

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*), air, dan semen portland atau semen hidrolis lainnya, kadang dengan bahan tambahan (*additif*) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air.

Beton merupakan salah satu komponen penyangga dalam sebuah konstruksi. Beton memiliki fungsi yang vital terutama untuk struktur suatu bangunan. Penggunaan beton pada sebuah gedung, ruko, rumah tinggal berbeda dengan penggunaan beton untuk jalan. Pada umumnya beton memiliki tekstur yang padat dan kedap air, hal tersebut juga mempengaruhi berat jenis beton itu sendiri, berat jenis beton normal cenderung tinggi sehingga mempengaruhi beban yang di terima oleh pondasi (Candra et al., 2019).

Beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan (Menurut SNI03-2847, 2013)

Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut ini.

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah

3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya
4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

Beton memiliki beberapa sifat yang dimiliki beton dan sering digunakan untuk acuan adalah sebagai berikut ini.

1. Kekuatan

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain. Jenis beton menurut kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

**Tabel 2.1** Jenis Beton

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 Mpa
Beton normal	15 –30 Mpa

**Lanjutan Tabel 2.1 Jenis Beton**

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80 Mpa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 Mpa

Sumber : (Tjokrodimuljo, 1996).

Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*). Pengelompokan beton pada dasarnya berkembang dari waktu ke waktu, dan menyesuaikan pula dengan kebutuhan di tiap negara atau instansi yang berkepentingan. Mutu beton penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 2.2:

**Tabel 2.2 Mutu Beton**

Jenis Beton	$f'c$ (Mpa)	$\sigma_{bk}'$ (Kg/cm)	Uraian
Mutu Tinggi	35-65	K400-K800	Umumnya digunakan untuk beton Prategang seperti tiang pancang, beton prategang, gelagar beton prategang, Pelat beton prategang dan sejenisnya
Mutu sedang	20-<35	K250-K400	Umumnya digunakan untuk beton Bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang,diagfragma, Beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan
Mutu rendah	15-<20	K175-<K250	Umumnya digunakan untuk struktur Beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan pasangan batu
	10-<15	K125-<K175	Digunakan sebagai lantai kerja, Penimbunan kembali dengan beton.

Sumber : *Departemen PU. (Puslitbag Prasarana Transportasi, Divisi7).*

## 2. Berat Jenis

Berat jenis beton yang digunakan untuk konstruksi bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.3:

**Tabel 2.3** Berat Jenis Beton

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, 1996).

## 3. Modulus Elastisitas Beton

*Modulus Elastisitas* Beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Menurut SNI (03-2847, 2013) persamaan *modulus elastisitas* beton dapat diambil sebagai berikut:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad \text{untuk beton normal..... (2.1)}$$

Dimana :

$$E_c = \text{Modulus elastisitas beton (MPa)}$$

$$W_c = \text{Berat jenis beton}$$

$$f'_c = \text{Kuat tekan beton (MPa)}$$

## 4. Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dari pada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang susut adalah pastanya karena agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu semakin besar pastanya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya.

## 5. Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya : plat lantai, dinding *basement*, tandon air, kolam renang dan sebagainya.

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok dan pelat.

Menurut (Mulyono, 2015) terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunanya itu sebagai berikut ini.

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa/dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimumbeton  $1850 \text{ kg/m}^3$  kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

## **2.2 Bahan Penyusun Beton**

Bahan penyusun beton meliputi air, semen portland, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, di mana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Berikut adalah bahan penyusun beton yang digunakan adalah sebagai berikut ini:

### 2.2.1 Semen (Portland Semen)

Semen merupakan bahan hidraulis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air, disebut hidrasi, sehingga membentuk material batu padat (Arniza Fitri et al., 2011).

Semen dapat dibagi atas 2 kelompok, yaitu (Prasetio et al., 2020):

1. Semen non hidraulis adalah semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contoh semen non hidraulis (*hidraulic binder*) adalah *lime*, dimana *lime* ini merupakan perekat klasik dalam bangunan yang dibuat dengan memanaskan *limestone* pada suhu 850°C.  $\text{CaCO}_3$  dari *limestone* akan melepaskan  $\text{CO}_2$  dan menghasilkan *burn lime* atau *quick lime* (CaO).
2. Semen hidraulis adalah semen yang dapat mengeras dalam air menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Oleh karena mempunyai sifat hidraulis, maka semen tersebut bersifat:
  - 1) Dapat mengeras bila dicampur air.
  - 2) Tidak larut dalam air.
  - 3) Dapat mengeras walau dalam air.

