

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah bahan bangunan yang sangat umum digunakan dalam dunia konstruksi yang terbuat dari agregat dan bahan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton ialah agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan pengisi, serta semen sebagai bahan pengikat. Dalam campuran beton air berfungsi untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.

Seiring bertambahnya jumlah pembangunan saat ini membuat bahan tambah lain seperti pecahan keramik dijadikan sebagai agregat kasar pada campuran pembuatan beton. Sifat beton yang sering diamati umumnya adalah kuat tekan beton, kuat tarik, kuat lentur. Sifat-sifat sangat tergantung pada beberapa factor antara lain kualitas bahan dasar pembuatan beton, komposisi campuran, umur dan keadaan cuaca atau faktor lingkungan (Johan, 2022).

Salah satu *alternative* bahan tambah yang bersifat fisik adalah serat baja (*steel fiber*). Ide dasar penambahan serat adalah memberikan tulangan serat pada beton yang disebar merata secara acak (*random*) untuk mencegah retak-retak yang terjadi akibat pembebanan (Sudarmoko, 1999).

Pemakaian serat baja sebagai bahan campuran adukan beton untuk struktur bangunan belum banyak dikenal dan digunakan di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan serat baja dimaksud sulit didapatkan karena keberadaanya yang harus mendatangkan dulu dari luar negeri, sehingga sangat tidak ekonomis. Untuk mengatasi masalah tersebut peneliti terdahulu telah mencoba menggunakan bahan lokal yang banyak tersedia di pasaran dengan harga yang relatif lebih murah, yaitu dengan serat kawat bendrat. Kawat bendrat merupakan material terpilih karena disamping memiliki faktor-faktor penguat beton, kawat bendrat juga merupakan bahan yang mudah diperoleh. Dari pertimbangan-pertimbangan itu selanjutnya penulis bermaksud melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Beton”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh serat kawat bendrat terhadap kuat tekan beton pada konsentrasi lurus dengan panjang 5 cm dan diameter 0,1 cm, factor air semen 0,5, dan komposisi serat campuran 1%, 2%, 3% dari berat semen.
2. Pada komposisi beberapa beton mampu menahan gaya tekan paling optimal.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penggunaan kawat bendrat panjang 5 cm dengan diameter 0,1 cm untuk komposisi serat 1%, 2%, 3% fas 0,5 dari berat semen.
2. Untuk mengetahui nilai optimal kuat tekan pada beton pada komposisi serat campuran.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya kesalahan penelitian sesuai tujuan yang dimaksud, maka dalam penelitian ini perlu dilakukan adanya batasan-batasan sebagai berikut :

1. Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal).
2. Komposisi serat yang digunakan sebesar 1%, 2%, 3%(dari berat semen) benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dilakukan pada non serat dan beton serat kawat bendrat.
3. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton, pengujian dilakukan pada umur 7, 14, 21, 28 hari.
4. Proporsi campuran 1 : 2 : 3 dengan fas 0,5 cm.
5. Penambahan serat kawat bendrat dengan pengurangan dari berat semen.

6. Semen yang digunakan adalah semen Portland type 1 dengan kemasan dalam kantong 50kg.
7. Agregat kasar berupa batu pecah (max 20mm).
8. Agregat halus berupa pasir alami.
9. Jenis serat yang digunakan serat kawat bendrat.
10. Serat berupa kawat bendrat lurus dengan diameter 1mm panjang 5 cm.
11. Masing-masing 3 sampel dari setiap umur beton yang di uji.
12. Alat pengujian kuat tekan beton menggunakan alat laboratorium Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.
13. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.

1.5 *Time Schedule (Waktu Pelaksanaan)*

Dalam melaksanakan Tugas Akhir, ada baiknya dibuat waktu pelaksanaan untuk mempermudah pelaksanaan Tugas Akhir. Berikut adalah tabel *Time schedule* (Waktu Pelaksanaan) Tugas Akhir.

Tabel 1. 1 *Time Schedule* (Waktu Pelaksanaan)

No	Uraian Pekerjaan	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR
1	Pendaftaran dan Pengajuan Judu TA								
2	Penentuan Judul TA								
3	Pengerjaan dan Penyusunan Laporan TA								
4	Pembekalan dan Bimbingan TA								
5	Revisi Persiapan Seminar Proposal								
6	Seminar Proposal								
7	Pengumpulan Data dan Pengerjaan Laporan								
8	Sidang								
9	Penyerahan Laporan								

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton ini didapatkan dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dari air, dengan semen Portland atau semen hidrolik lainnya, kadang-kadang menggunakan bahan tambahan (*additive*) dengan sifat *kimiawi* ataupun perbandingan *fisikal* dengan perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Pengerasan terjadi karena peristiwa kimia antara air dan semen (Mulyono, 2004).

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200 kg/m^3 sampai dengan 2500 kg/m^3 dan dibuat dengan menggunakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan, membentuk masa yang padat, kuat, dan stabil (SNI 7656-2012).

Menurut Mulyono (2004), mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah.

2.1.1 Beton Berserat

Serat merupakan bahan tambah yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat beton. Berbagai macam serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik beton antara lain adalah *fiber* baja (*stell fiber*), *fiber polypropylene* (sejenis plastik mutu tinggi), *fiber kaca (glass fibre)*, *fiber karbon (carbon fibre)*, serat *fiber* dari bahan alami (*natural fiber*), seperti ijuk, rambut, sabut kelapa, serat goni dan serat tumbuh-tumbuhan lainnya (Mulyono, 2004).

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan sejumlah kecil serat/*fibre* (ACI *Cocommite* 544, 1993).

Beton serat merupakan campuran beton ditambah serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*poly-propylene*), atau potongan kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan (rami, sabut kelapa, bambu, ijuk) (Trimulyono, 2004).

2.2 Sifat Mekanik Beton

2.2.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 hal 116 pada umur 28 hari (ASTM C-39).

Kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas dan dinyatakan dengan Mpa. Kuat tekan beton (f'_c) dilakukan dengan melakukan uji silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pada umur 28 hari dengan tingkat pembebanan tertentu. Selama periode 28 hari silinder beton ini biasanya ditempatkan dalam sebuah ruangan dengan temperatur tetap dan kelembapan 100% (Mulyono, 2004)

Dalam SNI 03-1974-1990 mengenai pengujian kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

2.2.2 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton bervariasi antara 9% sampai 15% dari kuat tekannya. Alasan utama dari kuat tarik yang kecil ini adalah kenyataan bahwa beton dipenuhi oleh retak-retak halus. Retak-retak ini tidak berpengaruh besar bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan retak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekanan. Jelas ini tidak terjadi bila balok menerima beban tarik. Meskipun biasanya diabaikan dalam perhitungan desain,

kuat tarik tetap merupakan sifat penting yang mempengaruhi ukuran beton dan seberapa besar retak yang terjadi. Selain itu, kuat tarik dari batang beton diketahui selalu akan mengurangi jumlah lendutan. Karena kuat tarik beton tidak besar, hanya sedikit usaha yang dilakukan untuk menghitung modulus elastisitas tarik dari beton (Mulyono, 2004).

Sifat kuat tarik dipengaruhi oleh mutu betonnya. Setiap usaha perbaikan mutu beton untuk kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Dalam SI (Satuan Internasional) ditentukan hubungan kuat tarik dengan kuat tekannya (f^c) adalah $0,5 \sqrt{f^c} - 0,6 \sqrt{f^c}$. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tarik berkisar antara 9 % - 15 % dari kuat tekannya. Nilai pastinya sulit diukur (Mulyono, 2004) .

2.3 Kawat Bendrat

Penelitian Sudarmoko (1991) akan mencari pengaruh penambahan serat bendrat terhadap kuat tarik. Untuk bahan digunakan kerikil dengan diameter maksimal 10 mm dengan maksud agar masih tersedia ruang yang cukup diantara kerikil untuk diisi dengan serat sehingga masih didapat kelecakan yang memungkinkan pengadukan dilakukan dengan mudah. Bahan serat digunakan serat bendrat yang dibuat dengan jalan memotong kawat bendrat dengan panjang 2,5 - 3 cm agar batas aspek rasio tidak terlampaui. Faktor air semen 0,56. Adukan beton serat dibuat dengan konsentrasi serat bendrat ditambahkan sebesar 0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1,00 % dan 1,25 % dari volume adukan agar masih didapat penyebaran serat yang merata pada adukan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan serat bendrat kedalam adukan beton akan mempertinggi kuat tariknya. Tetapi makin tinggi konsentrasi serat.

2.4 Keunggulan dan Kelemahan Beton

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut:

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat,
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap

pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah,

3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya,
4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodinuljo, 2007) .

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam,
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.

Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi (Mulyono, 2004).

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan dengan atau bahan tambah (*admixture*) apabila diperlukan. Semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, agregat kasar dan halus berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat. Variasi ukuran agregat dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik sesuai dengan standar analisa saringan dari ASTM (*America Society of Testing Materials*). Bahan-bahan dipilih yang sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan. Pemilihan bahan ini sendiri akan mempengaruhi konstruksi dari

segi kemudahan pengerjaan (*workability*), karena dari segi kemudahan pengerjaan ini sendiri terdapat banyak variasi yang memenuhi yaitu dari segi kualitas, harga dan mutu beton itu sendiri (Mulyono, 2004).

Beton terdiri dari $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, selebihnya pasir dan kerikil. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton (Wuryati, 2001).

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Nawy (1985:8) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

2.4.1 Sifat Beton

Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2012) beton memiliki beberapa sifat yang dimiliki beton dan sering di pergunakan untuk acuan adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain. Adapun kuat tekan beton menurut kuat tekannya dijelaskan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Beton Menurut Kuat Tekannya

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

(Sumber : Tjokrodimuljo, 2007)

2. Berat jenis

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dan agregat pada akhirnya akan menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton (Tjokrodimuljo, 2007). Adapun berat jenis yang digunakan dijabarkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Berat Jenis Beton

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00-2,00	Struktur ringan
Beton normal	2,30-2,40	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

(Sumber : Tjokrodimuljo, 2007)

3. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007: 77).

4. Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu beton diharapkan dapat rapat air (kedap air) agar tidak bocor, misalnya plat atap, dinding *basement* dan sebagainya. Selain itu juga untuk mencegah terjadinya karat pada baja tulangan, diperlukan beton yang rapat air. Beton rapat air (kedap air) ialah beton yang sangat padat sehingga air tidak dapat meresap ke dalamnya atau rembes melalui pori-pori dalam beton. Pembuatan beton kedap air (Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air, (SNI-03-2941-1992) dapat diusahakan dengan cara sebagai berikut :

- a. Menambah butiran pasir halus (yaitu semen dan pasir yang lebih kecil dari 0,30 mm) sampai sekitar 400 - 520 kg per meter kubik beton,

- b. Menambah jumlah semen sampai sekitar 280 - 380 kg per meter kubik beton,
- c. Faktor air semen maksimum 0,45-0,50 (tergantung kepadatannya air tawar, atau kepadatannya air laut),
- d. Memakai jenis semen *portland* tertentu (tergantung kepadatannya air tawar, atau kepadatannya air laut).

5. Susutan Pengeras

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dari pada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang menyusut adalah pastanya karena agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu semakin besar pastanya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya. Besar pastanya semakin besar penyusutan (Mulyono, 2004).

2.4.2 Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan fondasi, kolom, balok dan pelat. Menurut Mulyono (2005). Terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu sebagai berikut :

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemennya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.

5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

2.4.3 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton meliputi air, semen *portland*, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, di mana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodinuljo, 1996). Berikut adalah bahan penyusun beton yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Semen *Portland*

Portland Cement (PC) atau semen adalah bahan yang bertindak sebagai bahan pengikat agregat, jika dicampur dengan air semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia akibat campuran air dan semen menghasilkan sifat perkerasan pasta semen. Penemu semen (*Portland Cement*) adalah Joseph Aspdin pada tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen *portland*, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau *Portland*.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan tambahan lain. Pemakaian semen portland yang disebabkan oleh kondisi tertentu yang

dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi dilapangan, membuat para ahli menciptakan berbagai jenis semen *portland*, di antaranya sebagai berikut:

- a. Semen *portland* tipe I, semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- b. Semen *portland* tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi dengan tingkat sedang.
- c. Semen *portland* tipe III, semen *portland* yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi, kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu.
- d. Semen *portland* tipe IV, semen *portland* yang penggunaannya diperlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan bangunan seperti bendungan.
- e. Semen *portland* tipe V, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut.

