

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

1. Definisi Beton

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Beton tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) atau jenis agregat lain, semen *portland* atau semen hidrolis yang lain dan air. Air merupakan komponen pembentuk beton yang sering luput dari perhatian. Padahal air juga mempunyai peranan yang penting dalam pengerjaan beton. Peningkatan jumlah air akan meningkatkan nilai faktor air semen serta kemudahan pengerjaan (*workability*), terkadang pada pencampuran beton juga menggunakan bahan tambahan (*zat aditif*) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogeny. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air (Tjokrodimuljo, 1992).

Dalam pembuatan beton sebenarnya tidaklah sederhana hanya mencampurkan bahan-bahan dasarnya yaitu untuk membentuk campuran yang plastis harus memenuhi persyaratan yang lebih ketat agar dapat menghasilkan beton yang baik. Pada dasarnya beton mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, namun kuat tariknya sangat rendah maka hal-hal yang harus diperhatikan untuk mendapatkan kekuatan dan keawetan yang bagus yaitu pemilihan material, nilai perbandingan bahan-bahannya, proses pelaksanaan campuran, pemadatan dan perawatan (Tjokrodimulyo, 2007).

2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Kelebihan beton antara lain (Mulyono, 2004):

- a. dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi,

- b. termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukkan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatannya murah,
- c. kuat tekannya tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) mampu memikul beban yang berat,
- d. tahan terhadap temperatur yang tinggi,
- e. biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekurangan beton antara lain (Mulyono, 2004) :

- a. bentuk yang telah dibuat sulit diubah,
- b. pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi,
- c. berat,
- d. daya pantul suara yang keras,
- e. kuat tarik yang kecil sehingga mudah retak,
- f. mengalami kembang susut akibat perubahan suhu.

3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton (Murdock dan Brook, 1986):

- a. jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton,
- b. umur, pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya, dengan kadar alumunia yang tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen *portland* pada umur 28 hari. Pengerasan berlangsung secara lambat sampai beberapa tahun,
- c. jenis agregat, kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun tarik yang lebih besar dari pada penggunaan krikil halus dari sungai,
- d. perawatan, kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji,

- e. suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

B. Beton Ringan

1. Definisi Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang memiliki berat jenis kurang dari 1850 kg/m³. Pada umumnya beton ringan dipergunakan untuk dinding ataupun atap bangunan rumah, cara untuk memproduksi beton ringan ini semua tergantung adanya rongga udara dalam agregat atau pembentukan rongga udara dengan menghilangkan agregat halus. Beton ringan bukan saja diperhitungkan karena beratnya yang ringan, tetapi juga karena isolasi suhu yang tinggi dibandingkan dengan beton biasa, salah satu varian dari *light-weight concrete* adalah beton teraerasi pada beton ini terdapat pori-pori layaknya batu apung sehingga beton akan memiliki densitas yang rendah tetapi tetap memiliki kekuatan yang relative (Murdock dan Brook, 1986).

2. Komposisi Beton Ringan

Komposisi yang akan dibuat dalam penelitian ini yaitu menggunakan semen Portland, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar. Agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini yaitu batu apung, karena batu apung memiliki berat jenis yang ringan dan bisa digolongkan dalam campuran beton ringan (Murdock dan Brook, 1986).

3. Jenis – jenis Beton Ringan

Beton ringan dengan bahan batuan yang berongga atau agregat ringan buatan yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar atau kerikil. Beton ini memakai agregat ringan yang mempunyai berat jenis yang rendah berkisar 1400 kg/m³ sampai 2000 kg/m³. Beton ringan ini dapat digolongkan berdasarkan jenis agregat kasar atau kerikil yang dipakai yaitu (Widi asmono, 2014) :

a. beton insulasi (*insulating concrete*)

Pada beton ini memiliki berat antara 300 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan berkekuatan tekan 0,69 – 0,89 MPa. Beton ini digunakan untuk keperluan

insulasi karena mempunyai kemampuan untuk konduktivitas panas yang rendah dan perendam suara, jenis agregat yang digunakan adalah *perlite* dan *vermiculite*,

b. beton ringan dengan kekuatan sedang (*moderate strength concrete*)

Beton ini memiliki berat antara 800 kg/m³ sampai 1440 kg/m³ dan memiliki kekuatan 6,89-17,27 MPa yang biasanya dipakai sebagai beton struktur ringan atau sebagai pengisi, jenis agregat yang dipakai dalam beton ini adalah abu terbang, lempung, batu apung, batu sabak dan *scoria*,

c. beton struktural (*structural concrete*)

