

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Beton**

##### **1. Pengertian Beton**

Beton merupakan salah satu bahan gabungan dari suatu material-material diantaranya semen *Portland*, agregat (agregat kasar dan agregat halus), dan air. Beton merupakan material yang bersifat getas. Menurut Mulyono (2005), beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dari material pembentuknya.

##### **2. Faktor yang menentukan keberhasilan dalam pemembuat beton**

Ada beberapa faktor utama yang bisa menentukan keberhasilan dalam membuat beton, diantaranya adalah :

- a. Keadaan semen,
- b. Faktor air semen (fas),
- c. Kualitas agregat halus (pasir),
- d. Kualitas agregat kasar,
- e. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton,
- f. Pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan.

##### **3. Kelebihan dan Kekurangan Beton**

Kelebihan beton menurut Mulyono (2005):

- a. Beton segar dapat dengan mudah diangkat maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang tergantung keinginan,
- b. Termasuk bahan awet, tahan *aus*, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh lingkungan, sehingga biaya perawatannya murah,
- c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi,
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil,
- e. Kuat tekannya tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) maka mampu memikul beban yang berat,

Kekurangan beton menurut Mulyono (2005):

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah,
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi,
- c. Berat,
- d. Kuat tarik yang kecil sehingga mudah retak,
- e. Daya pantul suara yang keras,
- f. Mengalami kembang susut akibat perubahan suhu.

#### 4. 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 desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Nilai kuat tekan beton seringkali menjadi parameter utama untuk mengenali kinerja beton, karena kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum  $f_c'$  dengan satuan  $\text{kg/cm}^2$  atau MPa. Nilai kuat tekan beton umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, oleh karena itu untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja (Tjokrodinuljo, 2007).

Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 (SNI 031974-1990).



Gambar 3.1 Kuat tekan benda uji slinder

$$F_c' = P/A \dots\dots\dots 3.1$$

dengan:

$F_c'$  = Kuat tekan kubus beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (kg)

A = Luas bidang tekan (cm<sup>2</sup>)

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat sempel benda uji berbentuk silinder dan kubus untuk di uji kekuatannya. Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan berbentuk silinder.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis sebagaimana terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

<b>Jenis Beton</b>	<b>Kuat Tekan</b>
Beton Sederhana ( <i>plain Concrete</i> )	Sampai 10 MPa
Beton Normal (Beton Biasa)	15-30 MPa
Beton Pra Tegang	30-40 MPa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 MPa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 MPa

Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007).

Beton relatif kuat menahan tekan. Keruntuhan beton sebagian disebabkan karena rusaknya ikatan pasta dan agregat. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor.

Faktor – faktor yang mempengaruhi keruntuhan beton adalah :

- a. Pengaruh cuaca berupa pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh pergantian panas dan dingin,
- b. Daya perusak kimiawi, seperti air laut (garam), asam sulfat, alkali, limbah, dan lain-lain,
- c. Daya tahan terhadap aus (abrasi) yang disebabkan oleh gesekan orang berjalan kaki, lalu lintas, gerakan ombak, dan lain-lain.

## 5. Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan sebanding (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil (Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I. Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya.

Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum kekuatan beton tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis semen *portland*, suhu sekeliling beton, faktor air semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rasio kuat tekan beton berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen <i>portland</i> biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen <i>Portland</i> dengan mutu tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber : PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodinuljo (2007 )

### B. Bahan Penyusun Beton

Semen yang diaduk dengan air akan membentuk pasta semen. Jika pasta semen ditambah dengan pasir akan menjadi mortal semen. Jika ditambah lagi dengan krikil atau batu pecah itu disebut beton.

Pada umumnya, beton mempunyai rongga udara sekitar 1-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25-40% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60-75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik beton mempunyai karakteristik yang spesifiknya terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

### 1. Semen Portland

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gips* sebagai bahan pembantu (Tjokrodimuljo, 2007).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2005).

Dalam pencampuran beton semen dan air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi (Tjokrodimulyo, 2007).

Tabel 3.3. Susunan Unsur Semen *Portland*

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17 – 25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 – 8
Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1 – 2
Soda/Potash (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	0,5 – 1

Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007)

Sifat – sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susun kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen *Portland*.

