

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton Ringan

Beton ringan didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu kerikil (batu apung) atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu, guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. (Dipohusodo, 1994)

Beton ringan berdasarkan unsur pembentuknya dibedakan menjadi 3 macam. Klasifikasi beton ringan sebagai berikut:

1. Beton ringan dengan agregat ringan

Berdasarkan berat jenis beton dengan agregat ringan yang kering udara sangat bervariasi, tergantung pada pemilihan agregatnya, apakah menggunakan pasir alam atau agregat pecah ringan yang halus. Batas maksimum dari berat jenis beton ringan adalah 1850 kg/m^3 . Tetapi untuk menjaga kepadatan beton agar tetap rendah, pemakaian pasir alam dibatasi hanya 15% - 30% dari volume agregat.

2. Beton ringan tanpa pasir.

Beton ini tidak menggunakan agregat halus (pasir) pada campurannya sehingga sering disebut beton non pasir (*Non Fines Concrete*). Karena tidak menggunakan pasir, maka beton yang dihasilkan akan memiliki

rongga-rongga yang banyak. Berat isi berkisar antara 880 – 1200 kg/m³ dan mempunyai kekuatan berkisar 7 – 14 MPa.

3. Beton ringan yang diperoleh dengan memasukkan udara dalam adukan atau mortar.

Beton ringan yang dibuat dari adukan semen yang dicampuri udara dibuat dengan memasukkan udara atau gas yang dibentuk secara khusus kedalam pasta semen sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan memiliki pori. Memiliki berat berkisar antara 200 – 1440 kg/m³.

Berdasarkan semua klasifikasi dari unsur pembentuk dari beton ringan tersebut, beton ringan dengan agregat ringan masih bisa untuk dijabarkan lagi menjadi 3 golongan (Prawito,2010) , menurut kepadatan dan juga kekuatan dari beton yang dihasilkan, yaitu :

1. Beton insulasi (*insulating concrete*)

Beton ringan dengan berat (*density*) antara 300 kg/m³ – 800 kg/m³ dan berkekuatan tekan sekitar 0,69-6,89 MPa, yang biasanya digunakan sebagai beton penahan panas (insulasi panas) disebut juga *low density concrete*. Beton ini banyak digunakan untuk keperluan insulasi, karena mempunyai kemampuan konduktivitas panas yang rendah, serta untuk peredam suara. Jenis agregat yang biasa digunakan adalah *Perlite* dan *Vermiculite*.

2. Beton ringan dengan kekuatan sedang

Beton ringan dengan berat (*density*) antara 800 kg/m³ – 1440 kg/m³ yang biasanya dipakai sebagai beton struktural ringan atau sebagai pengisi

(*fill concrete*). Beton ini terbuat dari agregat ringan buatan seperti: terak (*slag*), abu terbang, batu sabak (*slate*), lempung, batu serpih (*shale*), dan agregat ringan alami seperti *pumice*, *scoria*, dan *tufa*. Beton ini biasanya memiliki kuat tekan berkisar 6,89 – 17,24 MPa

3. Beton Struktural (*Structural Concrete*)

Beton ringan dengan berat (*density*) antara 1440 kg/m³ – 1850 kg/m³, yang dapat dipakai sebagai beton struktural jika bersifat mekanik (kuat tekan) dapat memenuhi syarat pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan berkisar >17,42 MPa. Untuk mencapai kekuatan sebesar itu, beton ini dapat memakai agregat kasar seperti *pumice*, *expanded shale*, *clays*, *slate*, dan *slag*.

3.2. Semen Portland

Bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis. Yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Kandungan silikat dan aluminium pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi terjadi apabila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung dalam 2 arah, yaitu keluar dan ke dalam (Siswanto, 2012). Fungsi utama dari semen ini adalah melekatkan antara agregat – agregat sehingga dapat menyatu dan mengeras seperti batuan.

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

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

3.3. Air

Air adalah sesuatu yang sangat penting dalam membuat adukan beton. Karena fungsi utama dari air adalah untuk membantu reaksi kimia pada semen dan juga bahan tambah agar dapat menyatu menjadi satu, selain itu air juga dapat mempermudah membuat adukan beton, proses pengerjaan menjadi lebih mudah. Jumlah dari banyak sedikitnya air yang digunakan juga berpengaruh pada kekuatan beton itu sendiri. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang

(*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimuljo,1996).