Beton ini memiliki berat jenis antara 1440 kg/m³ sampai 1850 kg/m³ dan memiliki kuat tekan berkisar > 17,24 MPa yang dapat dipakai sebagai beton struktural, jenis agregat yang dipakai dalam beton ini adalah *shale*, *clays*, *slate* dan *slag*,

d. beton ringan tanpa pasir (*no fines concrete*)

Beton ini tidak memakai pasir pada campuran beton sehingga mempunyai sejumlah pori-pori, dengan berat jenis 880-1200 kg/m³ dengan kekuatan beton 7-14 MPa. Pemakaian beton ini sangat baik untuk kemampuan insulasi dari struktur dan cenderung dapat mengurangi kuat tekan agregat,

e. beton ringan yang diperoleh dengan memasukan udara dalam adukan atau mortar (beton aerasi atau beton gas)

Beton ini akan membentuk pori-pori udara berukuran 0,1-1 mm dalam betonnya, memiliki berat 200-1440 kg/m³ biasanya digunakan untuk keperluan insulasi serta beton tahan api dengan menambahkan larutan hydrogen peroksida sebagai *aerated agent* volume campuran beton akan mengembang secara dramatis.

C. Alkali Resistant Glassfibre

Alkali Resistant Glassfibre (ARG) adalah salah satu jenis serat yang dibuat dari komposisi kaca khusus diformulasikan dengan tingkat optimal dan mengandung senyawa kimia berupa (Na₂O, CaO, ZrO₂ dan SiO₂), cocok untuk digunakan dalam beton. Produk ini sangat cocok untuk *Premix* GFRC dan

aplikasi penguatan mortar dan beton lainnya. *Alkali Resistant Glassfibre* memiliki kekuatan tarik tinggi dan modulus, tidak berkarat seperti baja, dan mudah dimasukkan ke dalam campuran beton. Bentuk dari *Alkali Resistant Glassfibre* memanjang dengan ukuran antara 18 - 36 mm (3/4"), 200 filamen per berdiri, dengan diameter filamen dari 18 mikron. Serat ini menyampaikan kekuatan di unit beton karena sifat mereka dibundel. Gambar 3.1 serat *Alkali Resistant Glassfibre*, tabel 3.1 menunjukkan sifat keuntungan dari *Alkali Resistant Glassfibre* dan tabel 3.2 menunjukkan spesifikasi *Alkali Resistant Glassfibre*.

Gambar 3.1 *Alkali Resistant Glassfibre*



Tabel 3.1 Sifat dan keuntungan dari *Alkali Resistant Glassfibre*

Sifat	Kekuatan
Kekuatan tarik elemen	3,5 Mpa
Kekuatan tarik panjang	1,7 Mpa
Modulus elastisitas young	72 Mpa
Berat jenis	2,68
Regangan pada titik panas	2 %
Peresapan air	< 0,1 %
Suhu leleh	860° C

Sumber : CV GRC Mandiri Karya, 2012

Tabel 3.2 Spesifikasi *Alkali Resistant Glassfibre*

Sifat	Satuan	
Koefisien Pemuaian	$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	9
Titik Lunak	$^{\circ}\text{C}$	830
Kepadatan	g/cm^3	2,8
Gaya Tarik	GN/m^2	1.5
Modulus Young	GN/m^2	74
Regangan Putus	%	2
Daya Hambat Alkali		
Kehilangan Berat	%	ARG Fibre : 0,8
(Larutan Semen Jenuh, 80°C X 200HR)	%	E Glass Fiber : 10,5
Kuat Tarik	%	ARG Fibre : 75
		E Glass Fiber : 14
Daya Hambat Asam		
Kehilangan Berat	%	ARG Fibre : 1,6
(10% HCl, 80°C X 90HR)		E Glass Fiber : 14
Kehilangan Berat	%	ARG Fibre : 1,2
(10% HC2O4, 80°C X 90HR)		E Glass Fiber : 42,0

Sumber : Nippon Electric Glass Co., Ltd., 2005

Penambahan serat fiber berupa *Alkali Resistant Glassfibre* (ARG) ini bertujuan untuk memberikan pengaruh positif terhadap sifat-sifat mekanik beton ringan. Prinsipnya dengan penambahan serat untuk menulangi beton ringan, sehingga terbentuk ikatan yang kuat dari komponen penyusun beton ringan. Dengan demikian akan mencegah terjadinya retakan dan pecah yang sering terjadi pada beton ringan.

D. Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut spesifikasi bahan bangunan bagian A, SK-SNI-S-04-1989-F Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan tambahan atau bahan bantu. Fungsi utama semen adalah untuk bereaksi dengan air menjadi pasta semen serta mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira sebanyak 10% saja dari volume beton, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Tjokrodimuljo, 2007).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), semen mengandung beberapa unsur kimia yaitu kapur (CaO) sebesar 60-65%, silica (SiO₂) 17-25%, alumina (Al₂O₃) 3-8%, besi (Fe₂O₃) 0,5-6%, magnesia (MgO) 0,5-4%, sulfur (S₀₃) 1-2% dan soda/potash (Na₂O + K₂O). Dari beberapa unsur tersebut membentuk beberapa senyawa. Senyawa yang paling penting dalam pembentukan semen *portland* ada 4 (empat) macam yaitu:

- a. trikalsium silikat (C₃S) atau 3C_aO.SiO₂,
- b. dikalsium silikat (C₂S) atau 2C_aO.SiO₂,
- c. trikalsium aluminat (C₃A) atau 3C_aO.Al₂O₃,
- d. tetrakalsium aluminoferrit (C₄AF) atau 4C_aO.Al₂O₃.Fe₂O₃.

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang saling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C₃S dan C₂S adalah 70 sampai 80% dari berat semen merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, 2007). Perbedaan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah presentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SK SNI S-04-1989-F).

2. Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Kandungan agregat kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Untuk mencapai kuat beton baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik (Tjokrodimuljo, 2007).

Secara umum berdasarkan ukurannya agregat dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm. Agregat halus adalah batuan yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,80 mm. Dalam pelaksanaannya agregat dikelompokkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 2007), yaitu:

- a. batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- b. batu kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm sampai 40 mm,
- c. pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Agregat beton dikelompokkan menjadi 3 jenis disesuaikan dengan keperluan pembetonan (Tjokrodimulyo, 2007).

a. Agregat berat

Agregat ini dipakai untuk membuat beton dengan berat volume yang tinggi yaitu lebih dari $2,8 \text{ kg/m}^3$. Jenis beton ini dipakai terutama untuk mencegah terjadinya radiasi akibat bahan radioaktif, misalnya untuk pembuatan reaktor nuklir. Biasanya berasal dari batu barit (BaSO_4), bijih besi, butiran atau potongan besi baja.

b. Agregat normal

Agregat jenis ini biasa digunakan untuk pembuatan beton sehari-hari. Biasanya berasal dari agregat granit, basalt dan kuarsa yang berat volumenya antara $2,5 \text{ kg/m}^3$ sampai 3 kg/m^3 .

c. Agregat ringan

Agregat jenis ini mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ kg/m}^3$, digunakan untuk membuat beton ringan. Jenis agregat ringan yang biasa dipakai untuk

elemen non-struktural, misalnya dalam industri beton ringan adalah ALWA (*Artificial Light Weight Aggregate*).

3. Agregat Halus (Pasir)

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 (Tjokrodimuljo, 2007). Dan pada agregat halus (pasir) dalam beton maupun dalam mortar berfungsi sebagai bahan pengisi atau bahan yang diikat, dalam kata lain pasir dalam adukan tidak mengalami reaksi kimia. Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971, antara lain :

- a. pasir terdiri dari butir- butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan,
- b. 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,
- c. 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.

Walaupun pasir hanya berfungsi sebagai bahan pengisi, akan tetapi sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Pemakaian pasir dalam beton dimaksudkan untuk :

- a. menghasilkan kekuatan beton yang cukup,
- b. mengurangi susut pengerasan,
- c. menghasilkan susunan pampat pada beton,
- d. mengontrol *workability* (sifat mudah dikerjakan) pada beton,
- e. mengurangi jumlah penggunaan semen *Portland*.

