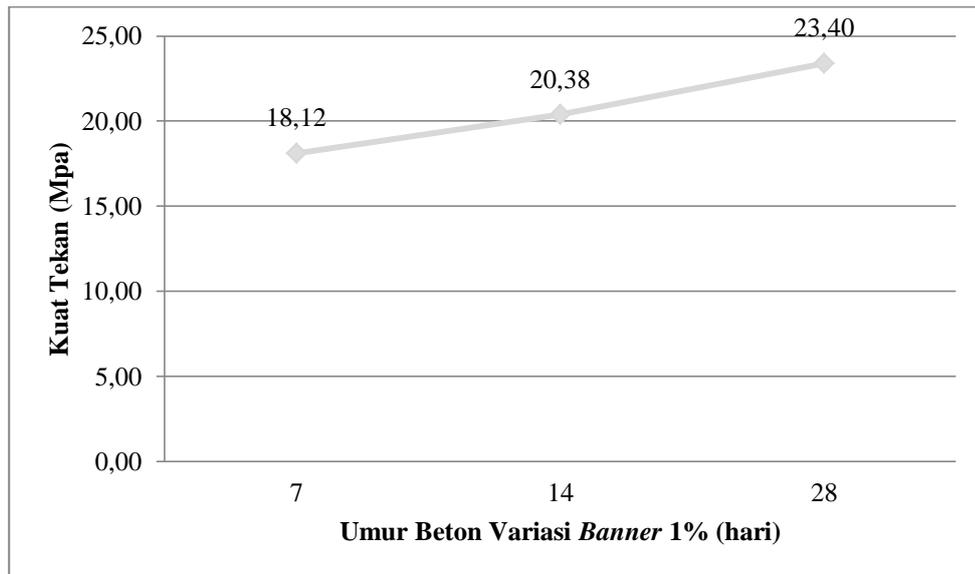
3. Beton variasi 1% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.8 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton variasi 1% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	11,580	320,00	18,10
2	14 Hari	11,597	360,00	20,380
3	28 Hari	11,713	413,30	23,400

Pada uji kuat tekan beton untuk beton variasi 1% potongan *banner* didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 18,10 MPa, untuk umur 14 hari sebesar 20,380 MPa, dan untuk umur 28 hari sebesar 23,40 MPa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu f_c 25 MPa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik pengujian kuat tekan beton variasi *banner* 1%
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton variasi 1% potongan *banner* kuat tekan mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 1,2% untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 1,4%.

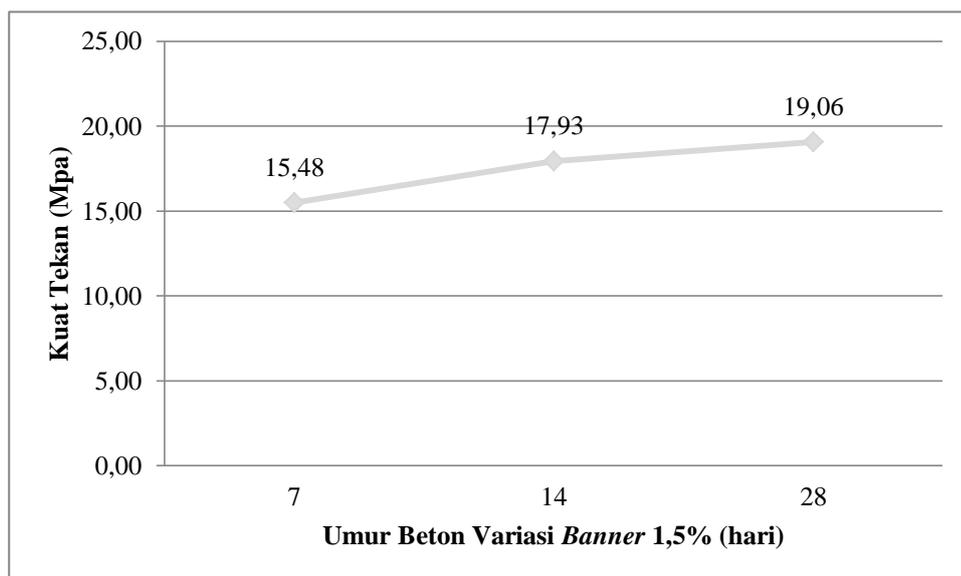
4. Beton variasi 1,5% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.9 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton variasi 1,5% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