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan atau tercampur dengan air. Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak (padat) Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat (Tjokrodinuljo.1996). Perbedaan sifat jenis semen satu dengan yang lain dapat dikarenakan perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butirnya. Komposisi unsur kimia senyawa semen *Portland*.

Semen bersama air merupakan bahan aktif dalam beton karena reaksi antara semen dan air akan menghasilkan perekat yang merekatkan agregat sehingga terbentuklah massa yang kompak. Waktu hanya 10% dari volume beton namun karena termasuk bahan yang aktif dan juga harganya tinggi maka harus dikontrol pemakaiannya.

Semen *portland pozolan* merupakan suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dengan *pozolan* halus, yang diproduksi dengan menggiling *klinker* semen *portland* dan *pozolan* bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk *pozolan*, atau

gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar *pozolan* 6% sampai dengan 40% massa semen *portland pozolan*.

Fungsi utama semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah (Tjokrodinuljo,1996).

Semen *portland* yang ada di Indonesia menurut Standar Industri Indonesia (SII) 003.181 terdiri dari beberapa jenis yaitu :

1. Semen tipe 1, merupakan semen yang paling banyak digunakan untuk kegiatan konstruksi Semen ini tidak memiliki karakteristik khusus seperti jenis lainnya.
2. Semen tipe 2, merupakan semen yang menghasilkan panas hidrasi yang lebih rendah dan kecepatan ikat yang lebih rendah. Semen ini memiliki sifat sedikit tahan terhadap sulfat dan banyak digunakan untuk bangunan yang terletak didaerah dengan tanah berkadar sulfat rendah. Semen jenis ini biasaya digunakan pada bangunan-bangunan sebagai berikut:
  - 1) Pelabuhan, bangunan-bangunan lepas pantai
  - 2) Pondasi atau basement dimana tanah/air tanah terkontaminasi oleh sultat.
  - 3) Bangunan - bangunan yang berhubungan dengan rawa
  - 4) Aluran-saluran air bangunan/limbah
3. Semen tipe 3, merupakan semen yang mengeras dengan cepat. Kekuatan beton yang di buat dari semen tipe ini dalam 24 jam akan sebanding dengan kekuatan beton dari semen biasa dalam 7 hari. Dalam waktu 3 hari, kekuatan beton ini akan setara dengan kekuatan tekan 28 hari beton biasa.
4. Semen tipe 4, merupakan semen dengan suhu rendah dan memiliki waktu ikat yang lama, baik untuk *mass concrete construction* karena tidak terjadi banyak *cold join*.
5. Semen tipe 5, merupakan semen yang memiliki tingkat ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Dan semen ini digunakan untuk memberikan perlindungan terhadapbahaya korosi akibat pengaruh air laut, air danau, pengaruh garam sulfat yang terdapat dalam air tanah.

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



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan menghasilkan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , yang 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.

Ada berbagai merek semen yang umum digunakan di Indonesia, berikut adalah beberapa merek semen yang umum digunakan oleh masyarakat Indonesia sebagai berikut: Semen Gresik, Semen Tiga Roda, Semen Merah Putih, Semen Holcim, Semen Padang, Semen Batu Raja, Semen Tonasa, Semen Jakarta, Semen Merdeka dan Semen Garuda. beberapa merek semen yang umum digunakan di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.1:



**Gambar 2. 1** Semen

Persentase kandungan bahan yang ada pada semen merek Semen Padang dan Semen Merdeka dapat dilihat pada Tabel 2.4 – 2.7:

**Tabel 2.4** Komposisi Semen Padang

Kandungan	Simbol	Komposisi (%)	Fungsi
Kalsium Oksida	CaO	60 - 67	Memberi kekuatan utama (komponen utama pembentuk $\text{C}_3\text{S}$ dan $\text{C}_2\text{S}$ )
Silikon Dioksida	$\text{SiO}_2$	17 - 25	Membentuk silikat ( $\text{C}_3\text{S}$ , $\text{C}_2\text{S}$ ) untuk kekuatan jangka panjang

**Lanjutan Tabel 2.4** Komposisi Semen Padang

Kandungan	Simbol	Komposisi (%)	Fungsi
Sulfur Trioksida	SO <sub>3</sub>	1 – 3	Mengontrol waktu pengerasan dan mencegah setting terlalu cepat
Natrium Oksida	Na <sub>2</sub> O	<1	Termasuk alkali – berlebih bisa menyebabkan reaksi alkali-agregat
Kalium Oksida	K <sub>2</sub> O	<1	Termasuk alkali – sama seperti Na <sub>2</sub> O
Kehilangan Pemijaran	LOI	<3	Mengindikasikan kadar karbon atau sisa pembakaran