2. 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 semen hidraulik atau adukan. Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah melalui proses pelapukan dan aberasi yang berlangsung lama. Atau agregat dapat juga diperoleh dengan memecah batuan induk yang lebih besar (Paul Nugra dan Antoni, 2007)

Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis (Paul Nugara dan Antoni, 2007). Pengaruh dijabarkan pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Pengaruh sifat agregat pada sifat beton

Sifat Agregat	Pengaruh Pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton cair	Kelecekan Pengikat dan Pengerusan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

(Sumber: Nugraha, P dan Antoni, 2007)

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996).

a. Agregat Kasar

Agregat adalah suatu butiran alami atau buatan yang dipergunakan sebagai bahan pengisi beton dan mengisi hampir 70 % dari volume beton (Yudianto, 2011). Agregat kasar adalah berasal dari batu alam yang dipecah mempunyai ukuran berkisar antara 5 mm–40 mm (SNI 03-2834-2000). Menurut *British Standard* (B.S), gradasi agregat kasar yang baik sebaiknya masuk dalam batas, yang tercantum dalam Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2. 4 Syarat Agregat Kasar Menurut *British Standard* (B.S)

Ukuran saringan(mm)	Persen Butir lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95 - 100	100	100
20	30 - 70	95 – 100	100
12,5	-	-	90 – 100
10	10 - 35	25 - 55	40 - 85
4,8	0 - 5	0 – 10	0 - 10

(Sumber : *Teknologi Beton*, 2003)

Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian. Ukuran agregat sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Semakin besar agregat maksimum yang digunakan, semakin berkurang kekuatan beton yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin besar agregat kasar, ruang antar agregat yang dihasilkan semakin besar sehingga potensi terjadinya rongga udara akan semakin tinggi dan dapat menyebabkan semakin kecilnya kekuatan tekan yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

b. Agregat Halus

Agregat dikatakan sebagai agregat halus jika besar butirannya kurang lebih sebesar 4,75 mm (ASTM C39). Di dalam SNI 03-2834-2000 dikatakan bahwa agregat halus merupakan pasir alam yang mempunyai ukuran butir sebesar 5,0 mm.

SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang di adopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Batas Gradasi Agregat Halus (*British Standard*)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	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

(Sumber: Mulyono, 2003)

Keterangan: Daerah gradasi I : pasir kasar

Daerah gradasi II : pasir agak kasar

Daerah gradasi III : pasir halus

Daerah IV : pasir agak halus

Agregat halus berfungsi mengisi pori-pori yang ada di antara agregat kasar, sehingga diharapkan dapat meminimalkan kandungan udara dalam beton yang dapat mengurangi kekuatan beton. Gradasi dan keseragaman agregat halus lebih menentukan kelecakan (*workability*) dari pada gradasi dari keseragaman agregat kasar karena mortar berfungsi sebagai pelumas sedangkan agregat kasar hanya mengisi ruang saja pada beton (Tjokrodumuljo, 2007).

3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras (Tjokrodumuljo, 2007). Air yang diperlukan hanya sekitar 25-30% dari berat semen.

Dalam beton air berfungsi sebagai bahan untuk bereaksi kimia dengan semen membentuk suatu pasta semen. Selain itu air digunakan sebagai bahan pelumas pada beton yang berhubungan dengan *workability*. Pemberian air yang berlebihan pada adukan beton juga akan mengurangi kekuatan beton itu sendiri (Yudianto, 2011).

2.4.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok pada beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang berakibat memperburuk sifat beton (Tjokrodumuljo, 1996). Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu *admixtures* dan *additives*.

Admixtures ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolis dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam *batching*, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Definisi *additive* lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen (Taylor, 1997).

Salah satu bahan beton yang digunakan dalam penelitian ini ialah serat (*fiber*). Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton serat (*fiber concrete*). Terdapat bermacam-macam tipe serat yang dapat digunakan sebagai campuran beton serat. Jenis fiber/serat yang dapat digunakan adalah serat buatan seperti *steel fiber* yang terdiri serat baja, glass fiber yang terdiri dari gelas/kaca, *synthetic (polymeric) fiber* yang terdiri dari serat sintesis yang diperoleh dengan melalui proses kimia tertentu dan natural fiber/serat alami yang materialnya diambil langsung dari mineral, tumbuh-tumbuhan maupun hewan (Terai, et.al, 2012).

Dalam hal kekuatan, serat buatan memberikan performa yang baik daripada serat alami, akan tetapi penggunaan serat alami tetap dipertimbangkan sebagai bahan tambah serat beton karena mempunyai harga yang lebih murah dan baik (Terai, et.al, 2012).

2.5 Pengujian Sifat Mekanik Beton

2.5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

SNI 03-1974-2011 memberikan pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Nilai kuat tekan beton dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

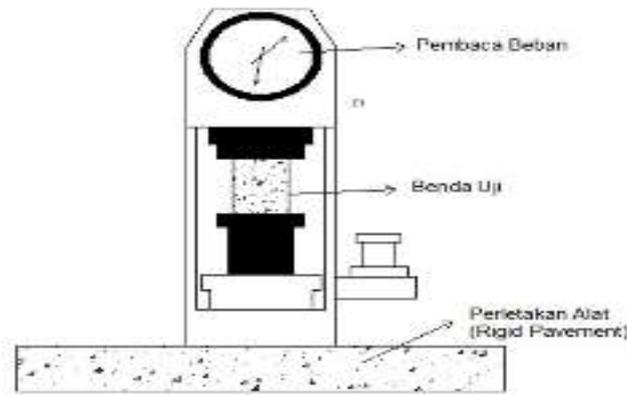
$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

dimana:

A = Luas penampang (mm²)

f_c = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum (N)



Gambar 2. 1 Sketsa pengujian kuat tekan beton

(Sumber : SNI 03-1974-2011)

2.5.2 Pengujian *Workability (slump)*

Uji *slump* merupakan suatu uji empiris atau metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*). Uji *slump* dapat menunjukkan kekurangan, kelebihan, atau kecukupan air yang digunakan dalam pembuatan beton tersebut (SNI 1972-2008).