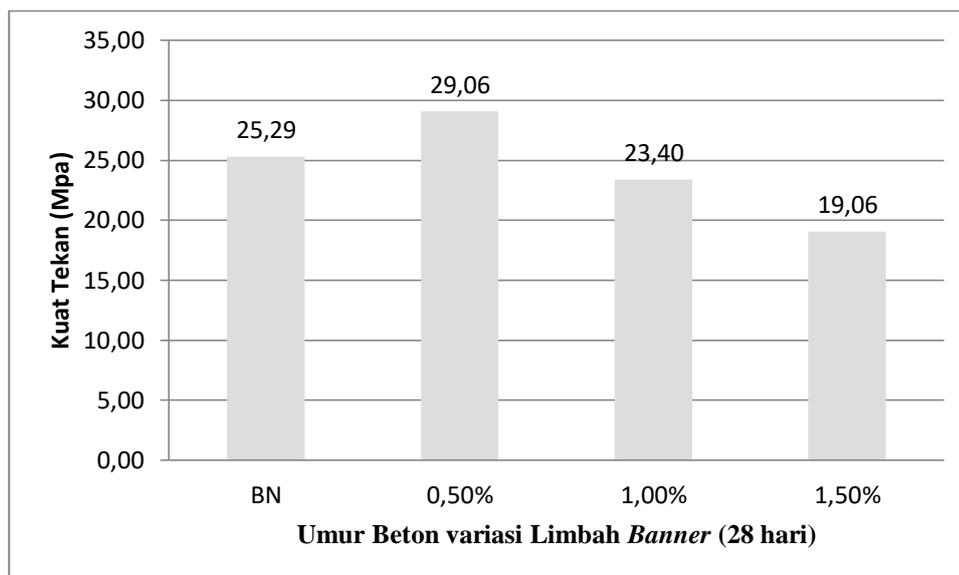
No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	11,470	273,30	15,480
2	14 Hari	11,364	316,667	17,930
3	28 Hari	11,567	336,667	19,060

Pada uji kuat tekan beton untuk beton variasi 1,5% potongan *banner* didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 15,480 MPa, untuk umur 14 hari sebesar 17,930 MPa, dan untuk umur 28 hari sebesar 19,060 MPa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu f_c 25 MPa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik pengujian kuat tekan beton variasi 1,5%
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton variasi 1% potongan *banner* kuat tekan mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 1,5% untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 0,6%.



Gambar 4.6 Grafik gabungan capaian kuat tekan beton berdasarkan variasi potongan *banner* pada umur 28 hari
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bawah pada beton karakteristik kuat tekan beton normal sebesar 25,29 MPa, pada beton variasi 0,5% mengalami peningkatan 15% dari beton normal sebesar 29,06 MPa, pada beton variasi 1% mengalami penurunan 19% dari beton variasi 0,5% sebesar 23,40 MPa, pada beton variasi 1,5% juga mengalami penurunan 18% dari beton variasi 1% sebesar 19,06 MPa. Penggunaan potongan *banner* dapat digunakan untuk menaikkan kuat tekan beton, namun bisa dilihat dari grafik bahwa semakin banyak penggunaan potongan *banner* maka akan semakin menurun kuat tekannya. Persentase paling tinggi berada pada beton dengan variasi 0,5% sebesar 29,06 MPa.

Secara keseluruhan, terlihat bahwa penambahan potongan *banner* sebesar 0,5% memberikan peningkatan kuat tekan beton yang paling signifikan dibandingkan variasi lainnya pada seluruh periode pengujian. Namun, pada penambahan potongan *banner* sebesar 1,5%, kuat tekan justru mengalami penurunan seiring waktu. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan potongan

banner dalam jumlah yang tepat dapat meningkatkan kuat tekan beton, sedangkan jumlah yang berlebihan cenderung mengurangi kualitas beton.

E. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton adalah parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan beton terhadap gaya tarik tidak langsung yang bekerja pada material tersebut. Beton, sebagai bahan konstruksi utama, memiliki kuat tekan yang tinggi namun kelemahan signifikan dalam menahan gaya tarik langsung. Oleh karena itu, pengujian kuat tarik belah sering digunakan untuk mengevaluasi kapasitas tarik beton dalam kondisi nyata. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tekan pada spesimen silinder beton secara horizontal melalui dua garis atau area sempit pada sisi spesimen, yang kemudian menghasilkan gaya tarik di sepanjang bidang vertikal tengah spesimen.