**Tabel 2.5** Fungsi Utama Senyawa dalam Semen Padang

Senyawa	Nama Kimia	Fungsi Utama
C <sub>3</sub> S	Trikalsium Silikat (3CaO·SiO <sub>2</sub> )	Memberi kekuatan awal dan waktu pengerasan cepat
C <sub>2</sub> S	Dikalsium silikat (2CaO·SiO <sub>2</sub> )	Memberi kekuatan jangka panjang
C <sub>3</sub> A	Trikalsium aluminat (3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Bereaksi cepat, menyebabkan setting awal
C <sub>4</sub> AF	Tetrakalsium aluminoferrit	Tidak banyak berpengaruh pada kekuatan, memberi warna

**Tabel 2.6** Komposisi Semen Merdeka

Kandungan	Simbol	Komposisi (%)	Fungsi
Kalsium Oksida	CaO	60 - 67	Memberi kekuatan utama (komponen utama pembentuk C <sub>3</sub> S dan C <sub>2</sub> S)
Silikon Dioksida	SiO <sub>2</sub>	17 - 25	Membentuk silikat (C <sub>3</sub> S, C <sub>2</sub> S) untuk kekuatan jangka panjang
Alumunium Oksida	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 88	Membentuk aluminat (C <sub>3</sub> A), mempercepat pengerasan awal
Besi Oksida	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 - 6	Membantu pembentukan C <sub>4</sub> AF (pengaruh kecil pada kekuatan)

**Lanjutan Tabel 2.6** Komposisi Semen Merdeka

Kandungan	Simbol	Komposisi (%)	Fungsi
Sulfur Trioksida	SO <sub>3</sub>	1 - 3	Mengontrol waktu pengerasan dan mencegah setting terlalu cepat
Kalium Oksida	K <sub>2</sub> O	<1	Termasuk alkali – sama seperti Na <sub>2</sub> O
Natrium Oksida	Na <sub>2</sub> O	<1	Termasuk alkali berlebih bisa menyebabkan reaksi alkali agregat
Kehilangan Pemijaran	LOI	<3	Mengindikasikan kadar karbon atau sisa pembakaran

**Tabel 2.7** Fungsi Utama Senyawa dalam Semen Merdeka

Senyawa	Nama Kimia	Fungsi Utama
C <sub>3</sub> S	Trikalsium Silikat (3CaO·SiO <sub>2</sub> )	Memberi kekuatan awal dan waktu pengerasan cepat
C <sub>2</sub> S	Dikalsium silikat (2CaO·SiO <sub>2</sub> )	Memberi kekuatan jangka panjang
C <sub>3</sub> A	Trikalsium aluminat (3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Bereaksi cepat, menyebabkan setting awal
C <sub>4</sub> AF	Tetrakalsium aluminoferrit	Tidak banyak berpengaruh pada kekuatan, memberi warna

### 2.2.2 Air

Didalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan peningkatan dan berlangsungnya pengerasan dan kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan dalam pencetakan (Murdock dan Brook). Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Untuk semen Portland, satu bagian berat semen membutuhkan sekitar 0,25 bagian berat air untuk hidrasi. Akan tetapi juga beton yang mengandung proporsi air yang sangat kecil menjadi sangat kering dan sukar dikerjakan. Oleh karena itu dibutuhkan tambahan air untuk menjadi pelicin pada campuran sehingga mudah dikerjakan (murdock dan Brook). Tjokrodimuljo menyebutkan bahwa syarat air yang digunakan untuk beton yaitu :

1. Tidak mengandung lumpur maupun benda melayang lain lebih dari 2 gram/liter.

2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak stuktur beton (asam, anorganik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *Water Ratio* (WC ratio atau W/C). Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai *Water Cement Ratio* 0,40-0,60 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang dicapai umumnya menggunakan nilai *Water Cemen Ratio* semakin rendah, sedangkan untuk menambah daya *workability* (keleccakan, sifat mudah dikerjakan) diperlukan nilai *Water Cemen Ratio* yang lebih tinggi.

Nilai faktor air semen menurut ACI (*American Concrete Institute*) dapat dilihat pada Tabel 2.8:

**Tabel 2. 8** Nilai Faktor Air Semen

<b>Kuat Beton Umur 28 hari Mpa</b>	<b><i>Water Cemen Ratio</i></b>	
	<b>Beton Tanpa Kandungan Udara (<i>NonAir-Entraîne</i>)</b>	<b>Beton dengan kandungan udara (<i>Air-Entraîne</i>)</b>
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

### 2.2.3 Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik (SNI 03-2847-2002).

Agregat merupakan bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60% - 70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan

sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton. Dengan agregat yang baik beton dapat dikerjakan, kuat, tahan lama dan ekonomis (Lestari 2017).