Nilai *slump* ditentukan oleh besarnya penurunan adukan beton dalam *slump* setelah alat *slump* diangkat. Nilai *slump* yang dihasilkan jika lebih besar dari nilai *slump* rencana maka adukan encer dan nilai *workability* akan semakin tinggi, dan sebaliknya jika nilai *slump* lebih kecil dari nilai *slump* rencana maka adukan kental dan nilai *workability* akan semakin rendah. *Slump* adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton yang dinyatakan dalam mm dan ditentukan dengan alat kerucut *Abrams* (SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian *Slump* Beton Semen *Portland*). Keleccakan (*workability*) adalah sifat-sifat fisik adukan beton yang menentukan sejumlah usaha pekerjaan mekanikal (*mechanical works*).

Uji *slump* ini mengacu pada SNI 1972-2008. Beton dengan nilai *slump* kurang dari 15 mm mungkin tidak cukup plastis dan beton yang nilai *slump* lebih dari 230 mm mungkin tidak cukup kohesif untuk pengujian ini.

2.5.3 Perhitungan Standar Deviasi

Nilai *standard deviation* merupakan suatu nilai yang digunakan dalam menentukan persebaran data pada suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan nilai *mean*. Standar deviasi atau simpangan baku merupakan ukuran penyebaran yang paling baik, karena menggambarkan besarnya penyebaran tiap-tiap unit observasi (Ghozali, 2016).

Untuk mengetahui cara menghitung standar deviasi maka ada dua rumus yang harus diketahui, yakni rumus varian dan rumus standar deviasi. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum (F'_{cr} - F'_{cr})^2}{(n-1)}} \quad (2.2)$$

dimana :

F'_{cr} = Kuat tekan masing-masing benda uji

F'_{cr} = Kuat tekan rata dari semua benda uji

N = Jumlah benda uji

Tabel 2. 6 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 6,5	6,5 < s ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 7,5
Besar	> 3000	2,5 < s ≤ 3,5	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 6,5

(Sumber : SNI 03-2834-2000, 2000)

Tabel 2. 7 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber : SNI 03-2834-2000, 2000)

2.6 Pemeriksaan Sifat Fisik Material Di Laboratorium

Pemeriksaan sifat fisik material berguna dalam merencanakan campuran beton. Adapun pemeriksaan yang dilakukan yaitu :

a. Analisa Saringan

Penguraian susunan butiran agregat (gradasi) bertujuan untuk menilai agregat yang digunakan pada produksi beton. Pada pelaksanaannya perlu ditentukan batas maksimum dan minimum butiran sehubungan pengaruh terhadap sifat perkerjaan, penyusutan, kepadatan, kekuatan dan juga faktor ekonomi dari beton. Tujuan dari analisa saringan ialah untuk mendapatkan nilai modulus halus butir agregat (Mulyono, 2004).

$$MHB = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \%}{100} \quad (2.3)$$

b. Pemeriksaan Kehalusan Semen

Kehalusan semen sangat mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan menentukan pada proses pengikatan agregat dalam campuran beton. Semakin halus beton, pengikatannya menjadi lebih sempurna dan juga mempercepat proses pengerasan beton. Pemeriksaan kehalusan semen dimaksudkan untuk mendapatkan semen standar sebagai bahan pengikat dalam campuran beton (Mulyono, 2004).

$$F = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (2.4)$$

dimana :

W1 = berat benda uji yang tertahan diatas saringan

W2 = berat benda uji semula

c. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar dengan berat isi air suling sama dengan isi semen bertujuan untuk menentukan berat persatuan volume dari smen yang akan dipergunakan dalam perencanaan campuran beton (Mulyono, 2004).

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{(W_2 - W_1) \cdot d}{V_2 - V_1} \quad (2.5)$$

dimana: BS = Berat semen (gr)

V1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

V2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

d = Berat isi air (1)

d. Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven (Mulyono, 2004).

$$B_j \text{ Kering} = \frac{(W_2 + W_3 - W_1)}{(W_2 + W_3 - W_1) - (W_4 - W_5)} \quad (2.6)$$

$$B_j \text{ jenuh (SSD)} = \quad (2.7)$$

$$\text{Penyerapan} = \quad \times 100\% \quad (2.8)$$

dimana: Bj = Berat kering permukaan jenuh (gr)

Bk = Berat kering oven (gr)

W1 = Berat bejana + benda uji + air (gr)

W2 = Berat bejana + air (gr)

e. Kadar Air

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat dalam satuan berat dibandingkan dengan berat keseluruhan agregat. Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat dalam agregat kasar saat akan diaduk menjadi campuran beton. Dengan diketahuinya kandungan air, maka air campuran beton dapat disesuaikan agar faktor air semen yang diambil konstan (Mulyono, 2004).

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \quad (2.9)$$

dimana: w_1 = Berat agregat (gr)

w_2 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

f. Berat Isi

Berat isi adalah perbandingan berat sampel dengan volume sampel (Mulyono, 2004). Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi tiga cara yaitu :

- 1) Cara Lepas
- 2) Cara Penggoyangan
- 3) Cara Perojokan

$$\gamma = \frac{W_3}{V} \quad (2.10)$$

dimana: γ = berat isi agregat

W_3 = berat benda uji

V = volume wadah

g. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Mesin Los Angeles merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan/abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut. Uji keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dapat dilakukan dengan 500 atau 1000 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Pemeriksaan Keausan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Persyaratan keausan agregat kasar adalah harus lebih kecil dari 27% (Mulyono, 2004).

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.11)$$

dimana : A = Berat sampel semula (gram)

B = Berat sampel yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (gram)

h. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat (Mulyono, 2004).

$$\text{Kadar Lumpur Agregat} = \frac{w1-w2}{w2} \times 100\% \quad (2.12)$$

dimana: w1 = Berat agregat mula-mula (gr)

w2 = Berat sampel setelah dikeringkan selama 24 jam (gr)

2.7 Perawatan Beton

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira-kira selama 28 hari). Bila hal ini tidak dilakukan, karena udara yang panas maka akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonnya (Tjokrodimuljo, 2007).

Perawatan beton (*curing*) dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan minimal selama 7 hari dan untuk beton berkekuatan awal tinggi minimal 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab (Tjokrodimuljo, 2007).

