

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Semakin berkembangnya teknologi dalam bidang pembangunan, beton adalah salah satu bahan bangunan yang sangat banyak dipakai secara luas. Beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil (Wuryati dan Candra, 2001). Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Penggunaan konstruksi beton diminati karena beton memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, seperti ketahannya terhadap api, awet, kuat tekan yang tinggi dan dalam pelaksanaannya mudah untuk dibentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Tetapi konstruksi beton juga mempunyai kelemahan-kelemahan, antara lain kemampuan menahan tarik yang rendah sehingga konstruksinya mudah retak jika mendapatkan tegangan tarik.

Menurut Mulyono, (2004) sebagai bahan konstruksi, beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton antara lain.

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
2. Mampu memikul beban yang berat.
3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
4. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekurangan beton antara lain.

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
3. Berat.
4. Daya pantul suara yang besar.

3.2 Beton Ringan

Beton normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat sendiri mencapai 2400 kg/cm^3 . Untuk mengurangi beban mati pada suatu struktur beton maka telah banyak dipakai jenis beton ringan (Sutrisno dan Widodo, 2013). Menurut Standar nasional Indonesia 03-2847 tahun 2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 .

Menurut Prawito (2010), ada beberapa cara untuk memproduksi beton ringan tetapi itu semuanya hanya tergantung pada adanya rongga udara dalam agregat, atau pembuatan rongga udara dalam beton. Beberapa cara tersebut, yakni:

1. Beton ringan dengan bahan batuan yang berongga atau agregat ringan buatan yang digunakan juga sebagai pengganti agregat kasar/kerikil. Beton ini memakai agregat ringan yang mempunyai berat jenis yang rendah (berkisar $1400 \text{ kg/m}^3 - 2000 \text{ kg/m}^3$)
2. Beton ringan tanpa pasir (*No Fines Concrete*), dimana beton tidak menggunakan agregat halus (pasir) pada campuran pastinya atau sering disebut beton non pasir, sehingga tidak mempunyai sejumlah besar pori-

pori. Berat isi berkisar antara $880 - 1200 \text{ kg/m}^3$ dan mempunyai kekuatan berkisar $7 - 14 \text{ MPa}$.

3. Beton ringan yang diperoleh dengan memasukkan udara dalam adukan atau mortar (beton *aerasi*), sehingga akan terjadi pori-pori udara berukuran $0,1 - 1 \text{ mm}$. Memiliki berat isi $200 - 1440 \text{ kg/m}^3$.

3.3 Semen Portland

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen merupakan bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis (*hydraulic cements*) (Sutrisno dan Widodo, 2013).

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut.

1. Jenis I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Jenis II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Jenis IV semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Bahan utama pembentuk semen portland adalah *kapur* (CaO), *silica* (SiO₂), *alumina* (Al₂O₃), sedikit *magnesia* (MgO), dan terkadang sedikit *alkali*. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan *oksida besi*, sedangkan *gypsum* (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Komposisi senyawa utama dan senyawa pembentuk dalam semen portland dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Susunan unsur semen portland

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3.0-8.0
Besi (Fe ₂ O ₃)	0.5-6.0
Magnesia (MgO)	0.5-4.0
Sulfur (SO ₃)	1.0-2.0
Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0.5-1.0

Sumber : Tjokrodinuljo, 1996

3.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25

persen berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air-semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen yang bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil (Tjokrodimulyo, 1996).

3.5 Agregat

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton atau adukan semen hidrolis. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat. Dimana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990). Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka peran agregat menjadi sangat penting. Karena itu karakteristik dari

agregat perlu dipelajari dengan baik, sebab agregat dapat menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan (Mulyono, 2004). Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar (kerikil, batu pecah, batu apung, dan lain-lain) dan agregat halus (pasir).

3.5.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar (antara 5 mm sampai 40 mm). Sifat dari agregat kasar akan mempengaruhi kekuatan akhir dari beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya (Tjokrodimuljo, 1996).

Menurut Tjokrodimuljo, 1996, agregat kasar dapat dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu sebagai berikut.