Jika dilihat dari sumbernya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan. Contoh agregat yang berasal dari sumber alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan agregat buatan adalah agregat yang berasal dari *stone crusher*, hasil residu terak tanur tinggi, pecahan genteng, pecahan beton, dan lainnya (Mulyono).

Tujuan digunakannya agregat dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Menghemat penggunaan semen *Portland*
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
3. Mengurangi susut pengerasan pada beton
4. Mencapai susunan beton yang padat dengan radasi yang baik maka akan mendapatkan beton yang mudah dikerjakan.
5. Sifat dapat dikerjakan (*workability*) dapat diperiksa pada adukan beton dengan gradasi yang baik.

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar ( SNI 03-2847-2002 ):

1. Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 03-2847-2002 adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasialamidari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar  $\leq 5,0$  mm. Distribusi butiran agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, seperti terlihat pada Tabel 2.9:

**Tabel 2. 9** Batas Gradasi Agrerat

Ukuransaringan	Persentase Kumulatif Lolos Saringan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Halus	Pasir Sangat Halus
1.5" = 38mm				
3/4" = 19mm				
3/8" = 9.6mm	100	100	100	100
No.4 = 4.8mm	90-100	90-100	90-100	95-100
No.8 = 2.4mm	60-95	75-100	85-100	95-100
No.16 = 1.2mm	30-70	55-90	75-100	90-100

**Lanjutan Tabel 2. 10** Batas Gradasi Agrerat

Ukuransaringan	Persentase Kumulatif Lolos Saringan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Halus	Pasir Sangat Halus
No.30 = 0.6mm	15-34	35-59	60-79	80-100
No.50 = 0.3mm	5 -20	8-30	12-40	15-50
No.100 = 0.15mm	0 -15	0-10	0 -10	0-15
No.200 = 0.074mm				

Sumber: SNI-2834-2000 (2000:12)

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar menurut SNI 03-2847-2002 adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari butiran atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran buiran antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar (batu pecah) yang digunakan untuk bahan pembuatan beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- A. Butir-butirnya keras dan tidak bepori.
- B. Tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- C. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%.
- D. Kerikil bulat dapat digunakan pada keadaan terpaksa.

Distribusi ukuran agregat kasar (krikil atau batu pecah) terbagi dalam tabel atas-batas gradasi untuk agregat kasar seperti pada Tabel 2.10:

**Tabel 2. 11**Batas Gradasi Agrerat Kasar

UkuranSaringan	PersenLolosKumulatif		
	40 mm	20 mm	10 mm
1.5' =38mm	95-100	100	
3/4"= 19mm	30-70	95-100	100
3/8"=9.6mm	10-40	30-60	50-85
No.4=4.8mm	0-5	0-10	0-10

Sumber: SNI-2834-2000 (2000: 12)

## 2.3 Pengujian Semen

Pengujian semen dilakukan untuk melihat seberapa bagus kualitas yang dimiliki. Karena semen adalah pengikat untuk beton konstruksi, maka semen dengan kualitas bagus sudah pasti akan dibutuhkan untuk mendapatkan beton yang

berkualitas juga. Pengujian semen dilakukan pada aspek kuat tekan, kekekalan, waktu ikat, kehalusan, konsistensi, dan berat jenis.

Pengujian semen biasanya dilakukan dilaboratorium yang suhu dan kelembaban ruangnya di kontrol dengan baik. Suhu ruang dijaga antara 20 - 27,5°C dengan kelembaban relatif tidak boleh kurang dari 50%.

Pengujian semen yang dilakukan antara lain:

#### A. Berat Jenis Semen

Berat jenis semen *Portland* komposit tidak sama dengan berat jenis semen *Portland* biasa. Apabila semen *Portland* memiliki berat jenis kisaran 3,0 - 3,2 maka semen *Portland* komposit memiliki berat jenis kurang dari 3,00. Untuk mengetahui berat jenis semen maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$BJ = \frac{W}{V_2 - V_1} \times d \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

BJ = Berat jenis semen Portland (gram/ml)

W = Berat semen Portland (gram)

V1 = Volume awal (ml)

V2 = Volume akhir (ml)

D = Massa jenis air pada suhu ruang yang tetap 4°C (1 gram/ml)