Perawatan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu sebagai berikut (Mulyono, 2004):

1. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab
2. Menaruh beton segar dalam genangan air
3. Menaruh beton segar dalam air
4. Menyelimuti permukaan beton dengan air
5. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah
6. Menyirami permukaan beton secara kontinyu
7. Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan *compound*.

2.8 Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan serat kwat bendrat dijabarkan pada Tabel 2.8 berikut :

Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu

NO	NAMA PENELITI	JUDUL	TUJUAN	HASIL PENELITIAN
1	Ananta Ariatama (2007)	Pengaruh pemakaian serat kawat bendrat pada kekuatan beton mutu tinggi berdasarkan optimasi diameter serat.	Untuk mempelajari pengaruh penambahan kawat bendrat berdasarkan diameter kawat terhadap kuat tekan beton	Penambahan serat kawat bendrat yang paling optimal pada beton serat dengan ϕ 0,9 mm dan panjang 75 mm pada umur 28 hari sebesar 58,63 mpa dan mengalami peningkatan 14,67% dari beton normal
2	Didik Sugiarto (2017)	Pengaruh penambahan serat kawat bendrat terhadap kuat tekan beton.	Untuk mengetahui kinerja beton dengan penggunaan kawat bendrat dalam campuran beton.	Percobaan uji kuat beton dengan penambahan kawat bendrat dengan campuran 1/d (20,30,50 mm) beton dengan komposisi (1%,1%,1% kb) untuk beton umur 7 hari sebesar 155,74 mpa lebih besar dari kuat tekan beton normal yaitu 121,13 mpa
3	Juwarnoko (2019)	Pengaruh penambahan serat kawat bendrat terhadap kuat tekan beton.	Untuk mengetahui nilai optimum kuat tekan pada beton pada komposisi campuran serat kawat bendrat.	Kuat tekan beton minimum terjadi pada beton normal atau penambahan serat 0 % yaitu 20,75 mpa. dan kuat tekan maksimum terjadi pada saat penambahan serat sebanyak 2% yaitu 25,59 mpa pada umur 28 hari
4	Devi Oktarina (2018)	Pengaruh penambahan serat kawat bendrat terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton.	Untuk mencari nilai optimum kuat tekan dan tarik beton dengan penambahan serat kawat bendrat.	Peningkatan kuat tekan beton diperoleh pada beton serat kawat bendrat volume fraksi 0,4% sebesar 3,24% dikarenakan adanya indikasi yang sama pada penyimpangan yang terjadi pada hasil pengujian kuat tekan beton fiber, namun keruntuhan beton fiber bersifat lebih dektail.

5	Charles M.T Hutabarat (2021)	Pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton K175 terhadap kuat tekan beton.	Memperoleh hasil presentase optimum serat kawat bendrat pada campuran beton.	Persentase optimum pada penambahan serat kawat bendrat ialah 5%. Namun berdasarkan pengolahan data presentase optimum ialah 4% dengan nilai kuat tekan beton 257,96 kg/cm. Penambahan serat yang melebihi presentase optimum akan enurunkan nilai kuat tekan beton.
---	------------------------------	---	--	---

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara metode proporsi campuran sebagai kontrol dengan beton yang akan dieksperimen. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang di eksperimenkan.

3.2 Variabel dan Parameter

Variabel dalam penelitian ini campuran beton dengan mensubstitusi sebagian semen dengan serat kawat bendrat. Pada penelitian ini jumlah sampel ditentukan masing-masing 3 sampel tiap varian yang ditetapkan dijabarkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Benda Uji

KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT TEKAN PADA UMUR				JUMLAH BENDA UJI
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 hari	
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton Serat Kawat Bendrat 1%	3	3	3	3	12
Beton Serat Kawat Bendrat 2%	3	3	3	3	12
Beton Serat Kawat Bendrat 3%	3	3	3	3	12
JUMLAH	12	12	12	12	48

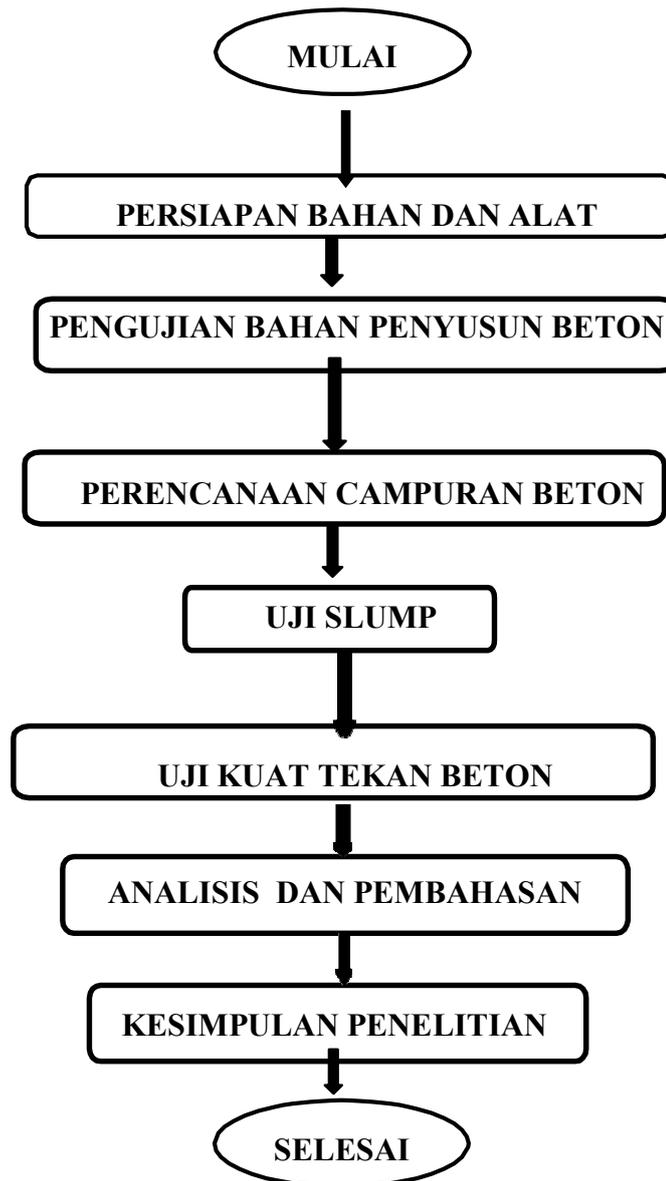
(Sumber : Hasil Penelitian, 2021)

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengamatan dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan, Jalan Sutomo No. 4A Medan.