Hasil dari pengujian ini dinyatakan dalam bentuk kuat tarik belah beton, yang dihitung berdasarkan besar gaya maksimum yang menyebabkan retak atau pecah pada spesimen. Kuat tarik belah sangat penting dalam perencanaan struktur beton, terutama untuk mempertimbangkan potensi retak dan daya tahan beton terhadap beban tarik akibat pembebanan struktural atau faktor lingkungan lainnya. Pengujian ini membantu insinyur untuk memahami kinerja material beton dan memastikan keamanan serta keandalannya dalam berbagai aplikasi konstruksi.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal dan 3 variasi campuran potongan *banner* adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

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

Tabel 4.10 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'_c (MPa)
1	28 Hari	11,726	150,00	300	150	4,70

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 4,70 MPa.

2. Variasi 0,5% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian kuat tarik belah beton variasi 0,5% potongan *banner* dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.11 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi 0,5% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'_c (MPa)
1	28 Hari	11,878	125,00	300	150	4,89

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi 0,5% potongan *banner* didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 4,89 MPa.

3. Variasi 1% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 1% potongan *banner* 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 variasi 1%
(Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	28 Hari	11,833	100	300	150	4,22

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi 1% potongan *banner* didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 4,22 MPa.

4. Variasi 1,5% potongan *banner*

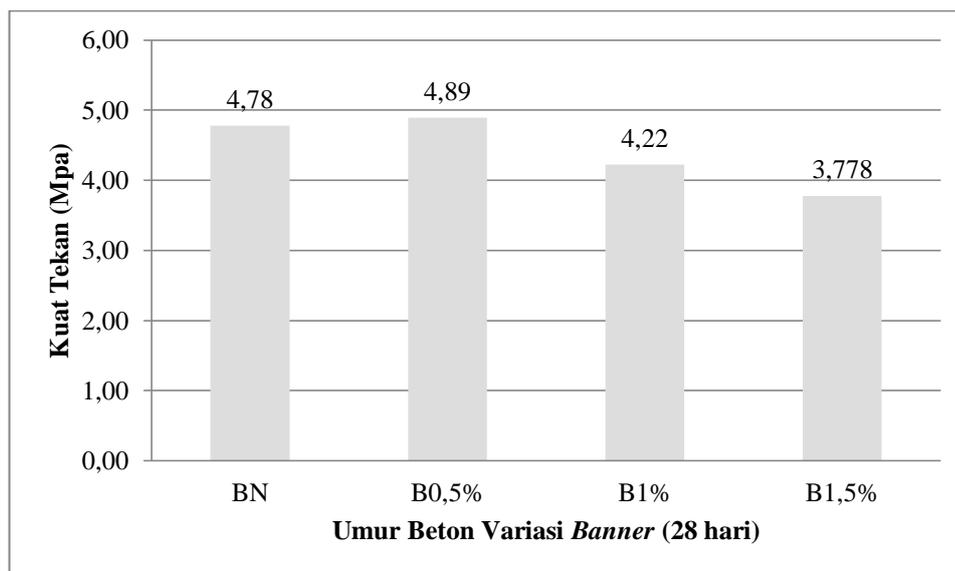
Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 1,5% potongan *banner* di lakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.13 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi 1,5%
(Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	28 Hari	11,980	90	300	150	3,778

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi 1,5% potongan *banner* didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata 3,778 MPa.

Berikut adalah grafik hubungan persentase serat ijuk terhadap kuat tarik belah beton :



Gambar 4.7 Grafik Kuat Tarik Belah Beton
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Grafik tersebut menunjukkan pengujian kuat tarik belah beton dengan variasi persentase tambahan tertentu, yaitu 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5%. Pada beton normal (BN), kuat tarik belah mencapai 4,78 MPa. Ketika ditambahkan bahan sebesar 0,5%, kuat tarik belah beton mengalami peningkatan menjadi 4,89 MPa, yang merupakan nilai tertinggi dalam grafik ini. Namun, seiring dengan peningkatan persentase tambahan menjadi 1%, kuat tarik belah mengalami penurunan signifikan menjadi 4,22 MPa. Penurunan ini semakin terlihat pada campuran dengan tambahan 1,5%, di mana nilai kuat tarik belah beton turun menjadi 3,778 MPa. Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan tertentu hingga 0,5% dapat meningkatkan kuat tarik belah beton, tetapi jika persentase tambahan melebihi angka tersebut, maka kuat tarik belah beton cenderung menurun.