#### B. Kehalusan (*Blaine*)

Kehalusan sangat mempengaruhi pengerasan semen *portland* dan juga kekuatannya, makin halus semen maka makin cepat dan lebih efektif terjadinya interaksi dengan air serta kuat tekannyapun makin tinggi. Nilai kehalusan (*blaine*) dihitung dengan *permeability* udara terhadap sampel semen yang dipadatkan pada kondisi tertentu. Alat *blaine* pada dasarnya menarik sejumlah udara melalui suatu alas semen yang disiapkan dengan porositas tertentu merupakan fungsi dari ukuran-ukuran butir-butir semen dan menentukan kecepatan alir udara melalui alasnya. Menurut (SNI 15-2049-2004) kehalusan semen dapat dihitung sebagai berikut:

$$S = \frac{Ss\sqrt{T}}{Ts} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

S = Blaine/ Luas Permukaan Spesifik Semen (cm<sup>2</sup>/g)

S<sub>s</sub> = Blaine Semen Standar (3818 cm<sup>2</sup>/g)

T<sub>s</sub> = Waktu Alir Semen Standar (9,06 s)

T = Waktu Alir Semen Uji (s)

C. Kebutuhan air semen(*Normal consistency*)

*Normal consistency (NC)* merupakan suatu nilai perbandingan antara massa air yang digunakan dan massa semen yang dinyatakan dalam persen. Kebutuhan air dipengaruhi oleh kandungan aluminat dan untuk pengujian sifat fisis semen, jumlah air campuran yang digunakan mengacu pada kondisi normal konsistensi.

Metode pengujian ini meliputi pemeriksaan konsentrasi normal dari semen hidrolisi. Metode ini juga merupakan perbandingan antara jumlah air yang digunakan dengan semen pada pembuatan pasta semen.

$$NC(\%) = \frac{B}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

B = Berat Semen (gr)

A = Jumlah Air (ml)

D. Waktu pengikat semen (*Setting Time*)

Waktu ikat merupakan penentu awal dan akhir pengikatan pasta semen, disamping kehalusan. Waktu ikat dipengaruhi oleh komposisi mineral dan air yang dipakai. Selain untuk menghidrasikan semen, air juga berfungsi untuk memberi mobilitas bagi pasta semen.

Pada saat bercampur dengan air semen mengalami pengikatan dan mengeras. Lamanya pengikatan juga dipengaruhi oleh suhu udara di sekitarnya. Ada dua macam waktu pengikat pada semen, yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan semen sejak bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi keras. Waktu ikat awal menurut standar SNI minimum 45 menit, sedangkan waktu ikat akhir maksimum 360 menit.

#### E. Pemuaiian (*Autoclave*)

*Autoclave* bertujuan untuk menentukan tingkat perkembangan pasta semen atau menetapkan semen tersebut memenuhi batas spesifikasi cepat kaku. Sebelum pengujian kekekalan bentuk dilakukan terlebih dahulu ditentukan jumlah air dan mengetahui pengikatan awal yang akan digunakan untuk pembuatan semen.

#### F. Pengujian komposisi kimia semen

Pengujian komposisi kimia dapat dilakukan dengan menggunakan Fluoresensi sinar-X (*XRF*) yang merupakan cara utama untuk mengendalikan komposisi bahan baku. Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi yang terkandung di dalam semen. Komposisi yang terkandung didalam semen akan mempengaruhi kualitas semen yang akan di buat.

### 2.4 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Pemeriksaan karakteristik agregat digunakan untuk menentukan campuran bahan penyusun beton rencana.

#### 2.4.1 Pemeriksaan Berat Volume

Pengujian Bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar, atau campuran. Berat volume agregat didefinisikan sebagai perbandingan antara beratmaterial kering dengan volumenya. Nilai berat volume adalah 1,40kg / ltr-1,90 kg/ltr. Berat volume agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Berat Volume Agregat} = \frac{W}{V} \text{ Kg/m}^3 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

W = Berat benda uji (g)

V = Volume *mould* (cm<sup>3</sup>)

#### 2.4.2 Analisa Saringan Agrerat

Analisa saringan agregat bertujuan untuk menentukan gradasi agregat halusdan agregat kasar yang dugunakan untuk campuran beton dengan menggunakan analisis saringan.

#### 2.4.3 Pengujian Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur pada agregat halus. Berdasarkan ASTM-C-142, standar kandungan lumpur pada agregat halus adalah < 5%. Kadar lumpur yang tinggi dapat menyebabkan retak dan susut yang disebabkan sifat kembang susut dari lumpur.