3.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian ini digambarkan dalam sebuah bagan alir penelitian. Bagan alir penelitian yang digunakan digambarkan di dalam Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

3.5 Pengujian Material Bahan Penyusun Beton

3.5.1 Pengujian Kehalusan Semen Portland

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kehalusan dari semen.

A. Peralatan

1. Saringan No.100, No.200 dan PAN yang disusun berdasarkan standar ASTM.
2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 %.
3. Kuas pembersih.

B. Bahan

Semen Portland Tipe I sebanyak 50 gram.

C. Prosedur pengujian

1. Benda uji semen dimasukkan ke dalam saringan No.100 yang terletak di atas saringan No.200 dan dipasang PAN di bawahnya.
2. Saringan digetarkan menggunakan mesin penggetar selama 5 menit.
3. Setelah itu, timbang masing-masing benda uji yang tertahan di setiap saringan dan catat hasilnya.
4. Hitunglah berapa nilai kehalusan semen.

3.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland

Tujuan dari pemeriksaan ini ialah menentukan nilai berat jenis semen secara laboratorium sehingga dapat mengetahui kemurnian semen.

A. Peralatan

1. Botol Le Chatelier.
2. Saringan No.200.
3. Timbangan digital.
4. Ember.

B. Bahan

1. Semen Portland Tipe I sebanyak 64 gram.
2. Air.
3. Minyak tanah.

C. Prosedur Pengujian

1. Persiapkan alat dan bahan.
2. Saring semen dengan menggunakan saringan No.200 sebanyak 64 gram untuk satu sampel.
3. Ambil tabung *Le Chatelier* yang diisi dengan minyak tanah, lalu rendam tabung dengan air bersih ke dalam ember selama 20 menit. Setelah 20 menit, angkat tabung kemudian baca skala pada tabung (V_1). Skala pada tabung 0-1.
4. Masukkan semen yang telah disaring ke dalam tabung *Le Chatelier* secara perlahan agar tidak ada semen yang menepel pada dinding tabung. Bisa menggunakan corong kaca.
5. Kemudian tabung digoyang secara perlahan sampai gelembungnya hilang dan tidak ada lagi semen yang menempel di dinding tabung.
6. Setelah itu, masukkan tabung *Le Chatelier* ke dalam ember, lalu rendam selama 20 menit.
7. Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (V_2).
8. Hitunglah data yang telah didapat.

3.5.3 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat

Pemeriksaan analisis saringan agregat dilakukan untuk menentukan bagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton.

A. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari agregat yang akan diuji,
2. Saringan-saringan yang telah ditentukan ukuran lubangnya,
3. Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5) °C,
4. Alat penggetar,
5. Talam atau wadah,
6. Kuas pembersih, sikat kuningan.

B. Bahan

1. Pasir.
2. Kerikil.

C. Prosedur pengujian

1. Bahan atau benda uji yang akan diuji di oven terlebih dahulu sampai mencapai berat tetap.
2. Masukkan benda uji ke saringan yang telah disusun. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar diatas sampai paling kecil dibawah.
3. Getarkan mesin penggetar selama 15 menit.
4. Pisahkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan.
5. Timbang dan catat berat benda uji yang telah dipisahkan.
6. Hitung analisis agregat saringan.

3.5.4 Pengujian Kadar Air Agregat

Tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan kadar air dalam suatu agregat dengan cara pengeringan.

A. Peralatan

1. Timbangan.
2. Talam.
3. Oven.

B. Bahan

1. Agregat Kasar sebanyak 6000 gram.
2. Agregat Halus sebanyak 1000 gram.

C. Prosedur pengujian

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Kemudian timbang talam sebelum di isi agregat halus dan agregat kasar, catat beratnya.
3. Kemudian timbang agregat kasar sebanyak 6000 gram untuk 2 sampel pengujian dan timbang agregat halus sebanyak 1000 gram untuk 2 sampel pengujian.

4. Timbang kembali talam yang sudah di isi agregat kasar dan agregat halus, catat beratnya.
5. Kemudian keringkan benda uji ke dalam oven dengan suhu 110 5C selama 24 jam.
6. Setelah 24 jam, keluarkan benda uji dan diamkan sampai dingin lalu timbang dan catat beratnya.

3.5.5 Pemeriksaan Berat isi Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan menentukan berat isi agregat halus dan kasar.

A. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Wadah silinder.
3. Sekop.
4. Mistar perata.

B. Bahan

1. Agregat Kasar.
2. Agregat Halus.

C. Prosedur pengujian berat isi agregat kasar

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Ukurlah diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan menggunakan mistar.
3. Dalam melakukan pengujian berat isi akan dilakukan dengan 3 metode, yaitu metode lepas, metode perojokan, dan metode penggoyangan.
 - a) Pengujian dengan metode lepas
 - 1) Timbang dan catat berat wadah (W_1).
Masukkan agregat kasar dengan hati-hati agar tidak berjatuhan dan tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - 2) Ratakan permukaan agregat kasar menggunakan mistar perata.

- 3) Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2).
 - 4) Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b) Pengujian dengan metode perojokan
- 1) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - 2) Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - 3) Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25 kali secara merata.
 - 4) Pada saat lapis ke tiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah, rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perat.
 - 5) Timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat kasar (W_{23}).
 - 6) Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).
- c) Pengujian dengan metode penggoyangan
- 1) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - 2) Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - 3) Letakkan wadah di tempat yang rata dan kokoh, kemudian goyangkan wadah sebanyak 25 kali secara merata.
 - 4) Pada saat lapis ketiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Goyangkan sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - 5) Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2).
 - 6) Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).

D. Prosedur pengujian berat isi agregat halus

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Ukurlah diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan menggunakan mistar.
3. Dalam melakukan pengujian berat isi dilakukan menggunakan 3 metode yaitu berat isi lepas, perojokan, dan penggoyangan.