Walaupun kompleks, namun pada dasarnya menurut (Tjokrodimuljo, 2007) disebutkan 4 unsur yang paling penting untuk pembentukan semen yaitu:

a. *Trikalsium silikat* ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.SiO_2$

Senyawa ini segera mulai berhidrasi dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama pada 14 hari sebelumnya.

b. *Dikalsium silikat* ( $C_2S$ ) atau  $2CaO.SiO_2$

Senyawa ini bereaksi dengan air lebih lambat, sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari.

c. *Trikalsium aluminat* ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.A1_2O_3$

Senyawa ini berhidrasi dan bereaksi sangat cepat, sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi dan memberikan kekuatan setelah 24 jam.

d. *Tetrakalsium aluminoforit* ( $C_4AF$ ) atau  $4CaO.A1_2O_3.Fe_2O_3$

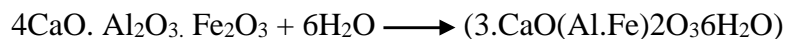
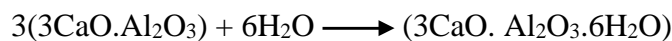
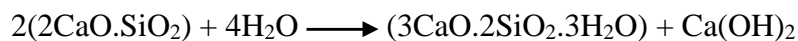
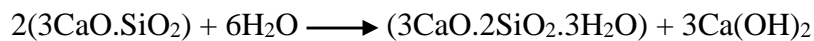
Senyawa ini kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

Perbedaan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Semen *portland* di Indonesia [Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam, (SK SNI S-04-1989F)] semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.

- b. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Proses hidrasi yang terjadi pada semen *portland* dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Hasil utama yang terjadi pada semen *Portland* adalah  $3\text{CaO}.\text{2SiO}_2.\text{3H}_2\text{O}$  atau  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  atau CSH yang biasa disebut *tobermorite* yang berbentuk gel. Hasil yang lain berupa kapur bebas  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  merupakan sisa dari reaksi antara  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_2\text{S}$  dengan air. Kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

## 2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodinuljo, 2007).

Untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang berkualitas baik pula. Agregat yang baik untuk pembuatan beton sebaiknya memenuhi

persyaratan (Tjokrodimuljo, 1996) sebagai berikut :

- a. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut,
- b. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar,
- c. Tidak mengandung zat organik,
- d. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara,
- e. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca,
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam pelaksanaannya agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu :

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- b. Kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm,
- c. Pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), berdasarkan berat jenisnya agregat juga dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a. Agregat normal

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basal, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 juga dapat disebut beton normal.

- b. Agregat berat

Berat jenis agregat ini lebih dari 2,8 misalnya magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), barites ( $\text{BaSO}_4$ ), atau sebuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi (sampai 5) yang efektif sebagai dinding pelindung/perisai radiasi sinar X.

- c. Agregat ringan

Agregat ini mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton ringan kurang dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ . Beton biasanya dipakai untuk elemen-non-struktural, akan tetapi mungkin pula



untuk elemen struktural-ringan. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga struktur pendukungnya dan fondasinya lebih kecil.

Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan, misalnya :

- 1) Agregat ringan alami misalnya: *diatomite, pumice, volcanic cinder*,
- 2) Agregat ringan buatan misalnya: tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*sintered fly-ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*).

Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah (misalnya kerikil) atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam, membakar tanah liat, dan sebagainya.

Agregat pecahan batu (kerikil maupun pasir) diperoleh dengan memecah batu menjadi butiran sebesar yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecah, mengayak, dan seterusnya.

Pori-pori dalam butir agregat mungkin terisi air. Berdasarkan banyaknya kandungan air di dalam agregat, maka kondisi agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat kandungan airnya, yaitu :

(Tjokrodinuljo, 2007) :

- a. Kering tungku yaitu keadaan dimana butiran agregat benar-benar tidak berisi air.
- b. Kering udara yaitu keadaan dimana butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butirnya kering. Oleh karena itu agregat pada kondisi ini masih dapat menyerap air.
- c. Jenuh kering muka yaitu keadaan dimana pada permukaan butir agregat tidak ada air, akan tetapi di dalam butir agregat berisi air. Agregat pada kondisi ini tidak menyerap air dan tidak menambah jumlah air.
- d. Basah yaitu kondisi dimana butir-butir agregat mengandung banyak air, baik di permukaan maupun di dalam butiran agregat. Sehingga bila digunakan dalam adukan akan menambah jumlah air.

