

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU BATA  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN**



**DISUSUN OLEH:**

**MURSADIRUL ALFIQRY M**

**D121 14 018**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan*

Disusun Oleh :

Nama : Mursadirul Alfiqy M D121 14 018

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 22 Mei 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.  
NIP. 19721119 200121001

Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.  
NIP. 197312012000122001

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng. Muralia Hustom, S.T., M.T.  
NIP. 197204242000122001



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan ridho-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul ***“Penaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan”***. Shalawat dan salam selalu tucurahkan kepada junjungan seluruh umat manusia Nabi Muhammad SAW, pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat manusia. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang telah diberikan, serta untuk seluruh keluarga besar kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa demi kelancaran penelitian ini.

Dalam proses penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, karenanya penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr.Eng.Kartika Sari. .S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Bapak Dr.Eng.Akbar Caronge, S.T.,M.T.. dan Ibu Dr. Eng. Asiyanti T. do, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah menyediakan waktunya uk memberi masukan kepada penulis.



5. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama masa perkuliahan. .
6. Untuk partner TA penulis, saudari Nurhafizah Basir, Aulia Mashyta Arifin dan saudara Muh. Hidayat atas kerjasamanya dan selalu setia saling membantu baik dalam keadaan senang maupun susah semenjak pembuatan sampel hingga penulisan tugas akhir ini selesai.
7. Untuk teman-teman pengurus HMTL FT-UH periode 2017/2018 yang telah menemani dan mendedikasikan waktu, tenaga dan pikirannya untuk HMTL FT-UH dan membantu penulis selama satu periode kepengurusan.
8. Untuk teman-teman di SCP
9. Untuk teman-teman Portal 2015 yang telah berbagi cerita bersama baik dalam suka maupun duka dan telah mengajarkan arti kebersamaan, solidaritas serta nilai dari sebuah proses.
10. Untuk kanda-kanda senior dan adik-adik Teknik Universtias Hasanuddin yang telah mengajarkan arti dari sebuah keikhlasan, memberikan motivasi dan pelajaran berharga lainnya kepada penulis. .

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, April 2019

Penulis,

**MURSADIRUL ALFIQRY**  
**D121 14 018**



## ABSTRAK

**Mursadirul Alfiqry M.** 2019. Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. Dibawah Bimbingan **Irwan Ridwan Rahim** dan **Kartika Sari**.

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen. Namun, terkadang beton menggunakan bahan tambahan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik dalam memikul beban yang bekerja. Bahan-bahan buangan di sekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, misalnya batu bata bekas bangunan. Penelitian ini akan membahas penggunaan limbah batu bata terhadap kuat tekan beton. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah batu bata pada karakteristik kuat tekan pada beton dan menganalisa pengaruh substitusi limbah batu bata terhadap penurunan biaya produksi beton normal.

Variasi yang dipakai adalah campuran beton dengan komposisi 0%, 25% batu bata (75 % batu pecah), 50% batu bata (50 % batu pecah), 75% batu bata (25 % batu pecah), 100% batu bata. Benda uji yang digunakan berupa benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan 4 variasi campuran (8 benda uji per variasi). Dengan uraian 3 buah benda uji silinder untuk uji tekan umur 28 hari berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Dari penelitian dapat dilihat nilai kuat tekan beton untuk substitusi limbah batu bata 25 % ,50%,75% dan 100% ialah 21,52 Mpa, 16,42 Mpa ,14,57 Mpa dan 12,28 Mpa. Variasi 25% substitusi yang memenuhi target dari penelitian ini yaitu 21,52 Mpa (ingin dicapai 20 Mpa). Sedangkan variasi 50%,75% dan 100% tidak memenuhi standar kuat tekan untuk beton ringan yaitu 17 Mpa sesuai dengan standar SNI-032847-2002. Pengaruh limbah batu bata pada nilai penyerapan air pada tiap variasi mengalami peningkatan. Hubungan antara kuat tekan dan daya penyerapan air dimana nilai kuat tekan setiap variasi mengalami penurunan dan nilai serap airnya semakin meningkat. Biaya produksi beton normal 1 m<sup>3</sup> dapat di hemat biaya dengan substitusi limbah batu bata dari variasi 25%-100% mengalami penurunan setiap variasinya dengan hanya pengurangan agregat kasar kerikil yang di gantikan dengan limbah batu bata bekas.