Dari data tersebut, terlihat bahwa kuat tarik belah beton tertinggi terjadi pada kategori 0,5% dengan nilai 4,89 MPa. Beton normal (BN) memiliki nilai

kuat tarik sebesar 4,78 MPa, yang sedikit lebih rendah dibandingkan 0,5%. Namun, dengan meningkatnya persentase bahan tambahan ke 1% dan 1,5%, kuat tarik belah beton mengalami penurunan signifikan menjadi 4,22 MPa dan 3,778 MPa, masing-masing.

Penurunan kuat tarik ini mengindikasikan bahwa penambahan bahan tambahan hingga 1,5% justru menyebabkan penurunan performa beton dibandingkan beton normal. Secara umum, penambahan bahan tambahan optimal pada 0,5% karena memberikan peningkatan kuat tarik belah beton, tetapi kelebihan dosis bahan tambahan malah menurunkan kekuatan beton.

Penyebab kuat tarik belah beton menurun pada penggunaan 1%, dan 1,5% serat potongan *banner* disebabkan karena penggunaan dosis yang tidak tepat. Persentase paling tinggi berada pada beton dengan variasi 0,5% potongan *banner* sebesar 4,89 MPa.

F. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton suatu kemampuan beton untuk menahan tegangan tarik yang terjadi akibat pembebanan lentur. Sifat ini sangat penting pada elemen struktural seperti balok, pelat, dan perkerasan jalan beton yang mengalami beban lentur. Meskipun beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, namun kekuatan tariknya relatif rendah, sehingga perlu diuji untuk memastikan kemampuannya dalam menahan gaya tarik akibat lentur. Kuat lentur beton biasanya diuji dengan metode *modulus of rupture* (MR), menggunakan balok beton yang diberi beban hingga patah. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat lentur beton antara lain kualitas material penyusun (semen, agregat, dan air), rasio air-semen, campuran

beton, serta usia beton. Kuat lentur beton yang baik sangat penting untuk mencegah retak atau patahnya elemen beton ketika menerima beban kerja.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal dan 3 variasi campuran potongan *banner*., adalah sebagai berikut:

1. Beton Normal

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

Tabel 4.14 Rekapitulasi hasil pengujian kuat Lentur beton normal (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

Detik	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	<i>Modulus of Rapture</i> (MPa)
1	28	30,850	15	2,667
2	28	30,540	17	3,022
Rata rata				2,844

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton normal pertama sebesar 2,667 MPa, kedua sebesar 3,022 MPa, dengan kuat lentur rata rata sebesar 2,844 MPa

2. Variasi 0,5% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 0,5% potongan *banner* dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.15 Rekapitulasi hasil pengujian kuat lentur variasi 0,5% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

Detik	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	<i>Modulus of Rapture (MPa)</i>
1	28	30,260	16	2,884
2	28	30,450	18	3.200
Rata rata				3,022

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur dengan menggunakan 0,5% potongan *banner* pertama sebesar 2,884 MPa, kedua sebesar 3,200 MPa, dengan kuat lentur rata rata sebesar 3,022 MPa

3. Variasi 1% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 1% potongan *banner* 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 lentur variasi 1% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

Detik	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	<i>Modulus of Rapture (MPa)</i>
1	28	31,120	19	3,376
2	28	31,320	20	3,556
Rata rata				3,467

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur balok dengan menggunakan variasi 1% potongan *banner* pertama sebesar 3,376 MPa, kedua sebesar 3,556 MPa, dengan kuat lentur rata rata sebesar 3,467 MPa.

