

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton merupakan suatu struktur yang sangat sering digunakan dalam konstruksi Teknik sipil yang digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat ataupun pelat cangkang. Dalam teknik sipil hidro juga beton sering digunakan seperti pembuatan bendungan dan saluran drainase perkotaan. Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan pencampur beton, yang dibatasi oleh kemampuan daya tekan beton yang tercantum dalam perencanaannya.

Beton bertulang adalah bahan konstruksi yang umum digunakan dalam berbagai bentuk pada hampir semua struktur seperti bangunan gedung, jembatan, dinding penahan tanah, terowongan, tangki, saluran air dan lainnya, yang dirancang dari prinsip dasar desain dan penelitian elemen beton bertulang yang menerima gaya aksial, momen lentur, gaya geser, momen puntir, atau kombinasi dari jenis gaya-gaya dalam tersebut. Prinsip dasar desain ini berlaku umum bagi setiap tipe sistem struktur selama diketahui variasi gaya aksial, momen lentur, gaya geser dan unsur gaya dalam lainnya, disamping konfigurasi bentang dan dimensi setiap elemen (Sudarno P Tampubolon, 2022; 5).

Beton bertulang sebagai elemen balok atau kolom harus harus diberi penulangan lentur (memanjang) dan penulangan geser. Penulangan lentur dipakai untuk menahan beban momen lentur yang terjadi pada balok atau kolom. Penulangan geser (sengkang) digunakan untuk menahan pembebanan geser (gaya lintang) yang terjadi pada balok atau kolom. Ada beberapa penulangan geser yaitu: sengkang vertikal, sengkang spiral dan sengkang miring (Wahyudi, 1997:1).

Kawat aluminium merupakan salah satu jenis logam yang sukar mengalami korosi sehingga kawat aluminium banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia. Maka dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Jarak Kekangan Horizontal Terhadap Kuat Tekan Beton”** dengan menggunakan bahan kawat aluminium sebagai tulangan sengkang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka muncul permasalahan utama yang menarik untuk diteliti yaitu seberapa besar pengaruh kuat tekan beton dengan jarak kekangan 3 cm, 4 cm dan 6 cm.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jarak kekangan terhadap kuat tekan beton dengan jarak kekangan 3 cm, 4 cm dan 6 cm dengan perbandingan beton normal tanpa kekangan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini, adapun manfaat untuk mengatasi permasalahan yang ada. Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh jarak kekangan terhadap kuat tekan beton.
2. Dapat dijadikan sebagai informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan penggunaan aluminium sebagai tulangan kekangan.

## **1.5 Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas, untuk menghindari penyimpangan pembahasan maka dibuat pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Benda uji yang dipakai silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm, dengan jumlah benda uji 36 buah yaitu : 9 buah tanpa kekangan, 9 buah dengan kekangan jarak 3 cm, 9 buah dengan kekangan 4 cm, 9 buah dengan kekangan 6 cm.
2. Pengujian bahan sesuai dengan SNI.
3. Pengujian nilai slump dengan nilai  $10 \pm 2$  cm.
4. Proporsi campuran 1 : 2 : 3 dengan FAS (Faktor Air Semen) 0,45.
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur : 7 hari, 21 hari dan 28 hari dengan masing-masing 3 buah sampel.
6. Pada pengujian ini tulangan kekangan yang digunakan berbahan kawat aluminium dengan diameter 3 mm dan dengan tulangan lentur berbahan

bambu dengan diameter 2 mm (kuat tekan tulangan lentur karena relatif kecil dapat diabaikan).

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengertian Umum Beton**

Beton merupakan suatu struktur yang sangat sering digunakan dalam konstruksi teknik sipil. Yang digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat ataupun pelat cangkang. Ada banyak jenis beton salah satunya yaitu beton bertulang dimana beton bertulang ialah campuran beton yang diberi tulangan dari baja. Penambahan tulangan baja ini akan meningkatkan kekuatan terhadap gaya tarik dan juga *ductility* struktur bangunan. Beton bertulang cocok digunakan dalam struktur dengan bentangan yang lebar, seperti jalan raya, jembatan, plat lantai dan sebagainya.

Beton merupakan campuran dari semen sebagai bahan pengikat, agregat, halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) sebagian bahan pengisi dan air sebagian bahan pencampur/pelumas agregat merupakan kandungan yang paling banyak banyak dalam pembentukan beton sekitar (60% - 70%) sedangkan semen dan air akan membentuk pasta yang mengikat agregat dan untuk bahan tambah sendiri digunakan dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung sehingga dapat mengubah sifat-sifat dari beton agar lebih cocok dalam suatu pekerjaan tertentu dan dapat juga untuk menghemat biaya dalam perancangan beton itu sendiri. Bahan-bahan tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras. Proses terjadinya pengerasan tersebut disebabkan oleh reaksi kimia antara air dan semen.

### **2.2 Pengertian Umum Kolom**

Kolom merupakan suatu struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai dan runtuhnya bangunan secara total (Sudarmoko 1996). Keberadaan kolom atau yang kerap disebut pilar yang sangat penting mengingat pembuatan kolom yang difungsikan sebagai rangka yang akan memastikan bangunan tetap berdiri kokoh. Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 tentang cara perhitungan struktur beton untuk bangunan, yang dimaksud dengan kolom adalah struktur komponen bangunan yang tugas utama

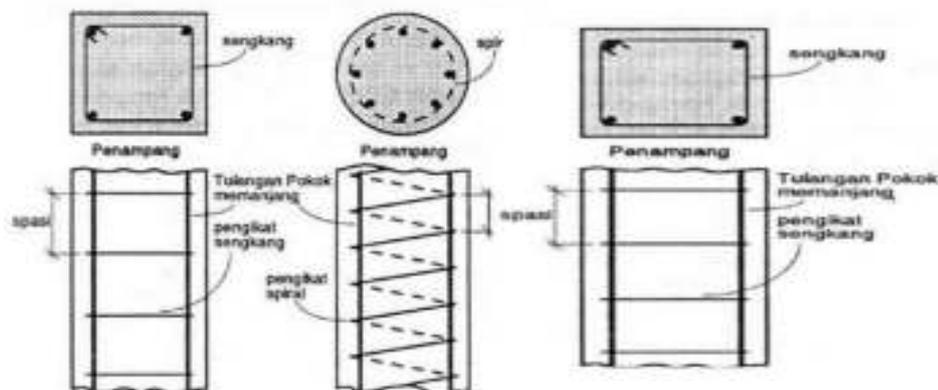
nya adalah menyangga beban aksial dan aksial vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

### 2.2.1 Jenis Kolom Dalam Bangunan

Jika dilihat berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, adapun jenis kolom terbagi menjadi tiga kategori. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kolom segi empat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan menyengkan.
2. Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan menyengkan berbentuk spiral. Adapun fungsi dari tulangan spiral ini adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur bangunan sebelum proses redistribusi momen dan tahanan terwujud.
3. Kolom komposit, yaitu gabungan antara beton dan profil baja sebagai pengganti tulangan di dalamnya.

Kolom bersengkang merupakan jenis kolom yang kerap digunakan karena proses pengerjaannya relatif lebih mudah dan terjangkau dari segi biasanya. Gambar di bawah ini akan menjelaskan perbedaan jenis kolom segi empat/bujur sangkar, kolom bundar dan kolom komposit. Untuk mengetahui jenis-jenis kolom dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1Jenis – Jenis Kolom

(Sumber: <https://eticon.co.id>)

### **2.2.2 Jenis Kolom Berdasarkan Bentuknya**

Selain tiga jenis kolom yang telah di sebutkan diatas, terdapat dua jenis kolom yang dapat dibedakan menurut bentuknya, yaitu kolom utama dan kolom praktis. Kolom utama biasanya terpasang dalm jarak 3,5 meter agar dimensi balok untuk menopang lantai tidak begitu besar. Kolom jenis ini memiliki peran yang cukup penting dalam menopang seluruh bagian bangunan secara vertikal. Ukuran kolom utamanya lebih besar, panjang serta tersembunyi dalam dinding dan tidak terlihat dari luar. Sementara dalam kolom praktis, biasanya jarak kolom ini berkisaran antara 3 sampai 4 meter. Rangka struktur dari kolom jenis ini biasanya berada dalam posisi vertikal untuk menopang beban balok. Fungsi kolom praktis ini adalah untuk menahan dinding dari gaya melintang agar tidak roboh. Letak kolom praktisnya juga tersembunyi di dalam dinding sehingga tidak terlihat dari luar.