**Kata Kunci :** Beton, limbah batu bata, batu pecah, kuat tekan beton.



## ABSTRACT

**Mursadirul Alfiqry M.** 2019. *Effect of the Use of Brick Waste on the Strength of Lightweight Concrete Press. Under the Guidance of Irwan Ridwan Rahim and Kartika Sari.*

*Concrete is a mixture consisting of fine aggregates, coarse aggregates, water and cement. However, sometimes the concrete uses additional material to improve mechanical properties in carrying the load that works. Waste materials around the environment can be used as additives in concrete mixtures, for example used building bricks. This research will expand the use of waste bricks against the compressive strength of concrete. The aim is to determine the effect of the substitution of brick waste on the compressive strength characteristics of concrete and analyze the effect of substitution of brick waste on reducing the production costs of normal concrete.*

*The variation used is a mixture of concrete with a composition of 0%, 25% brick (75% broken stone), 50% brick (50% broken stone), 75% brick (25% broken stone), 100% brick. The specimens used were cylindrical concrete specimens with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm with 4 mixed variations (8 specimens per variation). With a description of 3 cylindrical specimens for the 28-day press test based on SNI 03-0691-1996.*

*From the research it can be seen the value of compressive strength of concrete for substitution of brick waste 25%, 50%, 75% and 100% are 21.52 Mpa, 16.42 Mpa, 14.57 Mpa and 12.28 Mpa. Variation of 25% subtisus that met the target of this study was 21.52 Mpa (wanted to reach 20 Mpa). Whereas variations of 50%, 75% and 100% do not meet the standard of compressive strength for lightweight concrete, which is 17 Mpa in accordance with SNI-032847-2002 standards. The effect of brick waste on the value of water absorption in each variation has increased. The relationship between compressive strength and water absorption power where the compressive strength value of each variation has decreased and the water absorbency value has increased. Normal 1 m<sup>3</sup> concrete production costs can be cost-effective by substituting brick waste from a variation of 25% -100% which decreases every variation with only a reduction in coarse gravel aggregate replaced with waste bricks.*

**Keywords:** *Concrete, brick waste, broken stone, concrete compressive strength*



## DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	2
E. Ruang Lingkup	2
F. Sistematika Penulisan	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Batu Bata	5
B. Beton	5
C. Material Penyusun Beton	8
D. Kuat Tekan Beton	16
E. Faktor Air Semen	18
F. Aplikasi Beton Ringan	18
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
n Alir Penelitian	20
bat dan Waktu Penelitian	22



C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	22
D. Alat dan Bahan Penelitian	23
E. Benda Uji	29
F. Prosedur Penelitian	30
G. Perawatan ( <i>Curing</i> ) Benda Uji	33
H. Pengujian Kuat Tekan	33

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Karakteristik Material	36
B. Rencana Campuran Beton	38
C. Berat Jenis	38
D. Kuat Tekan	39
E. Penyerapan Air Beton	40
F. Aplikasi Beton Ringan	42
G. Tinjauan Biaya	42

#### **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan	45
B. Saran	45

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 1. Jenis – Jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaainnya	6
Tabel 2. Jenis – Jenis Beton Ringan	7
Tabel 3. Syarat Fisika Semen <i>Portland</i> Komposit	9
Tabel 4. Batas Gradiasi Agregat Kasar	15
Tabel 5. Jadwal Penelitian	22
Tabel 6. Rencana Campuran Beton	30
Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	36
Tabel 8. Rancangan Campuran Beton	38
Tabel 9. Berat Jenis Beton dan Pemakaiannya	39
Tabel 10. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan	40
Tabel 11. Pengujian Nilai Penyerapan Air	41
Tabel 12. Nilai Kuat Tekan dan Berat Jenis Yang Sesuai Dengan Kegunaannya	42
Tabel 13. Biaya Pembuatan Beton Normal	43
Tabel 14. Analisa Biaya Subtitusi Penggunaan Kerikil	43



## DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 1. Prosedur Kegiatan	20
Gambar 2. Universal Testing Machine kapasitas 1000Kn	23
Gambar 3. Cetakan Beton Silinder	24
Gambar 4 Cetakan Beton Kubus	24
Gambar 5. Mixer	24
Gambar 6 Mesin Vibrator	25
Gambar 7. Timbangan.	25
Gambar 8. Saringan	26
Gambar 9. Slum Flow	26
Gambar 10. Semen <i>Portland</i> Komposit (PCC)	27
Gambar 11.Pasir	27
Gambar 12. Kerikil	28
Gambar 13. Limbah Batu Bata	28
Gambar 14. Desain Benda Uji Silinder	29
Gambar 15.Penimbangan Bahan Material	31
Gambar 16. Pemasukkan Material Ke Dalam Mixer	32
Gambar 17. Proses Curing	33
Gambar 18. Pengujian Kuat Tekan	34
Gambar 19. Grafik Analisa Saringan Pair	37
Gambar 20. Grafik Analisa Saringan Kerikil dan Batu Bata	37
Gambar 21. Grafik Berat Jenis	39
Gambar 22. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	40
Gambar 23. Grafik Nilai Penyerapan Air	41
Gambar 24. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Daya Serap Air	41



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sektor bangunan memiliki peranan penting dalam kehidupan dan perekonomian suatu negara. Hal ini karena sebagian besar kehidupan manusia berada disekitar atau dalam bangunan. Material beton merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan pada konstruksi suatu bangunan. Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia mengakibatkan kebutuhan material beton dari tahun ke tahun semakin meningkat.(Dobrowolski (1998)

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen. Namum, terkadang beton menggunakan bahan tambahan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik dalam memikul beban yang bekerja. Bahan tambahan adalah bahan halus yang tidak termasuk unsur pokok campuran beton yang ditambahkan pada adukan. Berbagai macam bahan dapat digunakan sebagai bahan tambahan, tentu saja setelah melalui beberapa proses penelitian

Bahan-bahan buangan di sekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, misalnya batu bata bekas bangunan yang merupakan limbah dari dari bongkaran bangunan. Pecahan batu bata bekas merupakan agregat ringan buatan . Selain itu merupakan bahan lokal yang mudah di dapatkan . Banyak limbah batu bata yang di buang begitu saja tanpa ada pemaanfanan yang lebih lanjut atau yang bernilai ekonomis kembali. Pecahan batu bata bekas dapat di gunakan kembali sebagai agregat kasar pengganti kerikil dalam pembuatan beton (Tjokrodumuljo, 1996).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian dengan



**aruh Penggunaan Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton**  
gan “

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi limbah batu bata pada karakteristi kuat tekan pada beton?
2. Bagaimana pengaruh penambahan limbah batu bata terhadap penurunan analisa biaya pada beton ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka diambil tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah batu bata pada karakteristik kuat tekan pada beton.
2. Untuk menganalisa pengaruh substitusi limbah batu bata terhadap penurunan biaya produksi beton normal .

## **D. Manfaat Penelitian**

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk:

1. Dapat dijadikan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan pencampuran beton menggunakan limbah batu bata bekas.
2. Dapat mengurangi biaya produksi pada proses pembuatan beton dengan menggunakan limbah batu bata sebagai material pengganti agregat kasar

## **E. Ruang lingkup**

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada :



Penambahan limbah batu bata sebagai bahan substitusi kerikil terdiri dari 4 variasi yaitu 0%, 25%, 50%, 75% 100%

2. Proses curing yaitu dengan cara perendaman menggunakan air di bak perendaman selama 28 hari.
3. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Composite (PCC)
4. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.

## **F. Sistematika Penulisan**

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Kesimpulan dan Saran.

Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menyajikan hal - hal mengenai latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, rumusan masalah, ruang lingkup dan batasan masalah serta sistematika penulisan yang berisi tentang penggambaran secara garis besar mengenai hal - hal yang dibahas dalam bab - bab berikutnya.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan tentang kerangka konseptual yang memuat beberapa penulisan sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan batu bata bekas sebagai pengganti agregat dalam pembuatan beton

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahap - tahap yang dilakukan selama penelitian, meliputi alat dan bahan yang digunakan, lokasi penelitian, pembuatan, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan benda uji.