Gradasi adalah distribusi ukuran butir dari agregat. Butiran agregat yang memiliki ukuran yang sama (seragam) akan membuat volume pori antara

agregat menjadi semakin besar dan butiran agregat dengan ukuran yang bervariasi akan membuat volume pori antara agregat menjadi semakin besar dan butiran agregat dengan ukuran yang bervariasi akan membuat volume pori antara agregat menjadi kecil (Tjokrodimuljo, 1996).

### 3. Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran beton. Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan.

Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri serta mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan membuat tekan beton menjadi lemah.

Dalam pemakaian air untuk adukan beton sebaiknya air memenuhi persyaratan ( Tjokrodimuljo,2007 ) sebagai berikut :

- a. Air harus bersih,
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh dari 2 gram per liter,
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton ( asam, zat organik, dan sebagainya ) lebih dari 15 gram/liter,
- d. Tidak mengandung *khlorida* ( Cl ) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan khlorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter,
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat ( sebagai  $SO_3$  ) lebih dari 1 gram/liter.

### C. Agregat Kasar Pecahan Bata Ringan

Bata ringan merupakan sebuah bahan bangunan yang berbentuk persegi panjang yang berwarna putih dan memiliki pori di dalamnya, bentuknya menyerupai bahan bangunan batako. Bata ringan itu sendiri memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Panjang = 60 cm
- Tinggi = 20 cm
- Lebar = 7,5 cm - 10 cm
- Berat = 650 kg/m<sup>2</sup>
- Kuat tekan = 4,0 N/mm<sup>2</sup>



Gambar 3.2. Bata Ringan

Bata Ringan terbuat dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan aluminium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi). Setelah adonan tercampur sempurna, nantinya akan mengembang selama 7-8 jam. Aluminium pasta yang digunakan dalam adonan tadi, selain berfungsi sebagai pengembang berperan juga dalam mempengaruhi kekerasan beton. Volume aluminium pasta ini berkisar 5%-8% dari adonan yang dibuat, tergantung kepadatan yang diinginkan. Dalam penelitian yang akan dilaksanakan peneliti menggunakan agregat kasar lolos saringan 16 mm, 22,4 mm, dan 25 mm.

### D. Perencanaan Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan jumlah komposisi yang tepat antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Perancangan adukan beton bertujuan untuk mendapatkan beton yang baik sesuai dengan bahan dasar yang tersedia (Tjokrodimuljo, 2007). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan sesuai rencana pada usia 28 hari,
2. Sifat mudah dikerjakan (*workability*),
3. Sifat awet,
4. Ekonomis.

Dalam perancangan campuran beton (*mix design*) ini menggunakan SK SNI : 03-2834-2002 (Tjokrodimuljo, 2007). Langkah-langkah pokok cara perancangan campuran beton (*mix design*) menurut standar ini dapat dilihat pada Lampiran 12.

### E. Slump

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan adukan beton segar, yang berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah dikerjakan. Sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penetapan nilai *slump* adukan beton.

No	Pemakaian beton	<i>Slump</i> (cm)	
		maksimum	Minimum
1	Dinding, plat pondasi, pondasi telapak	12,5	5,0
2	Pondasi telapak bertulang struktur bawah	9	2,5
3	Plat, balok bertulang, kolom, dinding	15	7,5
4	Pengeras jalan	7,5	5
5	Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

### F. Perawatan Beton

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira-kira selama 28 hari). Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air didalam beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonya (Tjokrodimuljo, 2007 ).

Untuk menghindari terjadinya retak-retak pada beton karena proses hidrasi yang terlalu cepat, maka dilakukan perawatan beton dengan cara :

1. menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab,
2. menaruh beton segar di atas genangan air, dan
3. menaruh beton segar di dalam air.

### G. Berat Jenis Beton

Tabel 3.5 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

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

Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007).

Beton ringan, beton jenis ini sama dengan beton biasa perbedaannya hanya agregat kasarnya diganti dengan agregat ringan. Selain itu dapat pula dengan beton biasa yang diberi bahan tambah yang mampu membentuk gelembung udara waktu pengadukan beton berlangsung beton semacam ini mempunyai banyak pori sehingga berat jenisnya lebih rendah daripada beton biasa.