Selain itu pasir dapat membantu pengikat kapur karena memungkinkan penetrasi karbondioksida (CO₂) dari udara, sebagaimana telah diketahui bahwa

kapur bakar yang telah padam dapat melakukan pengikatan apabila terjadi kontak terhadap karbondioksida di udara dan mengembang, oleh karenanya hal ini akan dapat mengurangi susut pengerasan beton. Agregat halus (Pasir) yang digunakan untuk beton atau mortar hendaklah memenuhi syarat-syarat sebagaimana dalam peraturan yang berlaku (Tjokrodimulyo, 2007) diantaranya dijelaskan dibawah ini :

- a. agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam, kuat, keras, dan bersifat kekal bentuknya yakni tidak pecah (hancur) oleh pengaruh cuaca seperti panas matahari dan hujan serta bergradasi baik,
- b. tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % terhadap berat kering,
- c. tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, hal tersebut dapat diamati dari warna agregat halus,
- d. agregat halus dari laut tidak boleh digunakan kecuali dengan petunjuk dari lembaga.

Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton yang baik menurut Tjokrodimuljo (2007) adalah :

- a. berbentuk bulat,
- b. tekstur halus (*smooth texture*),
- c. modulus kehalusan (*fineness modulus*) 1,50-3,80 dengan variasi butir sesuai standar gradasi,
- d. bersih,
- e. gradasi yang baik dan teratur.

4. Agregat Kasar

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun ukuran kecil. Fungsi agregat kasar yaitu untuk menghasilkan kekuatan yang besar pada beton, mengurangi susut pengerasan beton dan dengan gradasi yang baik maka akan didapatkan beton yang baik. Agregat kasar merupakan komponen utama yang paling banyak memberikan kontribusi terhadap kekuatan beton. Secara umum, kekuatan beton tergantung pada kekuatan agregat kasarnya. Maka dari itu agregat kasar pada campuran

beton mempunyai peranan penting, walaupun hanya sebagai pengisi akan tetapi agregat kasar sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton yang baik menurut Tjokrodimuljo (2007) adalah:

- a. porositas rendah,
- b. bentuk fisik agregat,
- c. ukuran maksimal agregat,
- d. bersih,
- e. kuat tekan hancur yang tinggi,
- f. gradasi yang baik dan teratur.

Agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton harus diketahui tingkat keausannya karena tingkat keausan agregat kasar berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Berdasarkan Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, agregat kasar perlu diuji tingkat keausannya.

Tabel 3.3 Persyaratan kekerasan agregat kasar

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan mesin <i>Los Angeles</i> , Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10 MPa - 20 MPa)	40
Kelas III (diatas 20 MPa)	27

Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007)

Pemilihan agregat yang digunakan dalam pencampuran beton dalam keadaan jenuh kering muka. Keadaan jenuh kering muka lebih disukai sebagai standar dalam campuran beton (*mix design*), hal ini disebabkan karena keadaan jenuh kering muka merupakan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun

mengurangi air dari pastanya, selain itu kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan *SSD* daripada yang kering tungku (Tjokrodimuljo, 2007).

5. Agregat Kasar Batu Apung

Batu apung merupakan agregat alamiah yang ringan serta umum penggunaannya. Asalkan bebas dari debu vulkanik yang halus dan bahan yang bukan vulkanik asalnya, seperti lempung, batu apung menghasilkan beton ringan yang memuaskan dengan berat jenis antara 720 kg/m^3 dan 1440 kg/m^3 . Batu apung dapat memberikan isolasi panas yang lebih baik dari pada beton ringan lainnya sedangkan mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah feldspar, kuarsa, obsidian, kristobalit dan tridimit (Murdock dan Brook, 1986). Jenis batuan lainnya yang memiliki struktur fisika dan asal terbentuknya sama dengan batu apung adalah *pumice*, vulkanik cinder dan scoria. Didasarkan pada cara pembentukan, distribusi ukuran partikel (*fragmen*) dan material asalnya, batu apung diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu: *sub-aerial*, *sub-aqueous*, *new ardante*, dan hasil endapan ulang (*redeposit*). Sifat kimia dan fisika batu apung antara lain, yaitu: mengandung oksida SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , TiO_2 , SO_3 dan Cl , hilang pijar (*Loss of Ignition*) 6%, pH 5, bobot isi ruah $480 - 960 \text{ kg/cm}^3$, peresapan air (*water absorption*) 16,67%, berat jenis $0,8 \text{ gr/cm}^3$, hantaran suara (*sound transmission*) rendah, rasio kuat tekan terhadap beban tinggi, konduktifitas panas (*thermal conductivity*) rendah dan ketahanan terhadap api sampai dengan 6 jam. Keterdapatannya batu apung selalu berkaitan dengan rangkaian gunung api berumur *kuarter* sampai *tersier*. Penyebaran meliputi daerah Serang, Sukabumi, pulau Lombok dan pulau Ternate (web, 2005 Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batu Bara, didesain dan peliharaan).

6. Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yaitu untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan serta sebagai pelumas campuran butir-butir kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan pelaksanaan dan pencetakan. Untuk bereaksi dengan semen,

air yang diperlukan hanya sekitar 25 % berat semen, namun dalam kenyataannya nilai factor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas (Tjokrodinuljo, 1992).

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Dalam pemakaian air untuk beton, menurut Tjokrodinulyo (2007), sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut (standar SK SNI S-04-1989-F, spesifikasi bahan bangunan bagian A) :

- a. air harus bersih,
- b. tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter,
- c. tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, *zat organic* dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
- d. tidak mengandung *klorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,
- e. tidak mengandung *senyawa sulfat* (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter.

E. Sifat Beton

1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton yaitu suatu perbandingan beban terhadap luas penampang beton. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan persamaan 3.1 (Tjokrodinulyo, 2007) :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan : f_c' = kuat tekan beton (MPa)

 P = beban tekan (N)

 A = luas penampang benda uji (mm²)

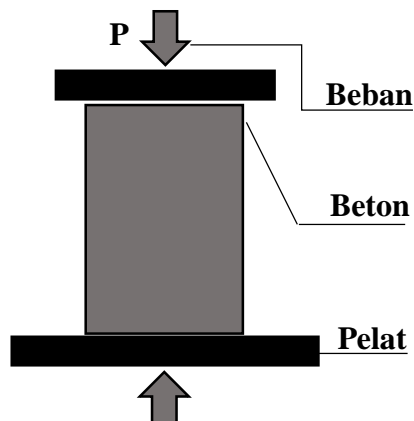
Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tarik yang rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain dimaksudkan apabila kuat tekannya tinggi pada umumnya sifat yang lain juga baik. Beton memiliki banyak jenisnya, untuk beton normal dipakai pada struktur beton bertulang, misalnya kolom, balok dan dinding yang memiliki kuat tekan

antara 15–30 MPa, beton sederhana atau beton ringan dipakai untuk non struktural misalnya perkerasan lantai, dinding bukan penahan beban dan lainnya yang memiliki kuat tekan dibawah 10 MPa, untuk beton prategang memiliki kuat tekan antara 30–40 MPa biasanya digunakan untuk balok jembatan dan balok gedung dan adapun beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi yang dipakai pada bantalan rel, tiang pancang, kolom dan balok pada gedung bertingkat (Tjokrodimulyo, 2007).

Cara pengujian tekan beton menurut SNI 03-1974-1990 Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. ambil benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain,
2. tentukan berat dan ukuran benda uji,
3. lapolah (*capping*) permukaan atas beton apabila permukaan beton tidak rata menggunakan mortar belerang,
4. letakkan benda uji pada mesin secara sentris. Sesuai dengan tempat yang tepat pada mesin tes kuat tekan,
5. jalankan benda uji atau mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/m³ per detik,
6. lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji,
7. pengujian kuat tekan beton batu apung ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Besarnya P dapat diketahui dengan pembacaan jarum yang ditunjukkan oleh mesin kuat tekan yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur. Berikut ini gambar 3.2 merupakan gambar simulasi uji tekan beton dan gambar 3.3 merupakan pada saat pengujian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.2 Simulasi Uji Tekan



Gambar 3.3 Uji Tekan Di Lab

2. Kuat Tarik Belah Beton

Uji kuat tarik belah beton dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton. Spesimen silinder direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *Splitting test* atau *Brazilian test* metode ini diciptakan di Brazil.

Cara lain untuk menguji tegangan tarik pada spesimen silinder maupun prisma dilakukan dengan menempelkan benda uji pada suatu pelat besi dengan lem epoxy. Tetapi benda uji harus digergaji dengan gerinda intan untuk menghilangkan pengaruh pengecoran atau vibrasi. Beban pada kecepatan 0,05 MPa/detik sampai runtuh. (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

Tegangan tarik dihitung dengan persamaan :

$$T = \frac{2P}{\pi L D} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dengan : T = Kuat Tarik Beton (MPa)

 P = Beban hancur (N)

 L = Panjang spesimen (mm)

 D = Diameter spesimen (mm)

Cara pengujian tarik beton menurut SNI 03-2491-2012 Untuk melaksanakan pengujian kuat Tarik belah beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