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil - hasil pengujian kuat tekan beton , berat jenis daya serap air dan hubungan antara kuat tekan dengan berat jenis paa beton dengan beberapa variasi .

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran - saran yang diusulkan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Batu Bata

Defenisi batu bata menurut SNI 15-2094-1991,SII-002-78 merupakan unsur bangunan yang di peruntukan untuk pembuatan konstruksi bangunan dan yang di buat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan – bahan lainnya, dibakar cukup tinggi , hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air .

Batu bata merupakan salah satu elemen (material) pendukung dalam pendirian sebuah bangunan, terbuat dari tanah hitam (humus) dan tanah kuning (tanah liat).Bahan utama batu merah adalah tanah dan air. Bentuk dan ukuran tanah bervariasi. Batu bata merah adalah salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah lempung/tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan,seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu setelah didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

#### B. Limbah Batu Bata

Limbah batu bata adalah sala satu limbah yang dihasilkan dari reruntuhan bangunan .Batu bata dihasilkan dari tanah liat dan tanah lempung yang mengalami poses pengerasan melalui pembakaran pada temperature suhu yang tinggi dan menggunakan limbah batu bata bekas sebagai alternative agregat kasar pada beton .Dengan menggunakan limbah batu bata bekas dalam

litian ini bermaksud memberdayakan sumber daya lokal yang berupa pemanfaatan limbah atau barang yang tidak digunakan lagi dapat dialih sikan sebagai bahan yang dapat bernilai ekonomis bagi masyarakat.



## C. Beton

### 1. Umum

Menurut SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

### 2. Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari beton normal. Pada dasarnya, semua jenis beton ringan dibuat dengan kandungan rongga dalam beton dengan jumlah besar. Menurut SNI-032847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup>.

Beton Ringan dapat di bedakan menjadi 3 jenis sebagai berikut.;

1. Beton agregat ringan.
2. Beton busa.
3. Beton tanpa agregat halus (non pasir).

Menurut Tjokrodinuljo (2003), beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis beton antara 1000-2000 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjukkan dalam Tabel .

Tabel 1 Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Pemakaian
-------------	---	-----------



Beton Sangat Ringan	<1000	Non struktur
Beton Ringan	1000 - 2000	Struktur ringan
Beton Normal	2300 - 2500	Struktur
Beton Berat	>3000	Perisai sinar X

Sumber: Tjokrodinuljo , K (2003)

Menurut SK SNI 03-3449-2002 beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan beton dengan berat jenis di bawah 1850 kg/m<sup>3</sup> dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan dengan tujuan structural kuat tekan minimum 17,24 MPa dan maksimum 41,36 MPa. Sedangkan beton isolasi adalah beton ringan yang mempunyai berat isi kering oven maksimum 1440 kg/m<sup>3</sup>. Dengan kuat tekan maksimum 17,24 MPa dan kuat tekan minimumnya adalah 6,68 MPa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2 .

**Tabel 2** Jenis – jenis beton ringan menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1997)

Sumber	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah ( <i>Low Destinity Concrets</i> )	240-800	0,35-6,9
	Beton ringan dengan kekuatan menengah ( <i>Moderesates - Strength Lightweight Concrates</i> )	800-1440	6,9-17,3
	Beton ringan struktur ( <i>Structural Lightweight Conrates</i> )	1440-1900	>17,3



	Beton ringan panahan <i>panas</i> ( <i>Insulating Conrates</i> )	<800	0,7-7
Neville and Brooks (1987)	Beton ringan untuk pemasangan batu ( <i>Mansorny Conrates</i> )	500-800	7-14
	Beton ringan struktur ( <i>Structural Lightweight Concrates</i> )	1400-1800	>17

### C. Material Penyusun Beton

#### 1. Portland Cement Composite

Semen (menurut Standar BS EN 1971:2011) merupakan bahan pengikat hidrolis, yaitu bahan anorganik yang ditumbuk halus dan ketika bercampur dengan air, dengan menggunakan reaksi dan proses hidrasi membentuk pasta yang mengikat dan mengeras, setelah mengeras, tetap mempertahankan kekuatan dan stabilitasnya meskipun di dalam air.