Berdasarkan jurnal dari (Feron et al., 2024) kadar lumpur agregat halus dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Lumpur Agregat Halus} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

V1 = Tinggi lumpur (mm)

V2 = Tinggi pasir (mm)

**2.4.4 Pengujian Kadar Zat Organik**

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kandungan zat organik pada agregat halus. Standar kandungan zat organik pada agregat halus menurut ASTM C-40 adalah nomor 3 pada *organic plate*. Kandungan zat organik yang tinggi dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses hidrasi beton (Mulyono).

**2.4.5 Pengujian Kadar Air**

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat halus dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air dalam adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Menurut (SNI 03-1971-1990, 1990), kadar air agregat adalah 3%-5%. Kadar air agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1-W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

W1 = Berat awal sampel (g)

W2 = Berat sampel kering (g)

**2.4.6 Analisa *Specific Gravity* Dan Penyerapan Agregat Kasar**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan *Bulk* dan *Apparent specific gravity* dan penyerapan dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C-127. Nilai ini diperlukan untuk menentukan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{C}{C-B}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi Kering} = \frac{C}{A-B}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi SSD} = \frac{A}{A-B}$$

$$\text{Persentase (\%) Penyerapan} = \frac{A-C}{C} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- A = Berat sampel kondisi SSD (Gram)
- B = Berat sampel kondisi jenuh (Gram)
- C = Berat sampel kondisi Kering (Gram)

**2.4.7 Analisa *Spesific Grafity* Dan Penyerapan Agregat Halus**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan *Bulk* dan *Apparent specific gravity* dan penyerapan dari agregat halus menurut prosedur ASTM C-128. Nilai ini diperlukan untuk menentukan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat halus dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Apparet Spesific Grafity} &= \frac{E}{E+D-C} \\ \text{Bulk Spesific Grafity Kondisi Kering} &= \frac{E}{B+D-C} \\ \text{Bulk Spesific Grafity Kondisi SSD} &= \frac{B}{B+D-C} \\ \text{Persentase (\%) Penyerapan} &= \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

Keterangan :

- A = Berat piknometer (Gram)
- B = Berat sampel kondisi SSD (Gram)
- C = Berat piknometer + sampel + air (Gram)
- D = Berat piknometer + air (Gram)
- E = Berat contoh kering (Gram)

**2.4.8 Pemeriksaan Keausan Agregat**

Pemeriksaan keausan agregat ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan #12 terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Berdasarkan SNI 03-2417-1991 keausan agregat kasar kurang dan sama dengan 40%, dan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan #12 (gram)

## 2.5 Perencanaan Campuran Beton

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangan. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*mix design*).

Perencanaan campuran beton juga bertujuan untuk mendapatkan kubikasi yang tepat pada saat pengecoran serta untuk mendapatkan beton yang ekonomis. Namun apabila menggunakan bahan penyusun yang baik belum tentu menjamin akan menghasilkan beton yang baik apabila proporsi campuran tidak dirancang dengan benar.

Untuk menentukan proporsi bahan-bahan pembentuk dalam merencanakan campuran beton dikembangkan berbagai metoda. Berikut ini beberapa metoda perencanaan campuran beton sebagai berikut:

### A. Metoda DOE (*Department Of Environment*).

Metode rancangan campuran beton dengan cara DOE ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Metode SNI 03-2834-2000, dalam prosedur rancangannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- 1) Metode ini berlaku untuk semen *Ordinary Portland Cement* (tipe I), *Rapid Hardening Portland Cement* (tipe II), *High Early Strength Cement* (tipe III) dan *Sulphate Resisting Portland Cement* (tipe V).
- 2) Metode ini membedakan antara agregat pecah (batu pecah) dan tidak pecah (agregat alami/kerikil) yang akan mempengaruhi jumlah pengguna air.
- 3) Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdasarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja dari campuran beton.
- 4) Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- 5) Kadar air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan

kerja yang diperlukan, dinyatakan uji slump.

- 6) Ukuran maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.
- 7) Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (fas) 0,5.

B. Metode ACI (*American Concrete Institute*)

Metode rancangan campuran beton dengan cara ACI dimuat dalam standar SNI 7656:2012, "Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa". Metode SNI 7656:2012, dalam prosedur rancangannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- 1) Metode ini tidak membedakan jenis semen hidrolis (berlaku untuk semua jenis semen hidrolis) dan jenis agregat.
- 2) Konsistensi campuran yang mempengaruhi kemudahan kerja dianggap hanya tergantung pada kadar air bebas dari proporsi campuran, dinyatakan dalam uji slump.
- 3) Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung hanya pada ukuran maksimum nominal dari agregat kasar tersebut.
- 4) Jenis pemadatan berpengaruh pada tinggi slump yang dianjurkan.
- 5) Estimasi volume bahan campuran beton dapat dilakukan berdasarkan ekivalensi berat maupun ekivalensi absolut.
- 6) Metode ini tidak memberikan batasan kadar minimum beton yang dapat digunakan.
- 7) Metode ini memberikan pengurangan air sebesar 18 kg/m<sup>3</sup> pada campuran beton yang menggunakan agregat kasar alami/kerikil.