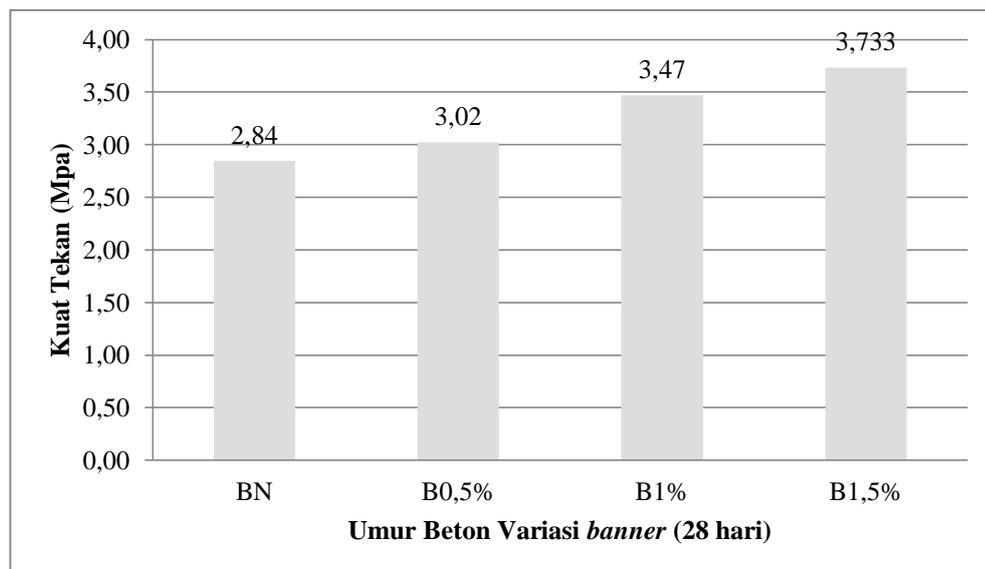
4. Variasi 1,5% potongan *banner*

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 1,5% potongan *banner* 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 lentur variasi 1,5% (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

Detik	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	<i>Modulus of Rapture</i> (MPa)
1	28	31,260	20	3,566
2	28	31,530	22	3,911
Rata rata				3,733

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur balok dengan menggunakan variasi 1,5% potongan *banner* pertama sebesar 3,566 MPa, kedua sebesar 3,911 MPa, dengan Kuat lentur rata rata pada sebesar 3,733 MPa.



Gambar 4.8 Grafik Kuat Tarik Lentur Beton
sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara variasi penambahan bahan tertentu terhadap kuat tarik belah beton pada umur perawatan tertentu. Pada grafik ini, sumbu vertikal merepresentasikan kuat tekan beton dalam satuan MPa, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan variasi komposisi bahan dengan empat kategori: BN (beton normal), B0,5% (dengan penambahan 0,5%), B1% (dengan penambahan 1%), dan B1,5% (dengan penambahan 1,5%).

G. Hasil Analisis Dan Pembahasan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Beton

Berikut rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Rekapitulasi hasil pengujian beton umur 28 hari (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

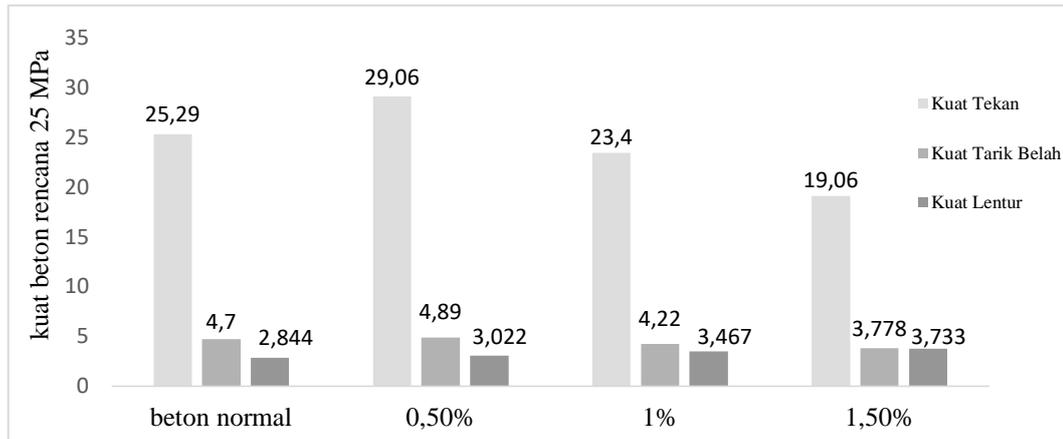
No.	Variasi	Hasil pengujian beton umur 28 hari		
		Kuat tekan (MPa)	Kuat tarik belah (MPa)	Kuat lentur (MPa)
1	Beton normal	25,290	4,70	2,844
2	0,5%	29,060	4,89	3,022
3	1%	23,400	4,22	3,467
4	1,5%	19,060	3,778	3,733

Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian kuat tekan pada variasi beton normal, 0,5% potongan *banner*, 1% potongan *banner*, dan 1,5% potongan *banner* secara berurutan yaitu sebesar 25,290 MPa, 29,060 MPa, 23,400, dan 19,060 MPa.