- a) Pengujian dengan metode lepas
- 1) Timbang dan catat berat wadah (W_1)
 - 2) Masukkan agregat halus dengan hati-hati agar tidak berjatuh dan tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian maksimum 5 cm diatas wadah.
 - 3) Ratakan permukaan agregat halus dengan menggunakan mistar perata.
 - 4) Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat halus (W_2).
 - 5) Hitunglah berat agregat halus ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b) Pengujian dengan metode perojokan
- 1) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - 2) Isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - 3) Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25 kali secara merata.
 - 4) Pada saat lapis ke tiga, isi agregat halus melebihi ukuran wadah. Rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - 5) Timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat halus (W_2).
 - 6) Hitunglah berat agregat halus ($W_3 = W_2 - W_1$).
- c) Pengujian dengan metode penggoyangan
- 1) Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - 2) Isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - 3) Letakkan wadah di tempat yang rata dan kokoh, kemudian goyangkan wadah sebanyak 25 kali secara merata.
 - 4) Pada saat lapis ketiga, isi agregat halus melebihi ukuran wadah. Goyangkan sebanyak 25 kali, ratakan dengan mistar perata.
 - 5) Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat halus (W_2)
 - 6) Hitunglah berat agregat halus ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.5.6 Pemeriksaan Berat jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

A. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
2. Saringan No.9,5 mm dan 4,75 mm.
3. Oven dengan suhu pemanasan 110 5 C.
4. Wadah baja.
5. Gelas ukur.
6. Kain lap.
7. PAN.

B. Bahan

1. Agregat kasar sebanyak 2600 gram dibagi untuk 2 sampel pengujian

C. Prosedur Pengujian

1. Persiapkan semua alat dan bahan yang digunakan.
2. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang melekat pada benda uji.
3. Setelah dicuci keringkan agregat dalam oven selama 24 jam.
4. Dinginkan agregat kemudian timbang (BK).
5. Rendam agregat dalam air selama 24 jam.
6. Setelah selesai di rendam 24 jam keluarkan benda uji dari air dan lap dengan menggunakan kain lap pada permukaannya.
7. Timbang berat agregat tersebut dan catat sebagai Berat SSD.
8. Masukkan agregat tadi ke dalam gelas ukur plastik sedikit ditambah air pada batas tertentu.
9. Setelah itu kocok agar tidak ada lagi gelembung udara dan kemudian timbang berat bejana + air + agregat (B).
10. Keluarkan agregat, kemudian masukkan air pada batas tertentu, lalu timbang berat tertahan (BT).
11. Lakukan pengolahan data untuk menentukan nilai B_j kering, B_j SSD, B_j semu dan penyerapan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

3.5.7 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dari agregat halus.

A. Peralatan

1. Piknometer kapasitas 500 ml.
2. Timbangan.
3. Oven.
4. Kerucut terpancung (*cone*).
5. Batang penumbuk.
6. Wadah.
7. Saringan No.4.
8. Alas.

B. Bahan

1. Agregat halus dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram.

C. Prosedur Pengujian

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji ke dalam *cone*, masukkan benda uji ke dalam con sampai 3 bagian.
3. Kemudian padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali, angkat kerucut. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak, apabila masih runtuh ulangi.
4. Ambil agregat halus 500 gram yang lolos saringan No.4.
5. Timbang berat piknometer.
6. Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya.
7. Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD ke dalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, kemudian goyangkan piknometer sampai gelembung udara menghilang.
8. Timbang piknometer berisi air dan benda uji.
9. Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan.
10. Keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air kemudian

saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, kemudian masukkan ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)C selama 24 jam.

11. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang benda uji tersebut. Dan catatlah beratnya.

3.5.8 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan presentasi kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur seharusnya sebesar 5% dari berat agregat halus.

A. Peralatan

1. Gelas Ukur kapasitas 12 ml 2 buah.

B. Bahan

1. Agregat halus.
2. Larutan.

C. Prosedur pengujian

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Masukkan pasir ke dalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml.
3. Tambahkan air kedalam gelas ukur mencapai 115 ml dan 125ml.
4. Tutup permukaan gelas dan kocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
5. Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan mengendap selama 24 jam.
6. Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur.

3.5.9 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan tingkat keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles.

A. Peralatan

1. Mesin Los Angeles.
2. Saringan No.12,5 mm; 9,5 mm; dan saringan 2,36 mm.
3. Bola baja sebanyak 8 buah.
4. Timbangan digital ketelitian 0,01 gr.
5. Oven.

6. Wadah.
7. Stopwatch.

B. Bahan

1. Agregat sebanyak 500 gram.

C. Prosedur pengujian

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Timbang agregat kasar sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
3. Lalu cuci agregat tersebut hingga bersih, oven selama 24 jam, dan setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruang.
4. Setelah dingin masukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dan 8 buah bola baja.
5. Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit.
6. Setelah selesai, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan saring menggunakan saringan 2,36 mm.
7. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm.
8. Lakukan pengolahan data.

3.5.10 Pemeriksaan Konsistensi Normal Pada Semen Portland

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui konsistensi normal pada semen portland.

A. Peralatan

1. Alat Vicat.
2. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.
3. Mixer.
4. Gelas ukur.
5. Sendok perata.
6. Cincin konsus.
7. Sarung tangan karet.
8. Wadah.

B. Bahan

1. Semen *portland* 500 gram.
2. Air bersih.

C. Prosedur

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Tuang air sebanyak 26 % dari berat semen.
3. Lalu masukkan 500 gram semen kedalam air dan biarkan selama 30 detik agar terjadi peresapan.
4. Setelah itu aduk dengan menggunakan *mixer* secara perlahan selama 1 menit.
5. Setelah bahan tercampur semua, bersihkan semua pasta yang menempel pada dinding wadah *mixer*.
6. Bentuk pasta menjadi bola dengan menggunakan tangan (gunakan sarung tangan). Lemparkan dari satu tangan ke tangan yang lain dengan jarak kira-kira 15 cm sebanyak 16 kali.
7. Kemudian tekan pasta tersebut kedalam cincin konus dengan satu tangan, apabila pasta tersebut kelebihan maka ratakan pasta dengan cara meletakkan lubang cincin yang besar pada pelat kaca, lalu ratakan pinggiran yang berlebih pada lubang cincin yang kecil.
8. Setelah itu, letakkan cincin berisi pasta tepat berada di bawah jarum vikat.
9. Kemudian lepaskan batang dan jarum kedalam pasta.
10. Konsistensi normal tercapai apabila batang dan jarum menembus batas (10 ± 1 mm) di bawah permukaan dalam waktu 30 detik setelah dilepaskan.