Proporsi dari unsur pembentuk beton ini harus ditentukan sedemikian rupa sehingga terpenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- 1) Kekenyalan tertentu yang memudahkan adukan ditempatkan pada bekisting (*workability*) dan kehalusan muka (*finish ability*) beton basah, yang ditentukan dari:
  - a. Volume pasta adukan.
  - b. Keenceran pasta adukan.
  - c. Perbandingan campuran agregat halus dan kasar.
  - d. Kekuatan rencana dan ketahanan (*durability*) pada kondisi beton setelah

mengeras.

- 2) Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

## 2.6 Workabilitas

*Slump* test adalah salah satu cara untuk mengukur kecairan atau kepadatan dalam adukan beton. Tujuan *slump test* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada dalam adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifatnya *workability* (kemudahan dalam pekerjaan) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan bahwa beton semakin kental dan nilai *slump* yang tertinggi menunjukkan bahwa beton tersebut semakin encer.

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekecekan beton segar yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, pelaksanaan pengujian dengan cara kerucut *abrams* diletakan diatas talem baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dituang dalam 3 tahap, volume berturut-turut 1/3, 2/3, hingga penuh. Tiap lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja diameter 16 mm dan panjang 600 mm sebanyak 25 kali, penusukan dilakukan secara merata keseluruh bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan dibawahnya. Kemudian kerucut diangkat tegak lurus keatas, maka lapisan beton akan turun dari posisi semula, penurunan ini diukur dengan cara meletakkan kerucut *abrams* di sampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi selama ini disebut *slump* (ASTM C-143).

Untuk itu dianjurkan penggunaan nilai-nilai *slump* yang terletak didalam batasan yang telah ditentukan dalam Tabel 2.11:

**Tabel 2. 12** Penetapan Nilai *Slump*

Pemakaian Beton	<i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber: PBI-1971 (1971:38)

## 2.7 Perawatan Beton

Perawatan (*curing*) beton adalah prosedur setelah pengecoran yang dilakukan untuk menjaga beton agar proses hidrasi tidak mengalami gangguan. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus serta stabilitas dari dimensi struktur (Mulyono).

Perawatan beton merupakan suatu tahap akhir pekerjaan pembeconan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna. 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 (Tjokrodinuljo).

## 2.8 Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*compressive strength machine*). Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus (panduan praktikum teknologi bahan konstruksi, Universitas Dharma Andalas,2022):

### A. Kekuatan Tekan Beton ( $f'c$ )

$$\text{Kekuatan Tekan Beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

$f'c$  = Kuat tekan benda uji

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### B. Kuat Tekan Rata-rata Benda Uji ( $f'c'r$ )

Kuat tekan rata-rata benda uji adalah kuat tekan beton yang dicapai dari beberapa sampel benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan Rata-Rata Benda Uji} = \frac{\sum f'c}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

$f'c$  = Kuat tekan beton benda uji (Mpa)

$f'cr$  = Kuat tekan beton rata-rata jumlah benda uji (Mpa)

$n$  = Jumlah benda uji

1) Standar Deviasi (s)

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$S$  = Deviasi standar

$f'c$  = kuat tekan beton umur 28 hari (Mpa)

$f'cr$  = Kuat tekan beton rata-rata (Mpa)

$n$  = Jumlah benda uji

2) Kuat Tekan Karakteristik ( $f'ck$ )

$$f'ck = f'cr - (1,64s) \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

$f'ck$  = Kuat tekan karakteristik beton (Mpa)

$f'cr$  = Kuat tekan beton rata-rata (Mpa)