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis 2,3 gram/cm³ dan biasa disebut beton normal.

2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gram/cm³. Misalnya *magnetil* (Fe₃O₄), *barites* (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu

sampai dengan 5 gram/cm^3 yang digunakan sebagai dinding pelindung atau radiasi sinar X.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm^3 misalnya batu apung (*pumice*), tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*) dan busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

Pemilihan agregat ringan dapat ditentukan berdasarkan tujuan konstruksi seperti terlihat pada tabel 3.2 (SK SNI T-03-3449-2002).

Tabel 3.2 Jenis Agregat Ringan Yang Dipilih Berdasarkan Tujuan Konstruksi

KONSTRUKSI BANGUNAN		BETON RINGAN		JENIS AGREGAT RINGAN
		KUAT TEKAN (MPa)	BERAT ISI (Kg/m ³)	
Struktural	Minimum	17,24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu
	Maksimum	41,36	1850	Serpilh, batu lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Struktural Ringan	Minimum	6,89	800	Agregat ringan alam : scoria atau batu apung
	Maksimum	17,24	1400	
Struktural Sangat Ringan Sebagai Isolasi	Minimum	-	-	Perlit atau Vemikulit
	Maksimum	-	8000	

Sumber : SK SNI T-03-3449-2002

3.5.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu, dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200.

Adapun persyaratan-persyaratan agregat halus yang diperlukan agar agregat dapat digunakan sebagai campuran beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971) adalah sebagai berikut.

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
2. Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Jika lebih dari 5% maka agregat harus dicuci.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis yang terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder* (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi persyaratan dari percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak boleh kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan NaOH 3%, yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.

4. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan berturut-turut 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, harus memenuhi syarat berikut
- Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus minimum 80%-95% berat.
5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

Agregat halus digolongkan menjadi 3 golongan, yaitu pasir galian, pasir sungai dan pasir laut (Mulyono, 2004). Penggolongan agregat halus menurut gradasinya dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Butir Yang Lewat Ayakan (%)			
	Kasar	Agak Kasar	Halus	Agak 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 : Mulyono, 2004

3.6 Batu Apung

Batu apung adalah salah satu agregat yang berasal dari alam, biasanya berasal dari muntahan lahar panas gunung berapi, kemudian dilanjutkan proses pendinginan secara alami dan terendapkan didalam lapisan tanah selama bertahun-tahun. Batu apung (*pumice*) berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat (Prasetyo dan Nursyamsi, 2013)

3.7 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah *admixture* berupa Glenium ACE 8590, dan bahan tambah *additive* berupa *fly ash*.

3.7.1 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. Menurut (Maryoto, 2008), *fly ash* adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara pada Boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus *amorf* dan bersifat *pozzoland*, sehingga

abu tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air membentuk senyawa yang bersifat *pozzoland* tersebut. Dengan adanya sifat *pozzoland* tersebut, abu terbang mempunyai prospek untuk digunakan dalam berbagai keperluan bangunan.

Pengaruh utama dalam penggunaan *fly ash* adalah pemakaian air dan *workability*. Untuk *workability* yang tepat, penggunaan air akan berkurang 5-15% pada campuran semen + *fly ash* bila dibandingkan dengan semen murni. Pengurangan air pada campuran agregat akan menyebabkan peningkatan faktor air semen. Karena apabila faktor air semen lebih tinggi, maka akan diperoleh pula kuat tekan mortar yang lebih tinggi pula (Maryoto, 2008).