3.5.11 Pemeriksaan Pengikat Awal Semen Portland

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar air normal untuk mencapai kondisi kebasahan pasta yang standar.

A. Peralatan

1. Alat Vicat
2. Cincin konus
3. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
4. Gelas ukur 200 ml
5. Sendok perata
6. Wadah
7. Alat pengaduk
8. Plat kaca
9. Stop watch

B. Bahan

1. Semen Portland 300 gram.
2. Air suling sebanyak 84 ml, 78 ml, 75 ml, dan 69 ml.

C. Prosedur pengujian

1. Siapkan benda uji semen portland masing-masing beratnya 300 gram serta air suling sebanyak 84 ml, 78 ml, 75 ml, dan 69 ml.
2. Tuangkan 84 ml air suling kedalam mangkuk pengaduk, kemudian masukkan secara perlahan benda uji sebanyak 300 gram.
3. Aduklah bahan tersebut selama 1 menit hingga tercampur.
4. Bentuklah pasta menjadi bentuk bola dengan menggunakan tangan, lalu lemparkan sebanyak 6 kali dari tangan kiri ketangan kanan dengan jarak lempar 15 cm.
5. Lalu masukkan bola pasta kedalam cincin konus sampai terisi penuh dan ratakan kelebihan pasta pada cincin.
6. Letakkan dasar cincin pada pelat kaca, ratakan permukaan atas pasta dengan menggunakan sendok perata.
7. Kemudian letakkan benda uji pada alat vicat, lalu turunkan jarum vicat tepat di tengah permukaan pasta dan kencangkan batang vicat.

8. Letakkan alat pembaca pada skala nol atau catat angka kapermulaan, dan segera lepaskan batang vicat sehingga dengan bebas dapat menembus permukaan pasta setelah 30 detik, catatlah besarnya penurunan yang terjadi.
9. Ulangi pekerjaan tersebut untuk setiap benda uji.

3.6 Pembuatan Benda Uji

3.6.1 Tahapan penimbangan material

A. Alat

1. Timbangan manual
2. Ember atau talam untuk bahan

B. Bahan

1. Agregat Kasar
2. Agregat Halus
3. Semen
4. Serat kawat bendrat
5. Air

C. Tahapan

Menakar seluruh bahan yang digunakan dalam beton sesuai dengan Proporsi campuran dan menimbang bahan-bahan tersebut agar sesuai dengan yang dibuat. Timbangan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah timbangan manual.

3.6.2 Tahapan pengadukan beton segar

A. Alat

1. Mesin Pengaduk (molen)

B. Bahan

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Semen
4. Kawat Bendrat
5. Air

6. Ember atau talam

7. Sekop

C. Tahapan

Dalam pengadukan beton menggunakan alat mesin pengadukan campuran beton selama penelitian. Langkah-langkah dalam proses pengadukan menggunakan mesin pengaduk adalah sebagai berikut :

1. Siapkan agregat-agregat yang akan di aduk.
2. Masukkan agregat halus dan semen terlebih dahulu dan memutar mesin pengaduk.
3. Masukkan agregat kasar dan putar kembali sampai campuran merata.
4. Masukkan air sedikit demi sedikit sampai 50% air yang akan dimasukkan dan putar mesin pengaduk dengan tenaga mesin.
5. Setelah campuran tersebut sudah kelihatan tidak kering lagi, masukkan sisa air berikutnya sedikit demi sedikit dan aduk kembali hingga rata sampai campuran terlihat homogen.

3.6.3 Tahapan test *slump* beton dengan kerucut abram

A. Alat

1. Kerucut Abram
2. Batang penusuk
3. Penggaris atau alat ukur kerucut Abram
4. Pelat baja untuk alat tes *slump*

B. Bahan

1. Adukan beton

C. Tahapan

1. Menyediakan alat-alat tes *slump*. Kemudian menuangkan beton segar ke dalam cetakan kerucut sebanyak 1/3 dari tinggi kerucut
2. Kemudian melakukan perojokkan atau pemadatan terhadap beton sebanyak 25 kali rojokan. Lakukan kembali pemasukkan beton segar kemudian rojok kembali, lakukan sampai kerucut penuh.
3. Setelah penuh beton diratakan bagian atasnya, dan angkat tabung

kerucut tersebut secara vertikal tanpa adanya gerakan horizontal. Dengan waktu tidak dari 52 detik.

4. Kemudian letakkan tabung kerucut di samping beton yang tumpah dan penusuk tepat di atasnya.
5. Ukur dengan meteran dari puncak coran ke tiang penusuk. Hasil pengukuran adalah nilai *slump* dari coran tersebut. Apabila nilai *slump* memenuhi syarat maka coran beton bisa digunakan.
6. Selesaikan seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dengan waktu tidak lebih dari 2,5 menit.

3.7 Tahapan perawatan benda uji

Perawatan benda uji dilakukan untuk menghindari penguapan air pada benda uji. Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

1. Setelah 24 jam dari beton dibuat maka cetakan beton silinder dibuka.
2. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari di dalam air biasa.
3. Sebelum beton direndam terlebih dahulu diberi tanda atau kode penamaan pada permukaan sampel.

3.8 Tahapan pengujian kuat tekan beton

Tahapan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 14, 21, 28 hari.

A. Alat

1. Timbangan manual
2. Controls Milano ITALY

B. Bahan

1. Adukan beton

C. Tahapan

1. Beton diangkat dari rendaman, kemudian keringkan selama 24 jam.
2. Menimbang dan mencatat berat sampel beton.
3. Meletakkan sampel beton diatas alat penguji, lalu hidupkan mesin dan lakukan pembebanan secara perlahan.
4. Mencatat hasil beban maksimum.

3.9 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan setelah beton mengeras. Tujuan perawatan beton agar beton tidak terlalu cepat kehilangan air, dan menjaga kelembapan beton agar mutu beton sesuai dengan yang di rencanakan. Perawatan beton yang dilakukan ada berbagai cara, namun pada penelitian ini perawatan dilakukan dengan cara merendam beton kedalam air. Perendaman dilakukan setelah 24 jam, atau setelah beton mengering. Lamanya perendaman dilakukan sesuai dengan perencanaan, yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.