$s$  = Deviasi standar

## 2.9 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.13** Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
1	(Fuad, Indra Syahrul; Perwira, Andika; Jayusman, 2023)	Pengaruh Pemakaian Semen dan Pasir yang Berbeda Terhadap Kuat Tekan Beton.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penggunaan merek semen yang berbeda dan pasir sungai yang berbeda sebagai bahan campuran beton.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mutu beton terendah adalah beton yang menggunakan semen Holcim, sedangkan mutu beton tertinggi adalah beton yang menggunakan semen Batu Raja.</li> <li>b. Mutu beton terendah adalah beton yang menggunakan pasir sungai Lematang, sedangkan mutu beton tertinggi adalah beton yang menggunakan pasir sungai Ogan.</li> <li>c. Nilai kuat tekan beton tertinggi diperoleh saat menggunakan kombinasi semen Batu Raja dan pasir sungai Ogan.</li> </ul>
2	(Kharista, 2022)	Analisa pengaruh penggunaan merek semen yang berbeda sebagai variasi bahan campuran terhadap kuat tekan, kuat lentur dan absorpsi pada buis beton	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan merek semen yang berbeda sebagai variasi bahan campuran terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan absorpsi pada buis beton.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi merek semen yang berbeda beda memiliki nilai kuat tekan yang berbeda. Namun variasi merek semen yang paling optimal dalam penelitian ini adalah variasi merek semen padang, dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 35.20 MPa.</li> <li>b. Perbedaan semen mempengaruhi peningkatan nilai kuat lentur beton, peningkatan nilai kuat lentur yang terjadi belum optimal. Penambahan serat untuk beton dapat dilakukan sebagai upaya untuk mengoptimalkan kuat lentur beton</li> </ul>

**Lanjutan Tabel 2.12** Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
3	(Kiptiah & Giarto, 2023)	Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Semen OPC Dan Semen PCC Terhadap Pemanfaatan Sikament-Nn	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan semen OPC (Ordinary Portland Cement) dan semen PCC (Portland Composite Cement) dengan pemanfaatan Sikament-NN sebagai bahan tambahan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendukung pengurangan emisi gas rumah kaca dengan mengurangi konsumsi energi industri semen.	Untuk mendapatkan hasil penelitian secara spesifik (data kuantitatif, analisis perbandingan kuat tekan beton, dan kesimpulan mendalam terkait pengaruh Sikament-NN pada masing-masing jenis semen), Anda perlu merujuk pada bagian "Hasil dan Pembahasan" serta "Kesimpulan" dalam dokumen PDF tersebut. Bagian yang tersedia dalam file ini hanya memuat abstrak (intisari) dan pendahuluan, yang menyatakan bahwa potensi penurunan emisi CO2 sebesar 3,34 juta ton dapat terpenuhi apabila penggunaan semen OPC (semen... [teks terpotong]). Ini mengindikasikan bahwa penelitian ini akan menyajikan data dan analisis perbandingan kuat tekan beton untuk mendukung upaya tersebut.
4	(Istia, Ris Viko; Huwae, David Daniel, Marthin; Tahya, 2023)	Analisis Perbandingan Pemakaian Semen Tonasa dan Semen Conch Terhadap Kuat Tekan Beton	Penelitian ini dilakukan untuk menguji perbandingan kuat tekan beton dengan menggunakan semen Tonasa dan semen Conch. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton yang baik untuk digunakan dalam pekerjaan konstruksi.	

Lanjutan Tabel 2.12 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
5	(Istighfar, Irfan; Kurniawandy, 2016)	Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Semen PCC dan Semen Tipe 1 Terhadap Pemakaian Sikament NN	Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan solusi dalam meningkatkan kuat tekan semen PCC (Portland Composite Cement) agar mendekati nilai kuat tekan semen OPC (Ordinary Portland Cement) dengan penambahan Sikament-NN ke dalam campuran beton. Penelitian ini didasari oleh perkembangan produsen semen yang menghasilkan semen berkualitas tinggi dan berkelanjutan lingkungan, salah satunya adalah PCC.	Untuk mendapatkan hasil penelitian secara spesifik (data kuat tekan beton pada berbagai umur pengujian seperti 7, 28, dan 91 hari, serta analisis perbandingan antara semen PCC dan Tipe 1 dengan penambahan Sikament-NN pada berbagai rasio air-semen), Anda perlu merujuk pada bagian "Hasil dan Pembahasan" serta "Kesimpulan" yang seharusnya ada dalam dokumen lengkapnya. File yang Anda berikan hanya memuat abstrak dan pendahuluan. Abstrak menyatakan bahwa sampel berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, diuji pada umur 7, 28, dan 91 hari dengan 3 sampel untuk setiap pengujian. Desain campuran menggunakan metode ACI dengan rasio air-semen (w/c) 0,4; 0,35; dan 0,3. Juga disebutkan bahwa waktu awal untuk OPC adalah... (teks terpotong). Hal ini menunjukkan bahwa penelitian ini akan menyajikan data kuantitatif perbandingan kuat tekan beton berdasarkan variasi tersebut.