Air yang digunakan dalam adukan campuran beton memiliki beberapa persyaratan seperti :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram / liter.
2. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dll)
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.4. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang terdiri dari pasir alam, pasir buatan, dan juga gabungan dari keduanya. Agregat dikatakan sebagai agregat halus jika butirannya kurang atau sama dengan 4,75 mm.(No. 4 ASTM C33). Ada pun beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh agregat halus adalah berbutir tajam, bersifat kekal (tidak mudah pecah dan hancur) untuk ketahanan terhadap perubahan lingkungan (panas, hujan), tidak mengandung lumpur lebih dari 5% tidak mengandung bahan organik. Dalam buku perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton, agregat halus (beton) dapat dibagi menjadi 4 jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan juga kasar. (Tjokrodimuljo, 1996) Gradasi pada pasir seperti di dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1. Tabel Gradasi Butiran Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Butir Yang Lolos Ayakan Dalam Persen			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : Tjokrodinuljo, 1996

3.5. Batu Apung

Batu apung adalah agregat ringan alam yang diperoleh dari proses vulkanik gunung berapi. Batu apung biasanya memiliki warna yang terang atau keputih – putihan. Berat dari batu apung itu sendiri sangat ringan (300 – 800 kg/m³), karena batu tersebut berpori. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung berapi yang mengeluarkan materialnya ke udara. Karena beratnya yang sangat ringan tersebut maka batu apung sangat cocok digunakan sebagai agregat penyusun beton ringan.

3.6. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Pemberian bahan tambah pada adukan beton bertujuan untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak - retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan (Tjokrodinuljo, 1996). Campuran dalam adukan beton itu adalah zat kimia tambahan (*chemical additive*) dan mineral – material tambahan. Dengan zat kimia

tambahan maka akan mempengaruhi kondisi beton secara kimia, sedangkan dengan mineral – material tambahan adalah berupa agregat yang memiliki karakteristik tertentu. Dengan adanya penambahan zat kimia atau mineral – material tambahan ini dapat merubah sifat dari beton menjadi lebih baik. Sehingga sesuai dengan kondisi dan juga tujuannya yang diinginkan. Bahan tambah ini juga tidak hanya digunakan sebagai penambah, tetapi juga bisa digunakan sebagai substitusi atau pengganti material utama penyusun beton.

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat dan volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah. Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*). (Setiawan, 2015)

Berdasarkan SNI S-18-1990-03 tujuan penggunaan bahan tambah (*admixture*) untuk campuran pada beton. Berdasarkan tujuan yang diharapkan terdapat beberapa tujuan penggunaan zat kimia diantaranya sebagai berikut ini :

1. *Water reduction.* (Zat kimia untuk mengurangi penggunaan air pada beton)

Hal ini dimaksudkan agar diperoleh adukan dengan nilai fas yang tetap dengan kekentalan yang sama atau dengan fas tetap, tapi didapatkan adukan beton yang lebih encer. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh kuat tekan yang lebih tinggi, dengan tidak mengurangi kekentalannya, atau diperoleh beton dengan kuat tekan yang sama, tapi adukan dibuat menjadi lebih encer agar lebih memudahkan dalam penuangan.

2. *Retarder.* (zat kimia untuk memperlambat proses ikatan campuran beton)

Biasanya diperlukan untuk beton yang tidak dibuat dilokasi penuangan beton. Proses pengikatan campuran beton sekitar 1 jam. Sehingga apabila sejak beton dicampur sampai penuangan memerlukan waktu lebih dari 1 jam, maka perlu ditambahkan zat kimia ini. Zat tambahan ini diantaranya berupa gula, sucrose, sodium gluconate, glucose, citric acid, dan tartaric acid.

3. *Accelerators.* (zat kimia untuk mempercepat ikatan dan pengerasan campuranbeton)

Diperlukan untuk mempercepat proses pekerjaan konstruksi beton, pencampuran beton dilakukan di tempat atau dekat dengan penuangannya. Zat tambahan yang digunakan adalah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan NaNO_3 . Namun demikian, lebih dianjurkan menggunakan yang

nitrat, karena penggunaan khlorida dapat mempercepat terjadinya karat pada penulangan. Pada kenyataan di lapangan terkadang diperlukan kondisi kombinasi dari ketiga perilaku penambahan zat kimia tersebut yaitu untuk mengurangi penggunaan air dan memperlambat proses ikatan campuran beton, atau untuk mengurangi air dan mempercepat waktu pengikatan serta pengerasan campuran beton.

GleniumACE 8590 adalah bahan tambah yang memiliki sifat sebagai *water reduction* (Zat kimia yang dapat mengurangi penggunaan air pada beton). Penggunaan Glenium ACE 8590 sebagai bahan tambah dari beton dengan dosis 0,5% - 1,5% untuk menambah kuat tekan beton, terutama pada umur awal beton. Sedangkan kekuatan maksimal dari beton dengan penambahan glenium tersebut akan tercapai pada umur 28 hari. Keuntungan dengan menggunakan glenium adalah :

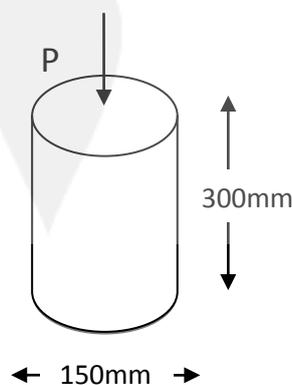
1. *High Water Reduction*
2. Mempercepat waktu pengerasan
3. Meningkatkan kualitas beton
4. Meningkatkan *workability*
5. Penampilan beton menjadi lebih baik.