Semen PCC atau *Portland Composite Cement* atau Semen Portland Composite, adalah semen Portland yang masuk kedalam kategori *Belended Cement* atau semen campur. Semen campur ini dibuat atau didesign karena dibutuhkan sifat-sifat tertentu yang mana sifat tersebut tidak dimiliki oleh semen portland tipe I. Untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada semen campur maka pada proses pembuatannya ditambahkan bahan aditif seperti Pozzolan, Fly ash, silica fume dll.

Menurut SNI 15-7064-2004 definisi Semen Portland Komposit, adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gyps dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik

antara lain Terak Tanur Tinggi (*Blast Furnace Slag*), pozzolan, senyawa kapur dengan kadar total bahan anorganik 6 % – 35 % dari massa semen komposit.



Syarat kimia untuk semen *Portland* komposit, kandungan  $SO_3$  maksimum 4%, komposisi kimia yang lain sama dengan komposisi kimia semen *Portland* Berdasarkan SNI 15-2049-2004 tentang semen portland . Sedangkan syarat fisika semen *Portland* komposit dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Syarat fisika semen *Portland* komposit

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1.	Kehalusan dengan alat blaine	$m^2/kg$	Min.280
2.	Kekekalan bentuk dengan autoclave:		
	- Pemuaiian	%	Maks. 0,8
	- Penyusutan	%	Maks. 0,2
	Waktu pengikatan dengan alat vikat:		
3.	- Pengikatan awal		
	- Pengikatan akhir	Menit	Min.45
	Kuat tekan:	Menit	Maks.375
4.	- Umur 3 hari		
	- Umur 7 hari		
	- Umur 28 hari	$kg/cm^2$	Min.125
	Pengikatan semu:	$kg/cm^2$	Min.200
	- Penetrasi akhir	$kg/cm^2$	Min.250
5.	Kandungan udara dalam mortar		
		%	Min.50
6.		% volume	Maks.12

(Sumber : SNI 15-7064-2004)



linker semen *Portland* mengandung empat senyawa kimia utama, yang dengan mineral-mineral klinker yaitu :

1.  $C_3S$  atau  $3CaO.SiO_2$  disebut *Trikalsium silikat*
2.  $C_2S$  atau  $2CaO.SiO_2$  disebut *Dikalsium silikat*
3.  $C_3A$  atau  $3CaO.Al_2O_3$  disebut *Trikalsium aluminat*
4.  $C_4AF$  atau  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$  disebut *Tetrakalsium aluminoferrit*.

Semen *portland* dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu (Tjokrodinuljo,1992)

- Tipe I : Untuk konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan.
- Tipe IA : Semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe I.
- Tipe II : Untuk konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang.
- Tipe IIA : Semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe II.
- Tipe III : untuk konstruksi dimana kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan.
- Tipe IIIA : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe III.
- Tipe IV : untuk konstruksi dimana panas yang rendah dari hidrasi diinginkan.
- Tipe V : untuk konstruksi dimana daya tahan tinggi terhadap sulfat diinginkan.

a. Sifat-sifat yang dimiliki Semen *Portland Cement Composite* :



Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang

Tahan terhadap serangan sulfat

Kekuatan tekan awal kurang, namun kekuatan akhir lebih tinggi

Ditinjau dari sifat yang dimiliki oleh Semen PCC maka semen tersebut dapat digunakan sebagai alternatif atau pengganti semen portland tip II,IV atau V.

b. Standard Acuan Semen PCC

Standar acuan yang digunakan semen portland composite bersumber dari EN-197-1, European Standard CEM II Portland Composite Cement. Menurut EN 197-1 Portland Composite Cement CEM II terbagi 2 yaitu :

1. CEM II/A-M, komposisi semen ini terdiri dari, 80 – 90 % klinker/terak, 6 – 20 % bahan anorganik (Blast Furnace, silica fume, pozzolan, flyash, burn shale lime stone), 0 – 5 % Bahan tambahan Minor (gypsum)
2. CEM II/B-M, komposisi semen ini terdiri dari, 65 – 79 % klinker/terak, 21 – 35 % bahan anorganik (Blast Furnace, silica fume, pozzolan, flyash, burn shale lime stone), 0 – 5 % Bahan tambahan Minor (gypsum)