#### **1. Fungsi kolom**

Merujuk SK SNI T-15-1991-03, fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Beban sebuah bangunan yang dimulai dari atap akan diterima oleh kolom. Seluruh beban yang diterima oleh kolom kemudian didistribusikan kepermukaan tanah dibawahnya. Dapat disimpulkan bahwa kolom termasuk struktur utama bangunan untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti hidup (manusia dan barang), maupun beban hembusan angin. Keruntuhan dan kegagalan sruktur pada kolom menjadi titik yang dapat menyebabkan runtuhnya bangunan.

#### **2. Dasar – dasar perhitungan kolom**

Menurut (SNI 03-2847-2002) tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan, adapun dasar dasar dalam melakukan perhitungan kolom pada bangunan adalah sebagai berikut:

- a. Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

- b. Pada sistem konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus ikut diperhitungkan
- c. Selanjutnya, dalam menghitung momen yang diakibatkan beban gravitasi yang bekerja pada kolom.
- d. Momen yang bekerja pada setiap level harus didistribusikan pada kolom diatas berdasarkan kekakuan relatif kolom dengan ikut memperhatikan kondisi kekangan pada ujung kolom.

### **2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton**

Dalam keadaan mengeras beton seperti batu yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan dalam keadaan segar beton dapat dibentuk hingga dapat membentuk seni arsitektur yang dapat digunakan untuk dekoratif. Beton tahan terhadap serangan api dan tahan juga terhadap serangan korosi namun secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

#### **2.3.1 Kelebihan Beton**

Adapun kelebihan beton menurut (Tri mulyono, 2004) yaitu:

1. Mudah dibentuk menggunakan bekisting sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan.
2. Lebih murah jika dibandingkan dengan baja.
3. Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
4. Umurnya tahan lama.

#### **2.3.2 Kekurangan Beton**

Adapun kekurangan beton menurut (Tri mulyono, 2004) yaitu:

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah tanpa kerusakan.
2. Beton yang ingin dihancurkan membutuhkan biaya yang mahal.
3. Berat dan memiliki kuat tarik yang lemah.
4. Beton memerlukan perkuatan dalam struktur beton dengan menggunakan tulang baja.
5. Memilik daya pantul suara yang besar.

## **2.4 Jenis-Jenis Beton**

Ada sepuluh jenis beton yang saat ini umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

### **2.4.1 Beton Non-Pasir**

Seperti namanya, beton non-pasir, proses pembuatannya sama sekali tidak menggunakan pasir. Hanya kerikil, semen dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga-rongga yang berisi udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tanpa pasir, persentase semen pada beton ini juga lebih sedikit. Beton non-pasir biasanya digunakan pada pembuatan struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton serta buis beton.

### **2.4.1 Beton Ringan**

Ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Seringkali ditambahkan zat adiktif yang dapat menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung udara didalam adonan beton. Banyaknya gelembung udara yang terjadi menyebabkan volume adonan juga semakin besar sementara bobotnya lebih ringan dibandingkan beton lain dengan volume yang sama. Beton ringan biasanya digunakan untuk dinding non-struktural.

### **2.4.2 Beton Hampa**

Beton jenis ini digunakan banyak untuk pembangunan gedung-gedung tinggi, karena memiliki kekuatan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena proses penyedotan air pengencor adonan beton dengan alat vakum sehingga adonan hanya mengandung air yang sudah tercampur dengan semen saja.

### **2.4.3 Beton Serat**

Beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adonan beton, seperti: asbestos, plastik, kawat baja dan sebagainya. Dengan penambahan serat, beton yang dihasilkan memiliki nilai keuletan tinggi (*ductility*) sehingga tidak mudah retak.

### **2.4.4 Beton Mortar**

Beton mortar terdiri atas mortal pasir, dan air. Ada tiga jenis mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur dan lumpur.

#### **2.4.5 Beton Massa**

Beton massa adalah penulangan beton yang sangat besar diatas kebutuhan rata-rata. Umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Perbandingan antara volume dan luas permukaannya sangat tinggi. Beton ini digunakan dalam pembuatan pilar-pilar bangunan, pondasi berukuran besar dan juga bendungan.

#### **2.4.6 Beton Bertulang**

Beton Bertulang adalah adukan beton yang diberi tulangan dari baja .penambahan kekuatan terhadap gaya tarik dan juga ductility struktur bangunan, beton bertulang cocok digunakan dalam struktur dengan bentangan yang lebar, seperti jalan raya, jembatan, pelat lantai dan sebagainya.

#### **2.4.7 Beton Prategang**

Beton prategang adalah beton bertulang yang tulangan bajanya diberi ketegangan lebih dahulu sebelum dicor, sehingga kuat untuk menyangga struktur dengan bentangan lebar.

#### **2.4.8 Beton Pracetak**

Beton Pracetak adalah beton yang dicetak terpisah di luar area pekerjaan. Hal ini biasanya dilakukan karena terbatasnya lahan area pekerjaan dan juga karena alasan kepraktisan. Pengerjaan bangunan dapat dipersingkat sehingga lebih efektif dan efisien.

#### **2.4.9 Beton Siklop**

Beton jenis ini menggunakan bahan tambahan agregat yang berukuran besar (sekitar 15 sampai 20 cm) dalam adonan beton. Hal ini untuk meningkatkan daya tahan beton untuk digunakan dalam pengerjaan bangunan yang bersinggungan dengan air, seperti jembatan dan bendungan.

### **2.5 Kekangan Tulangan (Sengkang)**

Elemen struktur beton bertulang umumnya memiliki tulangan kekangan dalam bentuk sengkang. Adanya tulangan kekangan ini memberikan peningkatan kuat rekatan pada tulangan. Ligehausen *et al.* (1983) melaporkan peningkatan kuat rekatan sebesar dua kali lipat pada beton dengan tulangan kekangan, terhadap

beton tanpa tulangan kekangan. Akan tetapi sistem pengekangan yang dikerjakan pada penelitian berbeda dengan sistem pengekangan yang diberikan oleh sengkang elemen balok, sehingga pengaruh luas, serta jarak sengkang terhadap kuat retakan atau panjang penyaluran tulangan pada beton masih belum jelas diketahui.

Perbandingan jarak antar sengkang terhadap dimensi penampang inti daerah terkekang merupakan variabel yang berpengaruh terhadap tingkat kekuatan kolom, karena semakin rapat sengkang akan menambah efektivitas pengekangan, semakin renggang jarak sengkang maka akan semakin banyak volume beton yang tidak terkekang dan kemudian terjadi runtuh.

Kekangan tulangan (sengkang) merupakan tulangan yang berfungsi memperkuat struktur beton bertulang. Berikut ini adalah beberapa kriteria kekangan tulangan (sengkang) yaitu:

1. Bentuk dan penempatan

Kekangan tulangan (sengkang) melibatkan penggunaan baja tulangan yang ditempatkan secara diagonal yang melintang disekitar elemen struktural. Baja tulangan ini membentuk pola sengkang yang saling berpotongan untuk meningkatkan kekuatan struktur.

2. Distribusi beban

kekangan sengkang dapat memberikan distribusi beban yang lebih baik secara diagonal dan melintang, tetapi tidak seefektif spiral dalam mendistribusikan beban secara merata disekitar elemen struktural.

3. Keandalan struktur

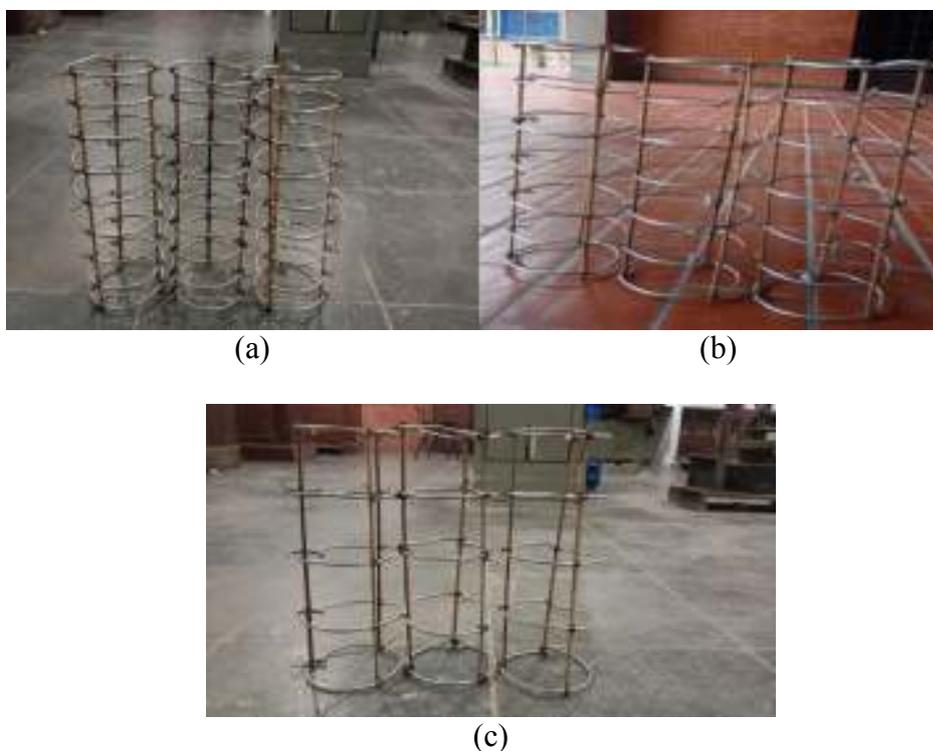
kekangan sengkang dapat membantu meningkatkan keandalan struktur dengan memperkuatnya secara diagonal dan melintang, tetapi mungkin tidak seefektif spiral dalam mencegah retak.

4. Kesesuaian aplikasi

Kekangan sengkang umumnya lebih umum digunakan dalam elemen struktural yang tidak memerlukan kekuatan tekan yang sangat tinggi, seperti balok beton bertulang.

Adapun pada penelitian ini digunakan kekangan tulangan berbentuk sengkang (lingkaran) berbahan aluminium. Kekuatan tarik pada Aluminium relatif

kecil, namun demikian kuat tarik Aluminium dapat diabaikan atau sama dengan nol. Untuk mengetahui jarak kekangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2(a) Jarak Kekangan 3 Cm, (b) Jarak Kekangan 4 Cm, Dan (c) Jarak Kekangan 6 Cm.

(Sumber: Penulis)

## 2.6 Kawat Aluminium

Kawat aluminium berasal dari logam unsur kimia dengan lambang AL pada tabel periodik dan bernomor atom 13. Aluminium bukanlah jenis logam berat melainkan logam berlimpah urutan ketiga dengan elemen berjumlah dengan sekitar dari permukaan bumi. Menurut pengamatan diseluruh dunia aluminium merata digunakan dalam berbagai macam produk karna sifatnya yang mudah dibentuk. Aluminium merupakan unsur dengan kelimpahan yang berada di urutan ketiga dalam kerak bumi. Aluminium ini terletak pada mineral aluminosilikat yang berasal dari batuan kulit bumi. Batuan ini membentuk lempung akibat perubahan alam dan lempung itu mengandung aluminium.

Lempung ini menghasilkan deposit yang merupakan biji aluminium dengan kandungan  $AlO(OH)$  serta  $Al(OH)_3$  yang berada dalam beraneka macam komposisi. Di dalam aluminium terdapat unsur seperti kalsium, kalium, magnesium, natrium, besi, silikon dan pasti terdapat oksigen. Kegunaan

aluminium adalah logam berlimpah yang dalam pengaplikasiannya cukup luas dimasyarakat dunia bahkan digunakan nyaris disemua aspek kehidupan. Contohnya saja aplikasi untuk peralatan rumah tangga bahkan juga aplikasi untuk peralatan canggih dan di produksi menjadi sebuah kawat aluminium.

## **2.7 Bahan Penyusun Beton**

Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Pada prinsipnya pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt dan sebagainya). Rongga diantara bahan-bahan kasar di isi oleh bahan-bahan halus. Hal ini memberi gambaran bahwa harus ada perbandingan optimal antara agregat campuran yang bentuknya berbeda beda agar pembedakan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material.

### **2.7.1 Semen**

Semen merupakan salah satu pembuatan bangunan yang paling penting dalam dunia konstruksi bangunan saat ini. Bahan ini memiliki kegunaan untuk mengikat bahan bangunan lainnya secara bersamaan. Salah satu faktor yang menjadi perubahan dunia konstruksi menjadi modern adalah dengan hadirnya material semen. Dalam bubuk semen ada banyak bahan mineral dan kimia yang terkandung didalamnya. Kualitas semen dapat dipengaruhi oleh setiap kandungan bahan tertentu. Secara umum semen merupakan bubuk berwarna abu-abu gelap yang terbuat dari bahan alkali, magnesium oksida alumina, kapur, sulfur trioxide, iron oxide dan silica.

Semen dapat dibuat dengan proses basa dan proses kering. Dalam memproduksi semen dengan proses basa, untuk membuat bubur atau campuran tambahkan air dalam bubuk kering bahan bak. Untuk menjadi hasil klinker, campuran tersebut dikirim kenotari. Setelah itu klinker dicampur dengan abu, gypsum, dan lain-lain. Dalam proporsi yang diperlukan dan digiling untuk menghasilkan semen.

### **2.7.2 Air**

Air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen akan menjadi pasta pengikat agregat. Air berpengaruh terhadap kuat tekanan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu

sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami *bleeding*, yaitu air bersama sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton yang baru saja dituang. Hal ini menyebabkan kurangnya lekatan beton antara lapisan permukaan (akibat *bleeding*) dengan beton lapisan dibawahnya.

Air dalam campuran beton akan berpengaruh dalam sifat *workability* adukan beton, besar kecilnya susut beton, kelangsungan reaksi dengan semen Portland sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu, dan peranan air sangat mendukung perawatan adukan beton diperlukan untuk menjamin pengerasan yang baik. Penggunaan air pada campuran beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor dibawah ini (Paul Nugraha dan Antoni, 2004) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik lebih dari 15gr/liter.
3. Tidak mengandung klorida atau (CL) lebih dari 0.5 gr/liter.

### **2.7.3 Agregat**

Agregat adalah sekumpulan buah butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa akibat alam buatan. Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang digunakan bersama-sama menggunakan media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

#### **1. Sifat Agregat**

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentuan kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan merupakan:

- a. Gradasi
- b. Kebersihan
- c. Kekerasan
- d. Ketahanan agregat bentuk buah
- e. Tekstur bagian atas
- f. Porositas
- g. Kemampuan buat menyerap air

- h. Berat jenis
  - i. Daya kelekatan terhadap aspal.
2. Keutamaan agregat dalam peranannya didalam campuran beton:
- a. Menghemat penggunaan semen Portland
  - b. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
  - c. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
  - d. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat.

### 2.7.3.1 Agregat Kasar

Menurut SNI 1969-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batuan pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (NO 4) sampai 40 mm (NO 1). Berdasarkan ASTM C33 agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. Untuk menentukan batas-batas gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Batas – Batas Gradasi Agregat Kasar Untuk Maksimum Nominal 19 mm

Ukuran Ayakan (mm)	Pemisahan Ukuran
	Persen(%) Berat yang lewat masing – masing ayakan
25	100
19	90-100
9,5	20-55
4,75	0-10
2,36	0-5

(Sumber: SNI 7656-2012)

*Coarse Aggregate* atau agregat kasara adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi dari bebatuan alami atau berupa batu pecah /belah yang dihasilkan dari industri pemecah batu, dengan bentuk ukurannya antara 4,76 mm-150mm. Agregat kasar ini dipakai secara bersama-sama dengan media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Agregat kasar ini menjadi komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Sama seperti halnya agregat halus, agregat kasar ini berdasarkan asalnya juga dibagi menjadi dua

yaitu agregat alami yang diperoleh dari sumber alam dan agregat buatan yang diperoleh dari hasil industri pemecah batu. Keunggulan agregat dalam peranannya di dalam campuran beton adalah :

1. Mampu menghemat penggunaan semen portland
2. Menghasilkan kualitas beton yang kasar
3. Menghasilkan kekuatan pada beton terhadap gaya tekanan
4. Mampu mengurangi adanya penyusutan pada pengerasan beton
5. Dihasilkan beton yang padat melalau gradasi agregat kasar yang berkualitas baik.

Ada beberapa syarat batu pecah yang dapat digunakan di dalam campuran beton menurut sumber departemen pekerjaan umum (1982) adalah:

1. Syarat Fisik

- a. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari  $1/5$  jarak terkecil bidang bidang samping dari cetakan  $1/3$  tebal palt atau  $3/4$  dari jarak minimum tulangan.
- b. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana rudellof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16%.
- c. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *los angeles*, tidak boleh lebih dari 27% berat.
- d. Kadar lumpur maksimal 1%.
- e. Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.

2. Syarat Kimia

- a. Kekekalan terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  bagian yang hancur maksimum 12% berat, dan kekekalan terhadap  $\text{MgSO}_4$  bagian yang hancur maksimum 18%
- b. Kemampuan beraksi terhadap alkali harus negative sehingga tidak berbahaya.

Adapun beberapa jenis agregat kasar yang biasanya atau umum digunakan adalah:

1. Batu pecah alami, yaitu agregat kasar yang diperoleh dari batuan cadas atau batu pecah alami yang digali.
2. Kerikil alami, yaitu agregat kasar berupa kerikil yang diperoleh dari proses pengikisan air sungai yang mengalir secara alami.
3. Agregat kasar buatan, yaitu agregat yang diperoleh dari hasil buatan berupa *slag* atau *shale*.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: agregat kasar yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, mekanik dan mortar.

### 2.7.3.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm -4,76 mm yang meliputi pasir kasar (Coarse Sand) dan pasir halus (Fine Sand). Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971. Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian-bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.
2. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3%NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama. Untuk menentukan syarat-syarat dari agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Syarat-Syarat Dari Agregat Halus

No	Pengujian	Satuan	Nilai Standar (Pasir)
1	Zat organik	-	No 3 kuning tua
2	Berat jenis, SSD	gr/cm <sup>3</sup>	2.5-2.8
3	Berat isi	gr/cm <sup>3</sup>	1.4-1.9
4	Penyerapan air	%	2%-7%
5	Kadar air	%	3%-5%
6	Kadar Lumpur	%	<5%

(Sumber: SK SNI T-15-1991-03)

### 2.7.3.3 Kawat Alumunium

Kawat alumunium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah dan lunak. Kawat alumunium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat lainnya. Umumnya Kawat Aluminium dicampur dengan logam asli sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan sebagainya (Surdia, 1992).

1. Kelebihan Kawat Alumunium:
  - a. Kawat alumunium mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan
  - b. Tidak mudah berkarat atau mengalami korosi
  - c. Tahan terhadap serangan rayap
  - d. Tidak mudah memuai
  - e. Biaya perawatan tergolong rendah
  - f. Desain modern
  - g. Kuat namun tetap ringan
  - h. Harganya lebih ekonomis jika dibandingkan dengan material kayu.
2. Kekurangan Kawat Alumunium:
  1. Sangat rentan terhadap goresan, apalagi jika kualitas materialnya buruk
  2. Desainnya terbatas, meskipun memiliki desain yang modern tetapi desain ini masih terbatas
  3. Lemah terhadap benturan, akibatnya permukaan dapat terlihat tidak rata karena terkena benturan.

## 2.8 Pemeriksaan Sifat Fisik Material di Laboratorium

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

### 2.8.1 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 dan gradasi perbutiran agregat. Modulus halus butir dapat ditentukan dengan persamaan 2.1 berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir (MBH)} \text{ ————— (2.1)}$$

### 2.8.2 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 digunakan persamaan 2.2 berikut.

$$F \text{ —}x100\% \text{ (2.2)}$$

Keterangan:

W1 = berat benda uji yang tertahan diatas saringan

W2 = berat benda uji semula

### 2.8.3 Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara 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 semen yang akan dipergunakan dalam perencanaan campuran beton digunakan persamaan 2.3 berikut.

$$\text{Berat Jenis Semen } \frac{\text{—————}}{\text{( )}} \text{ (2.3)}$$

Keterangan:

BS = Berat Semen(gr)

V1 = Pembacaan skala ke -1 (ml)

V2 = Pembacaan Skala ke-2 (ml)

D = Berat isi air (1)

#### 2.8.4 Berat Jenis dan Penyerapan

Berat Jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven. Untuk menghitung berat jenis dan penyerapan digunakan persamaan 2.4, 2.5, 2.6 berikut.

$$Bj \text{ Kering} = \frac{Bj \text{ jenuh (SSD)}}{D} \quad (2.4)$$

$$Bj \text{ jenuh (SSD)} = \frac{W2 - W1}{V2 - V1} \quad (2.5)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W2 - W1 - BS}{W2 - W1} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

Bj = Berat kering permukaan jenuh(gr)

Bk = Berat kering oven (gr)

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

W2 = Berat bejana +air(gr)

#### 2.8.5 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. Untuk menghitung kadar air digunakan persamaan 2.7 berikut.

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{w2 - w1}{w2} \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan:

w1 = Berat agregat (gr)

w2 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

### 2.8.6 Berat Isi

Berat isi adalah perbandingan berat sampel dengan volume sampel.

Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi tiga cara yaitu:

1. Cara Lepas
2. Cara Penggoyangan
3. Cara perojokan

Untuk menghitung berat isi digunakan persamaan 2.8 berikut.

$$\text{---} \quad (2.8)$$

Keterangan:

= berat isi agregat

W3 = berat benda uji

V = volume wadah

### 2.8.7 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%. Untuk menghitung pemeriksaan keausan agregat kasar digunakan persamaan 2.9 berikut.

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} \text{ --- } X 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan:

A = Berat sampel semula (gram)

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

### 2.8.8 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat bertujuan untuk menentukan persentasi. Untuk menghitung pemeriksaan kadar lumpur agregat digunakan persamaan 2.10 berikut.

$$\text{kadar lumpur dalam agregat} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan:

w1 = Berat agregat mula – mula (gr)

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

### 2.9 Pemilihan Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio* (wcr) adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Untuk menghitung faktor air semen digunakan persamaan 2.11 berikut.

$$FAS = \frac{w}{C} \quad (2.11)$$

Fungsi FAS, yaitu:

2. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
3. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Faktor air semen merupakan hal terpenting didalam pembentukan beton. Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada konstruksi, karena konstruksi beton mempunyai beberapa kelebihan antara lain bahan dasar mudah diperoleh, tahan terhadap berbagai cuaca, lebih mudah dan murah dalam pelaksanaan serta perawatannya cukup mudah. Semakin tinggi nilai Fas (faktor air semen) pada campuran beton maka nilai kuat tekanan dan modulus elastisitas akan semakin rendah.

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pematidana, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan bleeding. Pada umumnya tiap partikel membutuhkan air supaya plastis sehingga dapat dengan mudah dikerjakan. Harus ada cukup air terserap pada permukaan partikel, yang kemudian air tersebut akan mengisi ruang antar partikel. Partikel

halus memiliki luas permukaan yang besar sehingga butuh air yang banyak. Dilain pihak tanpa partikel halus beton tidak akan mencapai plasitisitas. Jadi faktor air semen tidak dapat dipisahkan dengan gading agregat.

Faktor air semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh (Murdock, 1986), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan. Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk didapatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang dioptimalkan yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Menurut (Mulyono, 2004) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min.0,4 dan max.0,65. Talbot dan Richard mengatakan bahwa pada rasio air semen 0.2 sampai dengan 0.5, kekuatan beton akan mengalami kenaikan. Akan tetapi hasil penelitian yang dilakukan oleh Duff Abrams menunjukkan semakin bertambahnya nilai FAS hingga lebih dari 0,6 akan menurunkan kekuatan beton sampai 0 pada nilai FAS 4,0 untuk beton yang berumur 28 hari.

## **2.10 Pengujian Slump**

Pengujian slump beton bertujuan untuk mengetahui kelecakan (*consistency*) beton segar. Dengan pemeriksaan slump, maka kita dapat memperoleh nilai slump yang dipakai sebagai tolak ukur atau standar kelecakan beton segar. Arti dari slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton segar yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Sedangkan beton segar adalah beton yang bersifat plastis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dengan ukuran kurang dari 37,5 mm atau 1 ½ inchi, semen dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan atau bahan pengisi. Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan/dicor, dipadatkan dan diratakan. Untuk penentuan penetapan nilai slump dapat dilihat pada

Tabel 2.3

berikut.

Tabel 2.3 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Nilai Slump (mm)	
	maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan struktur di bawah tanah	90	25
Pelat, balok, kolom dan dinding	150	75
Pengerasan Jalan	75	50
Pembetonan	75	25

(Sumber: SNI 03-2834-1993)

Tingkat kemudahan beton berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keeceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah dikerjakan.

Langkah-langkah pengujian *slump-test* :

1. Basahi cetakan agar tidak menyerap dan letakkan di atas permukaan yang datar
2. Isi setiap 1/3 bagian slump test beton segar (fresh concrete) dan ditumbuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan batang baja penusuk hingga penuh.
3. Ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya.
4. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam area vertikal secara hati-hati.
5. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat atas beton.

## 2.11 Proses Terjadinya Beton

Dalam proses konstruksi beton, ada banyak hal yang harus diperhatikan salah satunya adalah mengenai kualitas beton yang digunakan. Sebagai komponen utama, kualitas beton wajib dijaga agar bangunan menjadi lebih kokoh dan menjadi kuat. Proses pembuatan beton ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Pencampuran bahan yang tepat

Sebagai langkah awal dari bagaimana proses pembuatan beton yang harus diketahui adalah mengenai pecampuran bahannya. Beberapa diantaranya adalah agregat kasar yang terdiri dari kerikil dan agregat halus dari pasir. Selain itu juga ada bahan lain seperti semen, air, dan zat adiktif untuk membuat beton cepat kering. Komposisi bahannya pun harus tepat. Misalnya saja untuk komposisi material pada adukan beton tiap 1 meter kubik harus sesuai dengan (Nasional B. S., 2008).

#### 2. Pengangkutan adukan beton

Mengenai bagaimana proses pembuatan beton adalah dengan proses pengangkutan adukan beton menuju tempat penuangannya. Pengangkutan juga perlu dilakukan cepat dengan tujuan supaya semen belum tercampur maupun bereaksi dengan air. Biasanya, untuk beton yang tidak begitu besar dapat dilakukan manual.

#### 3. Penuangan adukan

Proses penuangan adukan beton harus dilakukan secepat mungkin dan harus dalam kondisi plastis. Hal ini dilakukan agar adukan tadi dapat mengalir dengan baik kebagian rongga maupun tulangnya. Penuangan ini tidak boleh lebih dari jarak 2 meter agar tidak terjadi segregasi.

#### 4. Proses pemadatan adukan

Pemadatan beton ini harus segera dilakukan setelah penuangan selesai dan adukan itu masih kondisi di plastis. Pemadatan dapat dilakukan dengan cara menusuk pada tuangan beton maupun dengan teknik penggetaran.

#### 5. Perataan permukaan pada beton

Merupakan salah satu bagian penting dan menjadi proses akhir mengenai bagaimana proses pembuatan tersebut. Sederhananya, perataan tersebut dapat dilakukan dengan peralatan sederhananya.

#### 6. Perawatan beton

Sebagai proses terakhir mengenai bagaimana proses pembuatan beton adalah perawatannya. Proses perawatan penting dilakukan agar reaksi semen dengan air dapat bercampur dengan baik. Perawatan tersebut juga

penting agar permukaan tetap lembab sampai proses reaksinya mencapai waktu yang sudah ditentukan yaitu kurang lebih 1 bulan atau sekitar 28 hari.

## 2.12 Sifat dan Karakteristik yang Dibutuhkan Dalam Perancangan Beton

Ada beberapa sifat dan karakteristik yang dibutuhkan dalam perancangan beton, yaitu:

### 2.11.1 Kuat Tekan Masing-Masing Benda Uji

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kekuatan tekan beton merupakan sifat utama yang dibutuhkan dalam kinerja beton. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1889 Part 115: Part 166 pada umur 28 hari. Kekuatan tekan beton antara benda uji silinder dan kubus dapat ditunjukkan pada Table 2.4 dan Table 2.5

Tabel 2.4 Rasio Kuat Tekan Silinder-Kubus

Kuat Tekan(Mpa)	7.00	15.20	20.00	24.10	26.20	34.50	36.50	40.70	44.10	50.30
KuatRasio silinder/kubus	0,76	0.77	0.81	0.87	0.91	0.94	0.87	0.92	0.91	0.96

(sumber: Neville, "propertiesofconcrete", 3Edition, Pitman Publishing, London, 1981, p.544)

Tabel 2. 5 Perbandingan Kuat Tekan Antara Silinder dan Kubus

Kuat Tekan(Mpa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat Tekan kubus	2.5	5	7.5	10	12.5	15	20	25	30	35	40	45	50	55

(sumber; ISO Standard 3893-1977)

Menurut BS.1881, rasio kubus terhadap silinder untuk semua kelas adalah 1.25. Kuat tekan beton adalah perbandingan antara tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang. Kuat tekan beton biasanya, berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan trkan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm<sup>2</sup> atau lebih. Tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200-500 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat tekan didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan

kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Selanjutnya benda uji di tekan dengan mesin tekan sampai pecah, beban tekan maksimum sampai benda uji di bagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm<sup>2</sup>. Untuk menghitung kuat tekan beton digunakan persamaan 2.12 berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2.12)$$

Keterangan:

$f'c$  = kuat tekan(MPa)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Fu = faktor umur

Tabel 2.6 Konversi umur uji kuat tekan beton

U	3	7	14	21	28	90	365
Fu	0,46	0,66	0,88	0,95	1	1,2	1,3

(Sumber SNI 03-2834-1993)

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberap faktor antara lain (Tjokromulyo, 2007).

1. Pengaruh mutu semen Portland.
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.
3. Pengaruh air untuk membuat adukan.
4. Pengaruh umut beton.
5. Pengaruh waktu percampuran.
6. Pengaruh perawatan.
7. Pengaruh bahan campuran tambah.

### 2.11.2 Kuat Tekan Rata – Rata

Untuk menghitung kuat tekan rata-rata benda uji digunakan persamaan 2.13 berikut.

$$= \frac{\sum}{n} \quad 2.13$$

keterangan:

= kuat tekan rata-rata

= Jumlah kuat tekan masing-masing benda uji

### 2.11.3 Standar Deviasi

Deviasi Standar yang di dapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton. Untuk menghitung standar deviasi digunakan persamaan 2.14 berikut.

$$\sqrt{\frac{\sum (\quad)}{n}}$$

(2.14)

Keterangan:

sd = deviasi standart

f'ci = kuat tekan beton yang didapat dari masing masing benda uji

f'cr = kuat tekan beton rata- rata

n = jumlah data/nilai hasil uji

Deviasi standar ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton dan volume adukan beton yang dibuat.

### 2.11.4 Kuat Tekan Beton

Untuk menghitung kuat tekan beton digunakan persamaan 2.15 berikut.

=

2.15

Dengan:

= kuat tekan beton

= kuat tekan rata-rata

SD = deviasi standar

1.64 = ketetapan startik yang niainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar 5 %.

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian terdahulu terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya, dijabarkan pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Judul	Tujuan	Hasil Penelitian
1	Badri	Pengaruh jarak Sengkang terhadap kuat tekan beton	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jarak sengkang terhadap kuat tekan beton	Kenaikan kuat tekan beton jarak 7,5 cm sebesar 94.39%, jarak 5 cm sebesar 123.07%, dan jarak 3 cm sebesar 204.09%. Dengan adanya sengkang dapat menambah angka keamanan pada konstruksi beton bertulang.
2	Febrianti Kumasah S, Wallah, R. Pa ndaleke	Pengaruh Jarak Sengkang Terhadap Kapasitas Beban Aksial Maksimun Kolom Beton Berpenampang Lingkaran Dan Segi Empat	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi pengaruh jarak sengkang terhadap kapasitas beban aksial maksimum kolom beton berpenampang segi empat dan lingkaran melalui pengujian laboratorium, serta menghitung beban aksial maksimum kolom beton sesuai SNI	Hasil pengujian pada umur beton 28 hari untuk kolom berpenampang segi empat pada jarak sengkang 55 mm diperoleh nilai rata – rata kapasitas beban aksial kolom, $P$ , sebesar 639,9 Kn, dan kuat tekan beton, $f'c1$ sebesar 27,74 MPa. Kemudian pada jarak engkang 100 mm terjadi pertambahan $p^2$ sebesar 16,06% dan pertambahan $f'c^3$ sebesar 1,98%. Selanjutnya pada jarak sengkang 1454 mm terjadi penurunan $p_3$ sebesar 19,32% dan $f'c_3$ sebesar 14,89%. Kemudian untuk hasil pengujian kolom berpenampang lingkaran diperoleh nilai rata-rata kapasitas beban aksial kolom, $p_4$ sebesar 442,867

No	Nama Penelitian	Judul	Tujuan	Hasil Penelitian
			beton 03-2847-2013	Kn,dan kuat tekan beton, $f_{c4}$ sebesar 24,53 MPa.Selanjutnya pada jarak 100 mm terjadi pertambahan $P_5$ sebesar 0,94% dan pertambahan $f'_{c5}$ sebesar 9,11% pada jarak sengkang 145 mm terjadi pertambahan $p_6$ sebesar 2,54%,dan penurunan $f'_{c6}$ sebesar 1,13%.
3	ST.Nur Insani,Wihardi Tjaronge,Jonie Tanijaya	Pengaruh jarak sengkang dengan variasi kuat tekan pada kolom	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jarak sengkang terhadap kuat tekan kolom rencana dan hasil penelitian serta menganalisis regangan dan model kegagalan yang terjadi pada kolom.	Hasil pengujian menunjukkan kolom dengan kuat tekan 25 MPa dengan variasi jarak sengkang 60 mm ,80 mm,dan 100 mm mempunyai regangan aksial 0.0024-0.0027 sedang untuk kuat tekan 30 MPa mempunyai regangan aksial 0.0026-0.003.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Metode penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan,

#### **3.2 Bahan**

Benda uji dibuat dengan menggunakan material yang umumnya sering digunakan untuk membuat beton normal seperti semen, air, pasir, agregat kasar dan agregat halus, namun dengan penggunaan aluminium sebagai pengganti kekangan tulangan.

1. Semen *Ordinari Portland Cement* (OPC) atau semen tipe 1.
2. Air yang berasal dari sumur bor di Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.
3. Agregat kasar berupa batu kerikil dengan ukuran maksimum agregat 40 mm yang berasal dari binjai.
4. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari binjai.
5. Kawat aluminium untuk kekangan diameter 3 mm dan tulangan lentur menggunakan bambu berdiameter 2 mm.

#### **3.3 Alat yang Digunakan**

Dalam proses pengujian bahan, pembuatan benda uji serta pengujian benda uji digunakan beberapa alat yang telah disediakan oleh Laboratorium beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan untuk mempermudah dalam pembuatan benda uji. Alat-alat tersebut antara lain:

1. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pembuatan sampel beton yang akan diuji kuat tekan.
2. Kerucut *Abrams* untuk mengetahui nilai *slump* beton.
3. *Compression Testing Machine* untuk pengujian kuat tekan beton.
4. Ayakan atau saringan digunakan untuk memperoleh ukuran butiran agregat tertahan.

5. Timbangan digunakan untuk menimbang atau mengukur berat suatu benda. Dalam penelitian ini timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan penyusun beton yang akan digunakan agar sesuai dengan kebutuhan.
6. Piknometer dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
7. Oven adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengeringkan suatu benda dengan suhu tertentu. Dalam penelitian ini oven digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar, serta untuk pengujian kandungan lumpur agregat halus.
8. Sekop dalam penelitian ini digunakan untuk mengambil atau mengangkut kerikil dan pasir yang kemudian diletakan ke dalam ember.
9. Cetok adalah alat berupa sendok adukan yang terbuat dari lempengan logam dan kayu sebagai pegangannya. Dalam penelitian ini cetok digunakan untuk mengambil pasir dan semen yang akan ditimbang bersama ember.
10. Ember dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat untuk meletakkan bahan penyusun beton yang akan ditimbang. Setelah ditimbang, kemudian bahan tersebut dibawa ke tempat pengadukan beton.
11. Molen adalah alat pengaduk yang digunakan untuk mencampurkan bahan penyusun beton hingga merata seperti yang diinginkan dalam waktu tertentu.
12. Tongkat Penumbuk yang dimaksud adalah sebatang besi dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm yang memiliki ujung bulat. Tongkat penumbuk digunakan untuk memadatkan beton segar yang berada di dalam cetakan sebanyak 25 kali setiap pengisian sepertiga bagian cetakan agar beton tersebut merata dan padat.
13. Mesin tekan dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Mesin ini memberi beban dengan gaya tekan secara konstan sampai sampel mortar dan beton tersebut hancur.

#### **3.4 Pengujian Bahan**

Sebelum membuat benda uji, bahan-bahan yang akan digunakan diuji terlebih dahulu untuk memastikan bahwa bahan tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Bahan-bahan yang akan diuji adalah agregat halus, dan agregat kasar.

### 3.4.1 Semen portland

#### 3.4.1.1 Kehalusan Semen portland (SNI 15-2049-2004)

1. Peralatan
  - a. Saringan no. 100 dan no. 200  
Digunakan untuk mendistribusikan besaran butiran benda uji dengan baik.
  - b. Mesin penggetar  
Digunakan untuk menggetarkan saringan
  - c. Kuas  
Digunakan untuk membersihkan saringan
  - d. Neraca  
Digunakan untuk menentukan berat benda uji
2. Prosedur Pelaksanaan
  - a. Persiapan benda uji  
Benda uji semen portland sebanyak 50 gram
  - b. Benda uji semen dimasukkan kedalam saringan no.100 yang terletak diatas saringan no.200 dan dipasang pan dibawahnya.
  - c. Saringan digoyangkan perlahan-lahan, sehingga bagian benda uji yang tertahan kelihatan bebas dari partikel-partikel halus (pekerjaan ini dilakukan antara 3-4 menit).
  - d. Kemudian saringan ditutup pan dilepaskan, saringan dipukul perlahan dengan tangkai kuas sampai abu yang menempel terlepas dari saringan.
  - e. Sisi bagian bawah pan dibersihkan dengan kuas, pan dikosongkan dan dibersihkan dengan kain kemudian dipasang kembali.
  - f. Kemudian saringan ditutup dengan hati-hati, bila ada partikel kasar yang menempel pada tutup maka dikembalikan kesaringan.
  - g. Dilanjutkan penyaringan dengan menggoyang-goyangkan saringan perlahan-lahan selama 9 menit.
  - h. Timbang benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan no.100 dan no.200 kemudian hitung dan nyatakan dalam persentase berat terhadap berat benda uji semula.

### 3.4.1.2 Berat Jenis Semen (SNI 03-2531-1991)

#### 1. Peralatan

##### a. Botol Le Chatelier

Digunakan untuk menentukan isi/ volume semen portland.

##### b. Bejana/ bak air

Untuk merendam botol Le Chatelier yang berisi benda uji.

##### c. Termometer (2 buah)

Untuk menentukan suhu kerosin + semen portland dalam botol Le Chatelier dan suhu air dalam bejana.

##### d. Timbangan

Untuk menentukan berat benda uji.

#### 2. Prosedur Pelaksanaan

##### a. Botol Le-Chateiler dibersihkan terlebih dahulu.

##### b. Mengisi botol Le Chatelier dengan minyak tanah dengan skala 0 – 1.

##### c. Memasukkan botol Le-Chateiler yang berisi tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan memasukkan pula termometer sebagai pengukur suhu.

##### d. Menambahkan es batu kedalam wadah tersebut sehingga suhu air mencapai 4 .

##### e. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le-Chateiler maka selanjutnya membaca pada skala ( $V_1$ ).

##### f. Menyaring semen portland dengan menggunakan saringan no.40 kemudian menimbang sebanyak 64 gram.

##### g. Mengeluarkan botol dari wadah dan memasukkan semen portland sedikit demi sedikit kedalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca dengan menjaga agar semen tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol Le-Chateiler.

##### h. Memasukkan kembali botol Le-Chateiler yang berisi minyak tanah dan semen kedalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4 .

##### i. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le Chateiler, skala pada botol Le Chateiler dibaca ( $V_2$ ).

- j. Lakukan percobaan ini sebanyak 2 kali.

### **3.4.1.3 Konsistensi Normal Semen (SK-SNI-1990)**

1. Peralatan
  - a. Timbangan  
Untuk menentukan berat dari benda uji dengan tepat.
  - b. Gelas ukur  
Untuk menentukan banyak nya air
  - c. Stopwatch  
Untuk menentukan waktu pengadukan pembuatan pasta semen dan waktu penurunan yang terjadi pada pasta.
  - d. 1 set alat vicat (cincin konik, plat, jarum vicat diameter 10 mm)  
Untuk menentukan besarnya penurunan yang terjadi pada pasta semen dengan kadar air dan waktu tertentu.
  - e. Mixer  
Untuk mengaduk didalam pembuatan pasta semen.
  - f. Sendok perata  
Untuk meratakan pembuatan pasta semen pada cincin konik.
  - g. Sarung tangan plastik  
Untuk membuat bola pasta semen.
2. Prosedur Pelaksanaan
  - a. Semen portland diambil lebih 300 gram untuk disaring dengan saringan No.200, dimana penyaringan ini dilakukan dengan tujuan untuk meghindari terjadi gumpalan-gumpalan semen.
  - b. Semen yang lolos pada saringan itu diambil sebanyak 300 gram.
  - c. Untuk mendapatkan konsistensi normal semen dilakukan beberapa kali percobaan dengan kadar air yang berbeda yaitu : 26 % - 28 % dari berat benda uji.
  - d. Masukkan air sebanyak persentase yang ditentukan kedalam mangkok pengaduk.
  - e. Masukkan benda uji kedalam mangkok dan diamkan selama 30 menit.
  - f. Jalan kan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 lebih kurang 5) rpm selama 30 detik.

- g. Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik untuk/sambil membersihkan pasta semen yang menempel dipinggir mangkok.
- h. Kemudian jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 lebih kurang 10) rpm, selama 60 detik.
- i. Buatlah pasta berbentuk bola dengan mempergunakan sarung tangan plastik, kemudian dilemparkan 6x dari satu tangan ketangan yang lain dengan jarak lebih kurang 15 cm.
- j. Kemudian masukkan/tekan pasta kedalam cincin konik yang telah dialaskan dengan plat. Kelebihan pasta pada permukaan cincin konik diratakan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
- k. Letakkan plat kaca diatas lubang besar cincin konik, balikkan, ratakan, dan licinkan. Kelebihan pada pasta lubang kecil cincin konik dengan sendok perata.
- l. Setelah selesai letakkan cincin konik dibawah harum vicat dan letakkan jarum dengan bagian tengah permukaan pasta kemudian jatuhkan jarum besar vicat dan catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
- m. Lakukan prosedur diatas dengan kadar air yang berbeda untuk mendapatkan penurunan 10 mm.

#### **3.4.1.4 Pengikatan Awal Semen (SNI 15-2049-2004)**

##### **1. Peralatan**

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram  
Untuk menentukan berat benda uji
- b. 1 set alat vicat terdiri dari:
  - a) Jarum vicat (1 mm)
  - b) Cincin konik dengan atas 8,5 cm serta bagian bawah 7,5 cm
- c. Stop watch  
Untuk menentukan waktu pengadukan pembuatan pasta semen dan waktu penurunan yang terjadi pada pasta.
- d. Alat Pengaduk (mixer)  
Untuk mengaduk dalam pembuatan pasta semen.
- e. Sendok perata

Untuk meratakan permukaan pasta pada cincin konik.

f. Alas (2 buah) plastik

Sebagai alas sampel pada cetakan.

g. Dua sarung tangan

Untuk membuat sampel menjadi bola (bulatan).

h. Saringan No.100

Untuk mendistribusikan semen.

## 2. Prosedur pelaksanaan

a. Distribusikan semen pada saringan No.100, dengan berat 300 gram.

b. Masukkan air suling (23%) yang banyak nya sesuai dengan jumlah air mencapai kadar air konsistensi normal kedalam mangkok mixer.

c. Masukkan benda uji kedalam mangkok mixer, kemudian diamkan selama 30 detik.

d. Jalankan mixer selama 15 detik, sementara itu bersihkan pasta yang menempel pada dinding mangkok.

e. Jalankan mixer dengan kecepatan  $285 \pm 10$  rpm selama 60 detik.

f. Setelah 60 detik buat lah bola-bola pasta dengan tangan, kemudian lemparkan 6 kali dari satu tangan-ketangan yang lain dengan jarak 15 cm.

g. Pegang bola pasta dan masukkan kedalam cincin konik, ratakan permukaan atas dan bawah cincin konik tersebut.

h. Letakkan plastik diatas lubang besar cincin konik, balikkan, ratakan dan licinkan kelebihan pasta pada lubang yang kecil dengan sendok merata.

i. Letakkan cincin konik dibawah jarum vicat.

j. Jatuhkan jarum vicat setiap 15 menit sampai mencapai penurunan 25 mm, setiap menjatuhkan jarum, catatlah penurunan yang berlangsung selama 30 detik.

k. Jarak antara titik-titik menjatuhkan jarum adalah tidak boleh kurang dari 0,5 cm dan jarak titik penusukan ke pinggir cincin konik tidak boleh kurang 1 cm.

### 3.4.2 Air

Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan. Air yang mengandung banyak kotoran akan mengganggu proses pengerasan atau kekuatan beton. Dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan. Air yang mengandung banyak kotoran akan mengganggu proses pengerasan atau kekuatan beton.

### 3.4.3 Agregat Kasar (SNI 2417-2008)

Untuk agregat kasar berupa batu kerikil. Pengujian dilakukan terdiri dari berat jenis dan pemeriksaan keausan dengan mesin *Los Angeles*.

#### 1. Berat Jenis

- a. Pilih sampel kerikil yang akan diuji dengan kriteria permukaan rata, lalu timbang berat batu tersebut.
- b. Siapkan alat-alat seperti cawan petri, mangkok dan air raksa.
- c. Timbang cawan petri, lalu catat hasilnya.
- d. Tuang air raksa ke dalam mangkok hingga penuh, kemudian ditimbang.
- e. Letakkan mangkok berisi air raksa tersebut di atas cawan petri dengan berhati-hati, jangan sampai air raksa tumpah.
- f. Masukkan sampel batuan tersebut ke dalam air raksa.
- g. Hitung volume air raksa yang tumpah diatas cawan petri.
- h. Hitung berat jenis batuan tersebut.

#### 2. Pemeriksaan Penyerapan Agregat Kasar

- a. Agregat yang tertahan di saringan  $\frac{1}{2}$ ' diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gram.
- b. Rendam agregat selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih.
- c. Agregat dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
- d. Agregat dikeringkan dalam oven sampai dengan suhu 110 derajat celsius sampai kering.
- e. Agregat didinginkan kemudian ditimbang beratnya.

### 3. Pemeriksaan Keausan dengan Mesin Los Angeles

- a. Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan 3/4” dan tertahan saringan 1/2”. Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan 1/2” dan tertahan saringan 3/8”.
- b. Buka mesin *Los Angeles Abration*, masukkan agregat tersebut dan bola baja sebanyak 8 butir dimasukkan ke dalamnya, lalu ditutup kembali.
- c. Mesin *Los Angeles Abration* dihidupkan kembali.
- d. Putaran yang dibutuhkan sebanyak 500 putaran, dengan kecepatan mesin 33 putaran/menit. Untuk kekurangan putaran, hidupkan mesin *Los Angeles Abration* kembali, dan hitung jumlah kekurangan putaran dengan *counter*.
- e. Kemudian didiamkan selama 5 menit, agar debunya mengendap.
- f. Debu yang jatuh ditampung dengan penampung, penutupnya dibuka. Lalu bola baja dan agregat yang ada di dalamnya dikeluarkan lalu ditampung dalam penampung.
- g. Agregat yang ada di penampung disaring dengan saringan No. 12.
- h. Agregat yang tertahan saringan No. 12 ditimbang dan dihitung keausan yang dimiliki.

### 4. Kadar air

Metode ini sebagai acuan untuk menentukan besarnya kadar air agregat. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, yang dinyatakan dalam persen. Peralatan yang digunakan, antara lain, timbangan, oven dan talam logam tahan karat.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Menimbang dan mencatat berat talam (W1).
- b. Memasukkan benda uji ke dalam talam, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- c. Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).
- d. Mengeringkan benda uji beserta talam di dalam oven.

- e. Setelah kering, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta talam (W4).
- f. Menghitung berat benda uji kering ( $W5 = W4 - W1$ ).
- g. Hitung kadar air agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = 100 \times (W3 - W5) / W5$$

Keterangan:

W3 = berat benda uji semula berat;

W5 = benda uji kering

#### 5. Analisa Saringan Agregat Kasar.

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$  sampai berat tetap. Sebaiknya untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi, dilakukan minimal 2 kali pengujian.
- b. Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
- c. Susun saring dari yang lubangnya paling besar dari atas kebawah (jangan terbalik), masukkan benda uji dan langsung di ayak. Bila tidak tersedia saringan dan mesin pengguncang dengan kapasitas besar, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual.
- d. Keluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan letakkan masing-masing pada talam.
- e. Timbang dan catat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, gunakan sikat kawat untuk saringan dengan lubang besar, dan kuas untuk lubang yang halus.