Hasil pengujian kuat tarik belah pada variasi beton normal, 0,5% potongan *banner*, 1% potongan *banner*, dan 1,5% potongan *banner* secara berurutan yaitu sebesar 4,70 MPa, 4,89 MPa, 4,22 MPa, dan 3,778 MPa.

Hasil pengujian kuat lentur pada variasi beton normal, 0,5% potongan *banner*, 1% potongan *banner*, dan 1,5% potongan *banner* secara berurutan yaitu sebesar 2,844 MPa, 3,022 MPa, 3,467 MPa, dan 3,733 MPa.

Hubungan hasil kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton



Gambar 4.9 Grafik hubungan hasil uji kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton

sumber: Hasil olah laboratorium 2024

Berdasarkan grafik diatas dapat dijelaskan bahwa Pada beton normal menghasilkan kuat tekan sebesar 25,290 MPa, kuat tarik belah sebesar 4,70 MPa, dan kuat lentur sebesar 2,844 MPa. Pada variasi 0,5% hasil kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 15% dari beton normal dengan hasil kuat tekan sebesar 29,060 MPa, kuat tarik belah mengalami kenaikan sebesar 4% dari beton normal dengan hasil kuat tarik belah sebesar 4,890 MPa, dan kuat lentur mengalami kenaikan sebesar 6% dari beton normal dengan hasil kuat lentur sebesar 3,022 MPa.

Pada variasi 1% hasil kuat tekan mengalami penurunan sebesar 7% dari beton normal dengan hasil kuat tekan sebesar 23,400 MPa, kuat tarik belah mengalami penurunan sebesar 10% dari beton normal dengan hasil kuat tarik

belah sebesar 4,22 MPa, dan kuat lentur mengalami kenaikan sebesar 21% dari beton normal dengan hasil kuat lentur sebesar 3,467 MPa.

Pada variasi 1,5% hasil kuat tekan mengalami penurunan sebesar 24% dari beton normal dengan hasil kuat tekan sebesar 19,060 MPa, kuat tarik belah mengalami penurunan sebesar 19% dari beton normal dengan hasil kuat tarik belah sebesar 3,778 MPa, dan kuat lentur mengalami kenaikan sebesar 31% dari beton normal dengan hasil kuat lentur sebesar 3,733 MPa.

Dari hasil analisa diatas didapatkan nilai optimum pengujian kuat tekan pada variasi 0,5% sebesar 29,060 MPa, kuat tarik belah pada variasi 0,5% sebesar 4,890 MPa, dan kuat lentur pada variasi 1,5% sebesar 3,733 MPa. Beton dengan penggunaan bahan tambah ptongan *banner* mengalami kenaikan hasil kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dari beton normal dengan kuat rencana 25 MPa, sehingga penggunaan potongan *banner* masih layak digunakan dalam konstruksi beton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari pada beton normal sebesar 25,290 MPa, beton variasi 0,5% sebesar 29,060 MPa, beton variasi 1% sebesar 23,400 MPa , dan beton variasi 1,5% sebesar 19,060 MPa.

Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari pada beton normal sebesar 4,70 MPa, beton variasi 0,5% sebesar 4,89 MPa, beton variasi 1% sebesar 4,22 MPa, dan beton variasi 1,5% sebesar 3,778 MPa.

Hasil pengujian kuat lentur pada beton normal sebesar 2,844 MPa, beton variasi 0,5% sebesar 3,022 MPa, beton variasi 1% sebesar 3,467 MPa, dan beton variasi 1,5% sebesar 3,733 MPa.

2. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan potongan *banner* dapat meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton pada proporsi 0,5%, akan tetapi dengan penambahan potongan *banner* dalam campuran beton nilai kuat tekan dan kuat tarik belah menurun pada saat 1% dan 1,5%, namun dari hasil pengujian kuat lentur terjadi kenaikan dengan adanya penambahan potongan *banner* pada proporsi 0,5%, 1%, dan 1,5%.