Menurut (Mulyono, 2004), abu terbang (*fly ash*) memiliki kadar silikat dan aluminat yang reaktif yang dapat dimanfaatkan untuk mengikat kapur bebas (Ca(OH)_2) dari hasil sampingan antara air dan semen menjadi *tobermorite*, dengan bentuk reaksi sebagai berikut :



Fly ash digolongkan menjadi dua macam menurut jenis batubara yang digunakan, yaitu tipe C dan tipe F. *Fly Ash* tipe C berasal dari hasil pembakaran batubara jenis *Lignite* atau *Sub-bituminos* sedangkan *fly ash* tipe F dihasilkan dari *anthracite* atau *bituminos*. Selain itu *fly ash* tipe C berwarna lebih terang (putih) bila dibandingkan tipe F yang berwarna lebih gelap (Abu-abu), hal ini dikarenakan jumlah karbon yang tidak terbakar didalam *fly ash* tipe C lebih

banyak dari pada tipe F. Selain itu *fly ash* tipe F memiliki sifat *Pozolanik* dan *Hidrolis* lebih tinggi dari pada tipe C.

Tabel 3.4 Kandungan Kimia *Fly Ash*

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida Silika (SiO ₂)+Oksida Alumina (Al ₂ O ₃)+Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70,0	50,0
Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum%	5,0	5,0
Kadar Air, maksimum %	3,0	3,0
Kehilangan Panas, maksimum %	6,0	6,0

Sumber : Mulyono (2004)

3.7.2 Glenium ACE 8590

Glenium adalah jenis bahan tambah kimia untuk mengurangi kadar air (*waterreducer*) dan mempercepat waktu ikat (*accelerator*). Sesuai dengan namanya (*water reducer*), *admixture* jenis ini berguna untuk mengurangi air campuran tanpa mengurangi *workability*. *Admixture* ini juga dapat mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera atau sebagai *accelerator*. Glenium dapat digunakan pada batas pemakaian dosis 0,5 liter – 2 liter dari 100 kg semen (Yolanda dkk, 2015).

Penambahan Glenium ACE 8590 sendiri, pada dosis 0,5% - 1,5% kuat tekan beton relatif mengalami kenaikan terutama di umur awal beton, dan mengalami kenaikan kuat tekan secara maksimal di umur beton 28 hari.

3.8 Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji silinder standar adalah tinggi 30 cm, diameter 15 cm.

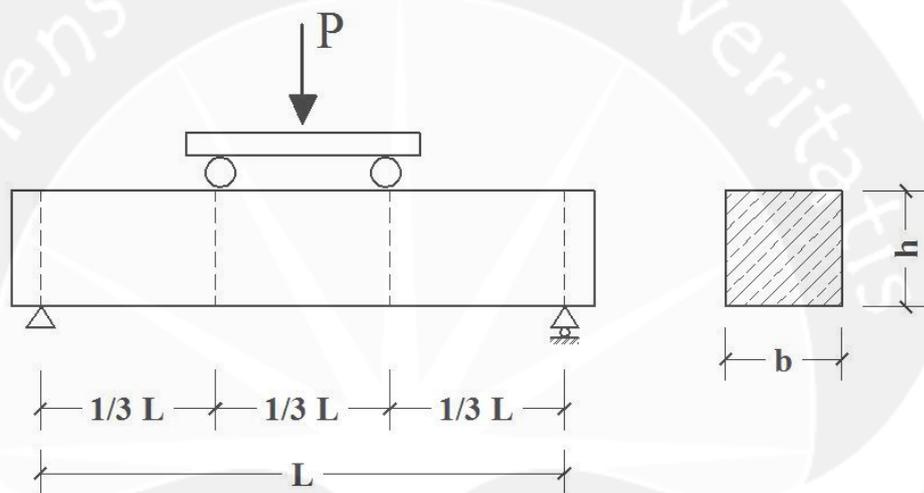
3.9 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan tolak ukur dari sifat elastisitas suatu bahan 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 tekan mempunyai nilai 25-50% dari kuat tekan

f'_c yang diambil sebagai modulus elastisitas (Wang & Salmon, 1986).

3.10 Kuat Lentur

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 3.1. Benda Uji Balok

Keterangan : b : 100 mm
 h : 100 mm
 L : 450 mm

Rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur balok beton adalah 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 :

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

- Keterangan :
- σ : Kuat lentur (MPa)
 - P : Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)
 - L : Panjang bentang antara kedua balok tumpuan (mm)
 - b : Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
 - h : Tinggi tampang lintang patah arah vertikal (mm)