## 2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen (proses pengikatan) serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Proses pengikatan berawal beberapa menit setelah pencampuran yang disebut *initial set* (pengikatan awal) dan berakhir setelah beberapa jam disebut *final set* (akhir pengikatan). Waktu pengikatan adalah jangka waktu dari mulai mengikatnya semen setelah berhubungan dengan air sampai adukan semen menunjukkan kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk dikerjakan lebih lanjut. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan.

an air yang ada digunakan sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas eh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan lkan *bleeding*. Hasil *bleeding* ini berupa lapisan tipis yang mengurangi antara lapis-lapis beton.



Fungsi air di dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pelicin bagi agregat halus dan agregat kasar.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
3. Penting untuk mencairkan bahan / material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

### **3. Agregat**

Agregat merupakan komponen utama beton. Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan komposit dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati 60% - 75% volume beton. Sifat yang paling penting dalam agregat adalah kekuatan hancur dan berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah dan limbah marmer. Diisyaratkan dalam penggunaan agregat kasar ini sesuai dengan SII 0052 – 1980 dan ASTM C 33 – 90. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

#### **a. Agregat halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4). Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A adalah sebagai berikut :

Aggregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks saringan  $\pm 2,2$ .



- b. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
- Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%
  - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- e. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Untuk itu, bila direndam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap daripada warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air pada umur yang sama.
- f. Susunan besar butir agregat halus harus memenuhi modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3, dan 4 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
- Sisa di atas ayakan 4,8 mm harus maksimum 2% berat
  - Sisa di atas ayakan 1,2 mm harus maksimum 10% berat



• Sisa di atas ayakan 0,3 mm harus maksimum 15% berat

- g. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.
- h. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
- i. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang).

Berikut ini adalah beberapa karakteristik pasir yang umum.

#### b. Agregat Kasar

Langkah awal untuk mempersiapkan agregat kasar berupa batu pecah adalah dengan memisahkan butiran agregat berdasarkan ukuran butiran, dilakukan dengan pengayakan dengan menggunakan saringan. Setelah pemisahan butiran agregat kasar selesai, batu pecah dicuci untuk membuang kotoran yang melekat pada agregat agar dapat meningkatkan kualitas agregat.

Adapun kualitas agregat yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah:

- a. Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
- b. Agregat kasar harus bersih dari unsur organik.
- c. Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.

d. Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul ikatan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu agregat yang lebih baik.



**Table .4** .Batas Gradiasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	4,8-38	4,8-19	4,8-9,6
38	95-100	100	100
19	35-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

(Sumber : SNI03-2834-1993)

#### 4. Berat Jenis Agregat

##### a. Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air .

Dimana pengujian berat jenis yang ingin kita ketahui di sini terbagi menjadi 3 yaitu:

1. Berat Jenis Kering (*Bulk Specity Grafity* ) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu . Dengan rumus yang di gunakan yaitu ;

$$BJ \text{ Kering} = \frac{BJ \text{ Semu}}{BJ \text{ Kering Semu} - BJ \text{ Kering Permukaan}} \dots\dots\dots(01)$$

2. Berat Jenis Kering Permukaan/ SSD yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu .

$$BJ \text{ Kering Permukaan} = \frac{BJ \text{ Kering}}{BJ \text{ Semu} - BJ \text{ Kering Permukaan}} \dots\dots\dots(02)$$



3. Berat Jenis Semu (*Apprent Specific Gravity* ) ialah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan nisib agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu .

$$BJ \text{ Semu} = \frac{BJ \text{ Kering}}{BJ \text{ Kering} - BJ \text{ Kering Permukaan}} \dots\dots\dots(03)$$

#### D. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Berdasarkan SNI 1974:2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luar penampang melintang.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(04)$$

Dimana:

- $f'c$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)
- P = Beban maksimum (kg)
- A = Luas penampang yang menerima beban (cm<sup>2</sup>)

Dalam penelitian ini, kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum  $f'c$  dengan satuan N/mm<sup>2</sup> atau MPa (Mega Pascal).

Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kuat tekan rata-rata dan kuat batas beton
- b) Jenis dan tekstur bidang permukaan agregat

Perawatan beton harus diperhatikan, sebab kehilangan kekuatan akibat pengeringan sebelum waktunya adalah sekitar 40%

Suhu mempengaruhi kecepatan pengerasan



- e) Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya kecepatan bertambahnya kekuatan, bergantung pada jenis semen yang digunakan, misal semen dengan alumina yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kuat hancur pada umur 24 jam sama dengan semen *Portland* biasa umur 28 hari. Pengerasan berlangsung terus seiring dengan pertambahan umur beton.

Mutu beton ditentukan oleh banyak faktor antara lain :

- a. Faktor Air Semen (FAS).
- b. Perbandingan bahan-bahannya.
- c. Mutu bahan-bahannya.
- d. Susunan butiran agregat yang dipakai.
- e. Ukuran maksimum agregat yang dipakai.
- f. Bentuk butiran agregat.
- g. Kondisi pada saat mengerjakan.
- h. Kondisi pada saat pengerasan.

Keunggulan Beton:

- a. Ketersediaan (*availability*) material dasar.
- b. Kemudahan untuk digunakan.
- c. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*).
- d. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Kelemahan Beton:

- a. Berat sendiri beton yang besar,  $2400 \text{ kg/m}^3$ .
- b. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berurat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
- d. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.



- e. Struktur beton sulit dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lenih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai  $96,526 \text{ N/mm}^2$  psi atau lebih, bergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta lama dan kualitas perawatan. Kekuatan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar  $20,684 \text{ N/mm}^2$  sampai  $41,368 \text{ N/mm}^2$ , dan beton komersial dengan agregat biasa, kekuatannya sekitar  $2,068$  sampai  $68,947 \text{ N/mm}^2$ . (Nawy, E. G. 2010).

### E. Faktor Air Semen

Air yang terlalu banyak akan menempati ruang di mana pada waktu beton sudah mengeras dan terjadi penguapan, ruang itu akan menjadi pori. Meskipun faktor kekuatan terutama dipengaruhi oleh porositas kapiler atau rasio gel/ ruang, namun hal ini sulit diukur atau diperkirakan. Jadi tidak cocok dipakai pada mix design. Untungnya porositas kapiler dari beton yang dipadatkan secara baik pada derajat hidrasi manapun ditentukan oleh faktor air semen.

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton (Chu Kia Wang , 1986).

### F. Aplikasi Beton Ringan

Beton ringan telah dikembangkan dan digunakan secara luas dengan tujuan mengurangi beban mati pada struktur beton. Beton ringan diharapkan dapat mengurangi berat sendiri struktur, jika digunakan beton normal yang merupakan berat cukup berat maka berat sendiri struktur mencapai  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Menurut



SNI 2847:2013, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1840 kg/m<sup>3</sup>. Pada dasarnya beton ringan dapat diperoleh dengan cara

berikut :

- 1) Membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen, sehingga akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.
- 2) Menggunakan agregat dengan berat jenis yang ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung dan butiran polystyrene.
- 3) Pembuatan beton dengan menghilangkan fraksi agregat halus, beton jenis ini dikenal sebagai beton tanpa pasir (*no-fines concrete*) yang hanya dibuat dari semen, agregat kasar (dengan ukuran butir maksimum 20 mm atau 10 mm) dan air. Beton jenis ini akan memiliki ukuran pori yang relatif sama, sedangkan agregat yang sering dipakai adalah kerikil alami (batu apung), terak tanur tinggi dan tanah liat bakar.

Menurut kegunaannya beton ringan dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu :

- 1) Beton ringan struktural dengan kuat tekan karakteristik minimal 17 MPa dengan berat isi antara 1350 sampai dengan 1900 kg/m<sup>3</sup>.
- 2) Beton ringan kekuatan sedang dan juga tingkat insulasi panas sedang, pada umumnya memiliki kuat tekan 7 MPa sampai 17 MPa.
- 3) Beton ringan sebagai insulator thermal yang pada umumnya memiliki berat isi antara 300 sampai dengan 800 kg/m<sup>3</sup> (Neville, 1996)