B. Saran

Untuk menjaga kualitas dan workability beton, disarankan:

1. Penambahan potongan banner dibatasi hingga 1% karena menunjukkan hasil yang lebih optimal. Selain itu, perlu dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk mengetahui pengaruh penambahan potongan banner terhadap kekuatan beton.
2. Pengawasan kualitas material, terutama agregat kasar dan halus, harus dilakukan secara konsisten untuk memastikan semua parameter tetap sesuai dengan standar SNI. Terakhir, metode pencampuran harus dilakukan secara teliti agar distribusi potongan banner merata dalam campuran beton sehingga kualitas beton yang dihasilkan tetap seragam dan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1982. *State of the art report on fiber reinforced concrete - Report : ACI 544 IR-82*. Farmington Hills : American Concrete Institute.
- Agnia, A., Sambowo, K. A., & Musalamah, S. (2021). Pemanfaatan Limbah Serat Tali Beneser Dalam Meningkatkan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 51-56.
- Ahadi. (2011). *Pengertian Beton Fiber*
- Astawa, M. D. (2016). *Struktur Beton Fiber (Bagian Materi Sruktur Beton I)*. Jawa Timur: Mitra Sumber Rejeki
- Deus, J. D., Wijaya, H. S., & Oktaviastuti, B. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Serat *Banner* Plastik Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Pada Mutu Beton ($f_c' = 19,3$ MPa). *Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi*.
- Dipohusodo, I. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta
- Faldo, F., & Hudori, M. (2021). Pengaruh Efektifitas Penggunaan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, 2(1), 77-83.
- Ghifari Nur Alfiansyah, M. (2023). Pemanfaatan Limbah *Banner* Atau *Banner* Berbahan Dasar Pvc Yang Digunakan Sebagai Bahan Tambah Material Serat Untuk Beton Mutu Rendah Pada Umur 28 Hari. *Doctoral dissertation, ITN MALANG*.
- Haekal, D. F. (2022). Analisis Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serat Potongan Limbah *Banner* (*Analysis Of Splitting Tensile Strength And Compressive Strength Of Concrete With The Additional Of Banner Waste Fiber*).
- Ichsan, M., Tanjung, D., & Hasibuan, M. H. M. (2021). Analisa Perbandingan Hammer Test dan Compression Testing Machine terhadap Uji Kuat Tekan Beton. *Buletin Utama Teknik*, 17(1), 41-45.
- Mahendra, Y. I., Gardjito, E., Ridwan, A., & Wicaksono, H. (2021). Meningkatkan Kuat Tekan Beton $F_c' = 16,60$ Mpa menggunakan Fly Ash dan Arang Batok Kelapa. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 4(1), 1-13.
- Nawy, E.G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Refika Aditama. Bandung.

- Pamungkas, A. B. (2019). Kajian Penambahan Serat *Banner* Dan Penggantian Semen Dengan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Isi Beton.
- Purwanto, P., Rahmawati, D., & Sutarno, S. (2021). Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Teknika*, 16(2), 49-57.
- Rahmawati, A. (2019). Pengaruh Penambahan Serat Limbah *Banner* Terhadap Kuat Lekat Dan Mikrostruktur Beton Serat Pasca Bakar Sebagai Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 12(1), 20-29.
- Setiawan, P., Adhy, D. S., & Ahyar, M. R. (2021). Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton dengan tambahan Serat Tembaga dan Serbuk Besi. *Pondasi*, 26(2), 72-79.
- Simanjuntak, J. O., & Lubis, S. (2022). Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Construct*, 1(2), 70-75.
- SK SNI S-04-1989-F. *Spesifikasi* Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam). Bandung.
- SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal
- SNI 03-4431-1997. Cara Uji Kuat Lentur Beton
- SNI 1974-2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Slinder
- SNI 249-2014. Persamaan Untuk Menentukan Nilai Tarik Pada Beton
- SNI-03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- SNI-15-2049-2004. Semen portland
- Soroushian, & Bayasi. (1987). *Concept of Fiber Reinforced Concrete*. Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete, Michigan University, Michigan..
- Thariq Al Faridzi, A. S., Ali, I. W., Gaus, A., & Sultan, M. A. (2023). Efek Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Perkerasan Kaku. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 9(1), 49-55.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta