

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang menggunakan campuran limbah botol kaca telah banyak dilakukan diantaranya : penelitian Sumianti Sri Sejati dan Luky Indra Gunawan (2019) melakukan penelitian tentang serbuk kaca sebagai bahan tambah pembuatan beton normal berdasarkan gradasi pasir zona 3 dengan kadar 15%, 20%, 25%, dan 30% dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 15 buah benda uji.

Penelitian Ayu Suhartini dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan limbah botol kaca sebagai bahan substitusi agregat halus terhadap kuat tekan dan kuat lentur dengan mutu beton yang digunakan yaitu K-200 dan komposisi campuran 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat pasir.

Penelitian Seska Nicolaas dkk (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan limbah kaca terhadap perilaku mekanis beton, pengujian beton dengan penambahan kaca yang digunakan ialah kaca yang lolos saringan 4,75 mm, dengan variasi campuran 0%, 3%, 4%, dan 5%.

2.2 Beton

2.2.1 Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000). Tetapi belakangan ini definisi beton sudah semakin luas, yaitu beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, sulfur dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) atau (σ_{bk}') pada usia 28 hari. Kecepatan

kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada factor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Salah satu kinerja beton yang sering diperhatikan adalah kuat tekan beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas. (Mulyono,T., 2004).

Fungsi dari masing-masing komponen pada pembuatan beton adalah :

1. Semen sebagai bahan pengikat dengan komposisi didalam beton sebanyak 15-20 % dari volume beton.
2. Air sebagai pereaksi bagi semen agar dapat mengikat agregat. Banyak penggunaan air dibandingkan dengan volume beton berkisar 8-10%.
3. Agregat sebagai bahan pengiri rongga-rongga dalam beton dengan jumlah 60-70 % dari volume beton.
4. Bahan tambah sebagai pemberi/pengubah sifat tertentu pada beton.

Adapun keuntungan dan kerugian dari penggunaan beton diantaranya adalah sebagai berikut :

Keuntungan :

1. Ekonomis (Bahan dasar mudah diperoleh dan ditemukan).
2. Mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan dan kebutuhan.
4. Beton tahan aus dan tahan terbakar api, sehingga perawatannya lebih murah.

Kerugian :

1. Beton tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak.
2. Beton sukar diubah bentuknya bila sudah mengeras.
3. Biaya pembuatannya lebih mahal.
4. Pembuatannya membutuhkan tenaga ahli.

2.2.2 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas, mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan, dan berdasarkan tegangan.

a. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2847-2002)

Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$

Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$

Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

b. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm^2)	Uraian
Mutu Tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton, prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan

			pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 -2005)

c. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- a. Beton cast in-situ, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur
- b. Beton pre-cast, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur

d. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)

- a. Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
- b. Beton pre-stressed, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
- c. Beton post-tensioned, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.

2.2.3 Syarat-syarat Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Kekuatan Desak : Kekuatan desak yang dicapai pada umur beton 28 hari harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencana persyaratan menurut karakteristik umum beton yang direncanakan.
- b. *Workability* : Untuk memenuhi *workability* yang cukup guna pengangkutan, pencetakan dan pemadatan beton sepenuhnya dengan peralatan yang tersedia dalam pengerjaan pembentukan beton yang diinginkan.
- c. *Durability* : Durabilitas atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak. Semakin besar kekuatan desak maka semakin awet betonnya.
- d. Penyelesaian akhir dari permukaan beton : Kohesi yang kurang baik merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik apabila beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan pasir dan variasi warna dapat juga mendatangkan kesukaran di dalam menambal bidang horizontal menjadi suatu penyelesaian akhir yang harus padat.

2.3 Bahan-Bahan Campuran Beton

2.3.1 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (Yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mencampur silica, alumunia, dan oxid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono,1989)

Komposisi kimia semen Portland pada umumnya terdiri dari CaO/SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , yang merupakan oksida dominan. Sedangkan oksida lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen adalah MgO , SO_3 , Na_2O dan K_2O .

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

a. Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras di udara, Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

b. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik ialah kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzolan, dan lain-lain.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis/tipe,yaitu :

- a. Semen Portland tipe I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Semen Portland tipe II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Semen Portland tipe III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Semen Portland tipe IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
- e. Semen Portland tipe V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Untuk material seperti semen Portland dilakukan pengujian :

- Berat Jenis Semen

- Waktu pengikatan Semen

2.3.2 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat, Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo,1992) :

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (Asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Tata Cara Perhitungan Standar Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002).

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk pembentukan pada semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

- a. Sifat workability adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga menghasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
- d. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

2.3.3 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menepati 70% volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji.

Agregat yang dipakai harus memenuhi syarat-syarat :

- a. Kerikil harus berupa butiran keras dan tidak berpori.
- b. Agregat harus bersih dari unsur organik.
- c. Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 1%
- d. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam.

Agregat yang mempunyai butir-butir besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

Untuk agregat dilakukan pengujian :

- Analisa Saringan
- Berat Jenis dan Penyerapan
- Kadar Air
- Kadar Lumpur
- Bobot Isi agregat
- Kekerasan Agregat Kasar

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan batuan secara alami,

atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang disebut abu batu.

Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat kering serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton, kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kecelean.

Agregat halus yang digunakan didalam adukan beton harus memnuhi syarat sebagai berikut :

1. Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butirannya harus bersifat kekal.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak

Menurut SNI 03-2834-2000 Tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, gradasi pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI

Ukuran Saringan	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	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 : SNI 03-2834-2000)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir minimal 5 mm dan ukuran maksimum 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan, syarat- syarat agregat kasar yang akan dicampur sebagai adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan atang tembaga, maksimum 5%.
2. Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, Contohnya zat-zat reaktif dan alkali.
5. Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	% Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Maks 10mm	Ukuran Maks 20mm	Ukuran Maks 40mm
76	-	-	100-100

38	-	100-100	95-100
19,6	100-100	95-100	35-70
9,6	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

2.3.4 Limbah botol kaca

Limbah botol kaca merupakan hasil dari kegiatan industry dan rumah tangga yang tidak dapat terurai, apabila jumlahnya terlalu banyak maka akan merusak lingkungan. Pada penelitian ini limbah kaca akan digunakan lagi sebagai bahan pengisi beton khususnya agregat halus, karena limbah botol kaca memiliki ketahanan terhadap cuaca. (Diana dkk,2021).

2.4 Pengujian Material

Pemeriksaan material sangat diperlukan sebelum dimulainya pembuatan sampel, agar dapat diketahui apakah material-material tersebut dapat digunakan sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

2.4.1 Analisa saringan

Analisa saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka prosentase digambarkan pada grafik

Pembagian butir Berdasarkan SNI 03-1968-1990 Berat minimum benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Agregat halus terdiri dari ;

- a. ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram
- b. ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram

Agregat kasar antara lain terdiri dari ;

- a. ukuran maksimum 3,5"; berat minimum 35 kg

- b. ukuran maksimum 2,5"; berat minimum 25 kg
- c. ukuran maksimum 1"; berat minimum 10 kg

2.4.2 Berat jenis dan penyerapan agregat

Berat jenis, yaitu perbandingan antara masa dan volume suatu bahan dan penyerapan yaitu tingkat dan kemampuan suatu bahan menyerap sejumlah zat cair yang masuk melalui pori-pori seluruh permukaan agregat. Penyerapan adalah suatu kemampuan agregat menyerap air sampai keadaan jenuh, dan besarnya penyerapan sangat dipengaruhi oleh porositas.

Agregat adalah material yang berasal dari alam maupun buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran konstruksi perkerasan jalan.

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 03-1969-1990 dan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 03-1970-1990.

2.4.3 bobot isi agregat

Bobot isi agregat merupakan berat agregat persatuan isi, dimana bobot isi agregat ini terdiri dari bobot isi agregat halus dan kasar. Cara pengujian dan perhitungan bobot isi agregat ini dihitung dalam kondisi padat dan gembur.

Adapun tujuan dari pengujian ini ialah untuk menentukan volume bahan padat dari agregat kasar ataupun halus dan satuan isi kering dari agregat yang ditusuk-tusuk. Sehingga dapat ditentukan berat isi agregat agar dapat direncanakan suatu campuran beton.

2.4.4 Kadar air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang terkandung dalam agregat. Pelaksanaan pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus berdasarkan SNI 03-1971-1990.

2.4.5 Kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui banyaknya lumpur atau debu yang terdapat pada agregat. Syarat kandungan kadar lumpur untuk agregat kasar berdasarkan SII 0052 <1%, sedangkan syarat kandungan kadar lumpur agregat halus berdasarkan SII 0052 <5%. Pelaksanaan pengujian kadar lumpur agregat kasar dan agregat halus berdasarkan SNI 03-4142-1996.

2.4.6 Berat jenis semen

Pada berat jenis semen adalah suatu perbandingan antara massa jenis semen dengan sebuah massa jenis air. Atau hal lain yakni hasil dari perbandingan antara berat benda dengan sebuah volume benda. Untuk berat jenis ini sangatlah diperlukan karena dapat berpengaruh pada banyak tidaknya bahan yang digunakan dan keberhasilan dalam sebuah pembangunan.

Menurut ketentuan SNI 15-2531-1991 berat jenis semen yakni antara 3,00 – 3,20 gram/cm³, jadi berat jenis semen tersebut memenuhi standart ketentuan yang di tetapkan.

2.4.7 *Mix design* beton

Mix Design dalam beton adalah pekerjaan merancang dan memilih material bermutu tinggi untuk kepentingan produksi beton serta menentukan dalam mutu dan kekuatan beton itu sendiri. *Pekerjaan mix design tentu bukan pekerjaan sederhana dituntut untuk cermat dalam memilih material yang akan digunakan sebagai beton cor nantinya, atas dasar kondisi di lapangan khususnya kondisi eksposur dan lain-lain. Satu lagi, juga harus menentukan cost of material.*

Seefisien mungkin perencanaan *mix design* beton adalah guna mendapatkan jumlah ukuran perbandingan yang sesuai seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air. rancangan adukan beton memiliki maksud memperoleh beton yang tepat dengan bahan dasar tersedia. Diantara pekerjaan *mix design* yang sering ditemui yaitu di tempat pembuatan [beton ready mix](#).

2.4.8 Slump test

Menurut SNI 03-1972-1990 Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

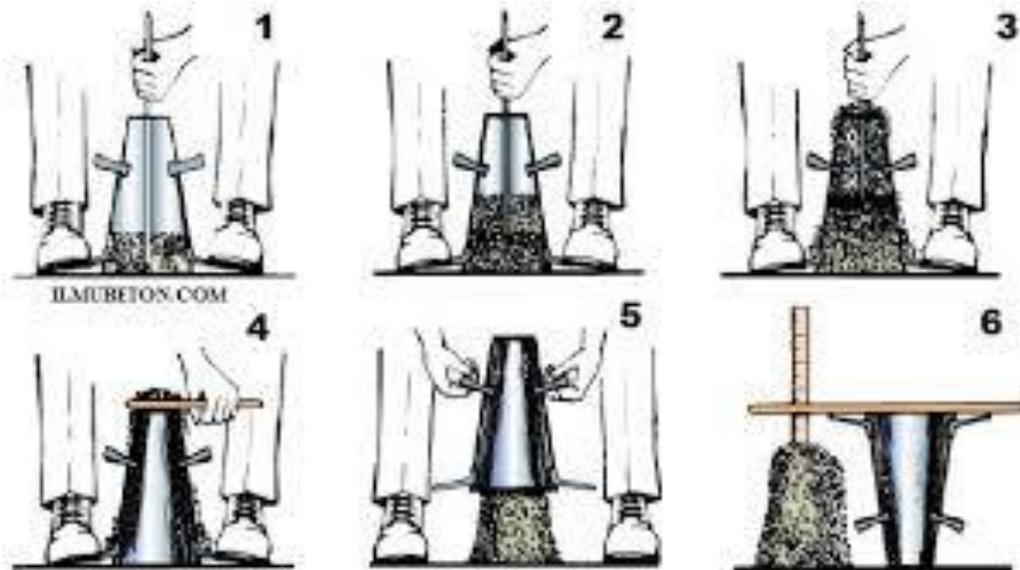
- a. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*Homogeneity*).
- b. Kelekatan adukan pasta semen (*Cohesiveness*).
- c. Kemampuan alir beton segar (*Flowability*).
- d. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*Mobilty*).
- e. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*Plasticity*).

Tabel 2.4 Penetapan Nilai Slump Adukan Beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai Slump (cm)	
	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak betulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

(Sumber : Tjokrodinuljo,2007)

Cara pengujian slum test dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.1 slump test

(Sumber : Ilmubeton)

2.4.9 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton disbanding dengan sifat – lain. Kekuatan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan agregat halus,air.(Admindpu,2022)

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

σ = Kuat tekan beton (Mpa).

P = Beban maksimum (N).

A = Luas penampang benda uji (mm)²