Master Glenium ACE 8590 ini terutama cocok untuk kontruksi yang membutuhkan *workability* yang baik dan juga memiliki kekuatan beton yang tinggi diawal dan di akhir pada umur 28 hari. Contoh aplikasi Master Glenium ACE 8590 adalah sebagai berikut (Setiawan, 2015):

1. Untuk memproduksi beton pracetak
2. Untuk pengecoran beton yang susah dijangkau oleh *vibrator*
3. Untuk membuat beton pada saat cuaca panas
4. Untuk *In situ Casting*

3.7. Kuat Tekan

Kuat tekan beton dapat diartikan sebagai kemampuan beton menahan gaya tekan persatuan luas. Nilai kuat tekan beton diperoleh dari perbandingan antara beban yang dapat ditanggung beton hingga hancur dengan luas penampang yang diuji. Kuat tekan mengidentifikasi mutu beton dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dari bangunan yang dikehendaki, maka semakin tinggi juga mutu beton yang dihasilkan. (Mulyono, 2004) Kuat tekan beton biasanya diuji dengan menggunakan silinder. Dimensi dari silinder tersebut adalah dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 7 dan 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1994)



Gambar 3.1. Benda Uji Silinder

Rumus yang digunakan pada persamaan (3-1) untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3 - 1)$$

Keterangan : $f'c$ = Kuat Tekan (MPa)
 P = Beban Tekan (N)
 A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

Menurut Tjokrodimuljo (1996) pada dasarnya kuat tekan beton tergantung pada tiga hal, yaitu :

1. Kekuatan pasta (air dan semen)
2. daya rekat antara pasta dan permukaan butir-butir agregat,dan
3. Kuat tekan agregat

Jika ketiga hal terbut dapat terpenuhi dengan baik dan benar, maka kekuatan maksimal dari beton yang diinginkan dapat dicapai.

3.8. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil regangan yang terjadi karena modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai regangan.

Nilai modulus elastisitas ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan, kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan regangan beton. Semakin tegak kurva dan memiliki garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin

bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekuatan material sehingga kurva tidak linier lagi. Biasanya modulus sekan mempunyai nilai 25 – 50% dari kuat tekan $f'c$ yang diambil sebagai modulus elastisitas (Wang & Salmon, 1986)

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad (3 - 2)$$

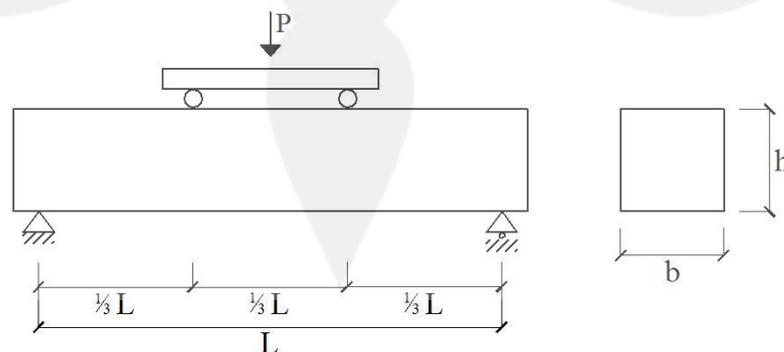
$$f = \frac{P}{A_o} \quad (3 - 3)$$

$$\varepsilon = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \quad (3 - 4)$$

Keterangan : E = Modulus Elastisitas (MPa)
 f = Tegangan (MPa)
 ε = Regangan
 P = Beban desak (kg)
 A_o = Luas Tampang Beton (cm^2)
 l = Panjang (waktu yang memendek) waktu ada tegangan (cm)
 l_o = Panjang awal benda uji (cm)
 Δl = Perubahan panjang benda uji (cm)

3.9. Kuat Lentur Balok

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu yang diberikan padanya sampai balok beton patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) (SNI 03-4431-1997)



Gambar 3.2. Benda Uji Balok

Menurut SNI 03-4431-1997, kuat lentur beton dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (3-5)$$

Keterangan : σ = Kuat Lentur (MPa)

P = Beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji (N)

L = Panjang bentang antara kedua balok tumpuan (mm)

b = Lebar tampang lintang pada arah horizontal (mm)

h = Tinggi tampang lintang patah arah vertikal (mm)

2. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma = \frac{3.P.a}{b.h^2} \quad (3-6)$$

Keterangan : σ = Kuat Lentur (MPa)

P = Beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji (N)

b = Lebar tampang lintang pada arah horizontal (mm)

h = Tinggi tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang. Untuk benda uji yang patahnya diluar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.