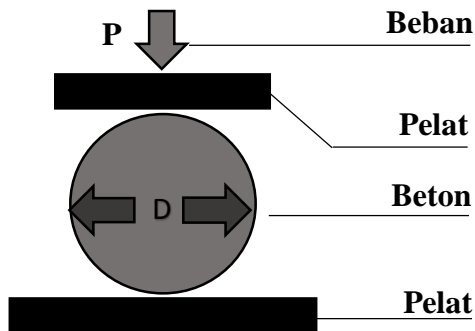
1. Pemberian tanda pada benda uji tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder benda uji dengan mempergunakan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial

yang sama. Sebagai alternatif dapat digunakan alat bantu penandaan garis tengah berbentuk T pada kedua ujung benda tersebut terdiri dari 3 bagian sebagai berikut:

- a. sebuah baja kanal C – 100 yang kedua flensnya sudah diratakan dengan mesin,
 - b. bagian alas dari perlengkapan berbentuk T yang diberi alur yang sesuai dengan tebal kedua flens baja kanal dan celah persegi empat untuk perletakan batang tegaknya,
 - c. bagian tegak dari alat perlengkapan berbentuk T terpasang tegak lurus pada alas bagian tegak tersebut diberi celah yang memanjang, untuk memudahkan pembuatan tanda garis tengah pada kedua ujung benda uji. Alat perlengkapan (rakitan) berbentuk T tersebut tidak terpasang mati pada baja kanal, tetapi dapat dipindahkan dan digeserkan pada kedua ujung baja kanal dengan tidak mengganggu posisi benda uji pada waktu dilakukan penandaan garis tengah pada kedua sisi benda uji.
2. Peralatan bantu ini terdiri dari tiga bagian, sebagai berikut:
- a. bagian alas tempat untuk meletakkan bantalan kayu pembebanan bagian bawah dan benda uji silinder,
 - b. pelat atau batang bantu penekanan yang memenuhi persyaratan, baik ukuran maupun kerataanya,
 - c. dua buah bagian tegak yang kegunaanya untuk meletakkan benda uji pada posisi uji lengkap dengan pelat atau batang penekan tambahan dan bantalan bantu pembebanannya.
3. Tentukan diameter benda uji dengan ketelitian sampai 0,25 mm yang merupakan harga rata-rata dari tiga kali pengukuran diameter pada kedua ujung dan bagian tengah benda uji, pengukuran dilakukan pada garis tanda yang dibuat pada benda uji. Tentukan panjang benda uji dengan ketelitian hingga 2,5 mm yang merupakan harga rata - rata dari paling sedikit dua buah pengukuran pada bidang yang diberi tanda garis pada kedua ujung benda uji.
4. Perletakan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung, sebagai berikut:

- a. letakkan sebuah dari dua bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis pada tengah-tengah pelat menekan bagian-bagian bawah dari mesin uji,
 - b. letakkan benda uji di atas bantalan bantu dari kayu lapis tersebut sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah dan bantalan kayu lapis,
 - c. letakkan bantalan kayu lapis lainnya memanjang di atas silinder sedemikian rupa hingga bagian tengahnya tepat berpotongan dengan tanda garis tengah yang ada pada ujung silinder,
 - d. atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi sebagai berikut :
 - 1) proyeksi dari bidang yang ditandai oleh garis tengah pada keduaujung benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekanan bagian atas dari mesin meja penguji,
 - 2) bila digunakan pelat atau batang penekan tambahan, titik tengahnya dan titik tengah benda uji pada posisi uji, harus berada tepat di bawah titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin penguji.
5. Perletakkan benda uji pada posisi uji dengan menggunakan peralatan bantu benda uji. Cara meletakkannya adalah sebagai berikut :
- a. letakkan bantalan – bantalan bantu pembebanan dari kayu lapis, benda uji dan peralatan tambahan penekan (batang atau pelat penekan tambahan) secara sentris dengan menggunakan peralatan bantu perletakkan benda uji,
 - b. titik tengah pelat penekan tambahan dan titik tengah benda uji pada posisi uji harus berada tepat di bawah titik tengah penekan bagian atas.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Besarnya (P) yang ditunjukkan oleh mesin kuat tarik yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur. Berikut ini gambar 3.4 merupakan gambar simulasi uji tekan beton dan gambar 3.5 merupakan pada saat pengujian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.4 Simulasi Uji Tarik



Gambar 3.5 Uji Tarik di Lab

3. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur, yang dimaksudkan umur disini dihitung sejak beton dicetak, laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat, biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau di tambah dengan bahan kimia (*zat addictife*) dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I. Kenaikan itu dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen *portland*, suhu sekeliling beton, faktor air semen dan faktor yang lain (Tjokrodimulyo, 2007).

4. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Dalam praktek nilai faktor air semen berkisaran antara 0,40 sampai 0,60. Namun apabila nilai fas semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kuat tekan beton tinggi juga, menurut Duff Abrams (1919) dalam Tjokrodimulyo (2007).

5. Perancangan Campuran Beton

Dimaksudkan untuk mengetahui komposisi dan kebutuhan bahan dasar yang ingin dibuat dengan ketentuan yang telah ditetapkan untuk air, agregat halus, agregat kasar dan semen yang akan dipakai serta kebutuhannya sesuai keinginan (Tjokrodimulyo, 2007). Perancangan campuran beton dibuat supaya keinginan pembuat bangunan mudah dikerjakan, murah, awet dan kuat tekannya

sesuai yang disyaratkan. Dalam penelitian mengenai variasi gradasi ukuran batu apung menggunakan metode perancangan campuran beton normal yang dimana untuk mengukur berat kerikil (batu apung) diganti menjadi satuan volume (Tjokrodimulyo, 2007).

6. Faktor Pengali

Menurut SNI-03-2847-1992, tata cara perhitungan pembuatan campuran beton normal, bentuk standar benda uji beton untuk menguji kuat tekan beton adalah silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Apabila bentuk dan ukuran benda uji beton berbeda dengan bentuk dari ukuran standar, maka hasil pengujian harus dikalikan dengan faktor pengali yang tercantum pada tabel 3.4 berikut ini :

Tabel 3.4 Kuat tekan dan faktor pengali untuk berbagai ukuran silinder beton

Ukuran	Silinder	Kuat Tekan (%)	Faktor Pengali
D (mm)	L (mm)		
50	100	108	0,917
75	150	106	0,943
100	200	104	0,962
150	300	100	1,000
200	400	96	1,042

Sumber : (Neville, 1977 dalam Tjokrodimluyo, 2007)

7. *Workability*

Kemampuan untuk dilaksanakan atau dikerjakan yang meliputi bagaimana beton itu mudah untuk dibawa dan mudah dikerjakan, mudah dipadatkan dan mudah dilakukan *finishing*. Dalam pengerjaan beton dapat dilihat pada nilai *slump* yang identik dengan keplastisan beton, semakin plastis beton semakin

mudah pengerjaannya. Unsur–unsur yang mempengaruhi *workability* (Akmaludin, 2009) :

- a. jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton, semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan,
- b. pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton,
- c. gradasi campuran pasir dan kerikil, bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan,
- d. penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan beton, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap,
- e. pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan pengerjaan beton,
- f. cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang sedikit dari pada jika dengan tangan.

8. Berat Jenis

Menurut SNI 03-2847-2002, beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan 2200 kg/m^3 sampai 2500 kg/m^3 dan dibuat dengan menggunakan agregat alam yang dipecah, sedangkan beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam macam pemakaiannya dapat dilihat pada tabel, 3.5 (Tjokroadimuljo, 2007).

Tabel 3.5 Beberapa jenis beton menurut berat jenisnya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2,30 – 2,40	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

Sumber: (Tjokrodimulyo, 2007)

9. Nilai *Slump*

Nilai *slump* adalah salah satu cara untuk mengukur kelecekan beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Sebagai pedoman awal besarnya nilai *slump* untuk berbagai macam pekerjaan beton disarankan untuk menggunakan tabel 3.6 nilai *slump* tersebut bisa diubah jika dalam pelaksanaan kurang memuaskan (Tjokrodimuljo, 2007).

Tabel 3.6 Nilai *slump* beton segar

Pemakaian	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur di bawah tanah	9	2,5
Plat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

Sumber : (Tjokrodimuljo, 2007)

10. *Mix Design*

Proses memilih bahan-bahan pembetonan yang tepat dan memutuskan jumlah atau kuantitas ketergantungan dari bahan-bahan tersebut dengan mempertimbangkan syarat mutu beton, kekuatan (*strength*), ketahanan

(*durability*) dan kemudahan pengerjaan (*workability*) serta nilai ekonomisnya (Anonim, 1991).