- b. Mengisi air ke dalam gelas ukur sampai setinggi 12 cm di atas permukaan pasir dan mengocoknya selama 1 menit, kemudian biarkan selama 1 menit, lalu buang airnya.
  - c. Mengulang langkah a dan b sampai airnya jernih.
  - d. Menghitung kandungan lumpur
3. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus
- a. Mengeringkan pasir dalam tungku pada suhu 105 °C selama kurang lebih 24 jam.
  - b. Mengeluarkan pasir dari tungku dan mendinginkannya ke dalam *exicator*
  - c. Menimbang pasir (B gram)
  - d. Timbang berat awal masing-masing ayakan
  - e. Susun ayakan dengan susunan ayakan sebagai berikut Ø 9,5 mm; Ø 4,75 mm; Ø 2,36 mm; Ø 1,18 mm; Ø 0,60 mm; Ø 0,30 mm; Ø 0,15; Pan.
  - f. Timbang 500 gr pasir kering oven kemudian masukkan ke dalam ayakan yang telah disusun
  - g. Saringan diletakkan di mesin pengayak lalu nyalakan mesin pengayak selama 10 menit dan kemudian diamkan mesin pengayak selama 5 menit.
  - h. Timbang berat setiap ayakan + pasir yang tertahan di ayakan tersebut, kemudian hitung % lolos agregat halus tersebut.
  - i. Dari pemeriksaan tersebut, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB), yaitu nilai yang digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Semakin besar nilai MHB-nya, maka butir-butir agregat tersebut juga akan semakin besar.
4. Pemeriksaan Berat Jenis
- a. Agregat tertahan saringan ½ diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gr.
  - b. Rendam agregat selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih
  - c. Agregat yang sudah bersih ditimbang dalam air dengan menggunakan keranjang yang telah ditimbang terlebih dahulu di dalam air.
  - d. Agregat dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
  - e. Agregat dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 110<sup>0</sup> C sampai kering.
  - f. Agregat di dinginkan dan kemudian timbang beratnya.

### 3.5 Pengujian Slump (SNI 03-1972-1990)

Uji Slump adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran mortar dan beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Dalam suatu adukan/campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability* nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak.

Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengukur kelecakan dari adukan beton yang berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*Workability*). Pada pengujian ini, yang dimaksudkan dengan nilai *slump* beton adalah hasil penurunan adukan campuran beton saat kerucut *Abrams* diangkat. Tahapan pengujian slump sebagai berikut:

1. Basahi cetakan kerucut dan plat dengan kain basah
  2. Letakkan cetakan di atas plat
  3. Isi 1/3 cetakan dengan beton segar, padatkan dengan batang logam sebanyak merata dengan menyusukannya. Lapisan ini penusukan bagian tepi dilakukan dengan besi dimiringkan sesuai dengan dinding cetakan. Pastikan besi menyentuh dasar. Lakukan 25-30 x tusukan.
  4. Isi 1/3 bagian berikutnya (menjadi terisi 2/3) dengan hal yang sama sebanyak 25-30 x tusukan. Pastikan besi menyentuh lapisan pertama.
  5. Isi 1/3 akhir seperti tahapan nomor 4
  6. Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan benda uji, tunggu kira-kira 1/2 menit. Sambil menunggu bersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan di plat.
  7. Cetakan diangkat perlahan tegak lurus atas
  8. Ukur nilai slump dengan membalikkan kerucut di sebelahnya menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji. Toleransi nilai slump dari beton segar
- 10±2 cm

9. Jika nilai *slump* sesuai dengan standar, maka beton dapat digunakan dan siap untuk di cetak.

### 3.6 Pembuatan Benda Uji (SNI 03-4810-2013)

Pengujian beton bertujuan untuk mengetahui apakah Aluminium dapat memiliki kadar beton yang memiliki kuat tekan yang optimal. Dalam proses pengujian beton, haruslah melewati beberapa tahap. Tahap yang paling mendasar adalah pembuatan benda uji beton. Tahap pembuatan benda uji dimulai dengan menghitung campuran 1:2:3 (rencana adukan beton). Jumlah benda uji dapat dilihat dari Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Beton Slinder (D= 30 cm dan H= 15 cm)

Proporsi/Hari	7 Hari	21 Hari	28 Hari
Normal	3	3	3
Kekangan 3 cm	3	3	3
Kekangan 4 cm	3	3	3
Kekangan 6 cm	3	3	3

(Sumber:Penulis)

Pembuatan beton dilakukan seperti pembuatan beton secara konvensional. Kemudian campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder. Setelah beton mengering, benda uji dirawat dengan cara direndam di dalam bak berisi air selama 7 hari, 21 hari dan 28 hari untuk beton. Setelah 7 hari, 21 hari dan 28 hari benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu selama 24 jam sebelum diuji.

### 3.7 Perawatan Benda Uji (SNI 03-4810-1998)

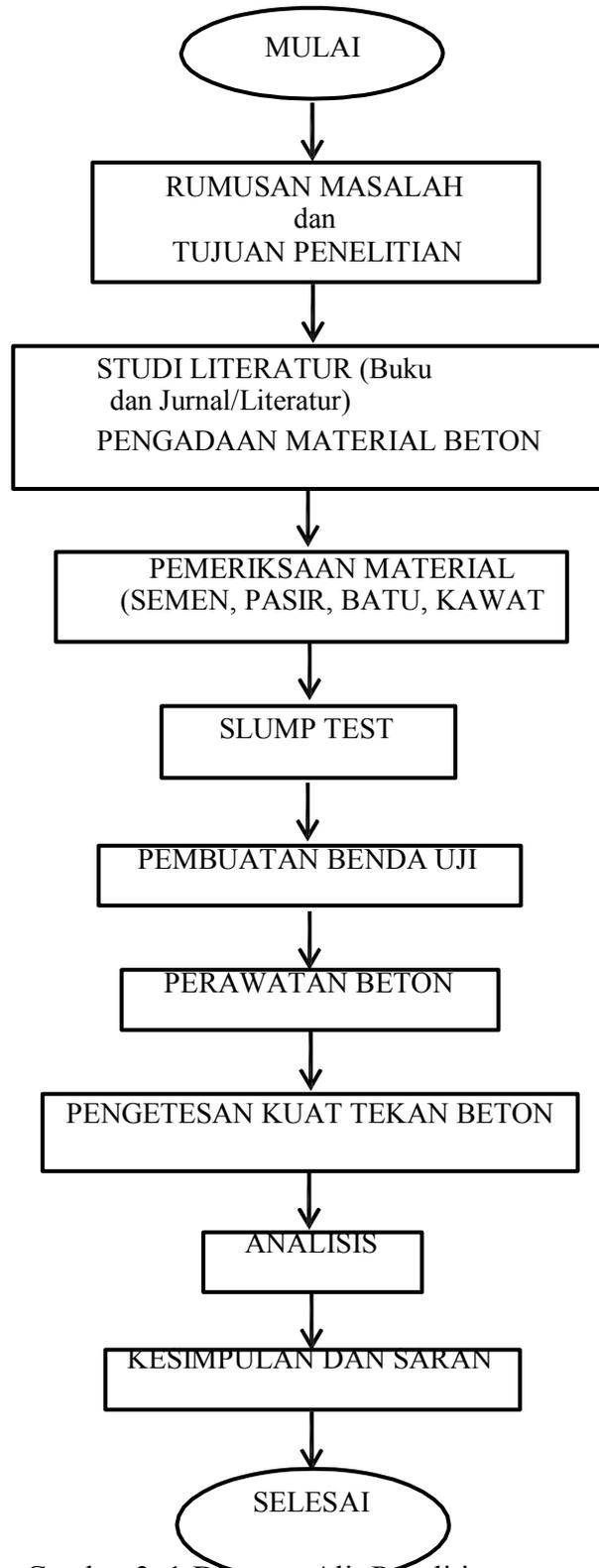
Perawatan beton adalah suatu metode pekerjaan yang bertujuan untuk menjaga permukaan beton segar selalu lembab dan jangan sampai terkena panas dari matahari secara langsung, sejak adukan beton dipadatkan hingga beton dianggap cukup keras. Perawatan beton dilakukan dengan cara memasukkan beton ke dalam bak berisi air selama 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Setelah 7 hari, 21 hari dan 28 hari, benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum diuji. Perawatan benda uji dilakukan sebagai berikut:

1. Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, rendam kedalam bak berisi air hingga semua permukaan benda uji terendam air.
2. Penyimpangan dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air jenuh.
3. Benda uji silinder harus dirawat sekurang kurangnya 20 jam sebelum pengujian pada umur 7 hari, 21 hari , dan 28 hari, beton silinder dan kubus harus disimpan dalam air.

### **3.8 Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI-1974-2011)**

Kuat tekan beton adalah perbandingan antara beban tekan yang diberikan kepada benda uji dengan satuan luas menggunakan mesin tekan. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm<sup>2</sup> atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 - 500 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah di bagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.9 Bagan Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian  
(Sumber: Penulis)