

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang pernah dilakukan tentang kuat tekan beton mutu tinggi adalah sebagai berikut ini.

1. Studi Eksperimental Setting Time Beton Mutu Tinggi Menggunakan Zat Adiktif *Fosroc SP 337* dan *Fosroc Conplast R* (Arman dkk., 2017).
2. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (*Fly Ash*) dan Zat Adiktif (*Bestmittel*) (Ervianto dkk., 2016).
3. Perilaku Mekanis Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Penggunaan *Superplasticizer* (Sudhiarta dkk., 2015).
4. Beton Mutu Tinggi dengan *Admixture Superplasticizer* dan Aditif *Silicafume* (Pujianto, 2011).
5. Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* dan *Fly Ash* (Pujianto, 2010).
6. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan *Conplast Sp 337* (Asri dkk., 2014).
7. Pengaruh Abu Terbang terhadap Karakteristik Mekanik Beton Mutu Tinggi (Kurniawandy dkk., 2011).
8. Program *Mix Design* untuk Beton Mutu Tinggi (Gunawan dan Setiono, 2010).
9. Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* dan *Sikament-nn* pada Campuran Beton Mutu Tinggi Mengacu pada metode *American Concrete Institute (ACI)* (Aamran, 2014).
10. Analisis Perencanaan Beton Mutu Tinggi (*High Strength Concrete*) dengan Semen Holcim (Husnah, 2016)
11. Variasi Pemakaian Pasir terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi  $f_c$  35 (Yanuar, 2014).

Berdasarkan beberapa referensi penelitian yang telah disebutkan diatas, maka penelitian terkait Analisis Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Variasi Ukuran

Agregat Kasar belum pernah dilakukan oleh penelitian sebelumnya dan terjamin kasliannya.

### 2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Beton Mutu Tinggi

Arman dkk. (2017) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui *setting* waktu pencampuran beton dengan Fosroc *conplast sp 337* dan *conplast r* saat sampai dilapangan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil dari nilai kuat tekan beton didapatkan beton normal 39,652 MPa pada saat beton 1% *conplast sp 337* dan *conplast r 30* menit naik menjadi 40,773 MPa atau 21%. Beton 1% *conplast sp 337* dan *conplast r 30* menit naik cukup signifikan menjadi 44,663 MPa atau 28%, dari beton 1% *conplast 337* dan *conplast r 60* menit dari beton normal terjadinya penurunan sebesar 14% dibandingkan dengan beton 1% *conplast sp 337* dan *conplast r 30* menit sudah terjadi penurunan kekuatan beton. Hasil dari pengujian keseluruhan kuat tekan beton dengan adukan 30 menit dengan tambahan zat adiktif *superplasticizer 337* dan *conplast r 1%* merupakan waktu yang paling baik.

Ervianto dkk. (2016) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah proporsi yang sesuai dalam penambahan zat adiktif (*bestmittel*) dan *fly ash* terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil dari penelitian kuat tekan beton dengan penambahan *fly ash* dan zat adiktif (*bestmittel*) 5%, 7,5% dan 10% sebesar 35,95 MPa; 41,49 MPa dan 40,45 MPa. Bahan tambah zat adiktif (*bestmittel*) pada beton mutu tinggi berbahan dasar *fly ash* mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin besar *fly ash* yang digunakan, maka akan menurun kuat tekannya jika terlalu banyak penggunaan *fly ash* yang ditujukan sebagai pengganti sebagian semen. Variasi penambahan *fly ash* 5% ke 7% mengalami penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 0,320% dan pada variasi 7,5% ke 10% mengalami penurunan kuat tekan rata-raa sebesar 1,16%.

Sudhiarta dkk. (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing *superplasticizer*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *superplasticizer* jenis *naphthalene formaldehyde Sulphonate* memberikan hasil kuat tekan yang lebih baik dibandingkan *superplasticizer* jenis

*aqueous solution of modified polycarboxylate* yaitu sebesar 7,70%, jika dilihat dari segi kuat tarik dan nilai *slump*, *superplasticizer* jenis *aqueous solution of modified polycarboxylate* memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan *napthalene formaldehyde sulphonate* yaitu sebesar 4,04% untuk kuat tarik belah dan 22,22% untuk nilai *slump*.

Pujianto (2011) melakukan penelitian yang bertujuan untuk merancang kuat tekan beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplasticizer* dan *silicafume*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil kuat beton optimum tanpa *silicafume* dapat dicapai sebesar 51,35 MPa dengan kadar *superplasticizer* sebesar 2% dengan *slump* sebesar 12,90 cm. Berdasarkan hasil kuat tekan beton optimum yang dapat dicapai sebesar 65,062 MPa dengan kadar *silicafume* 10%, kadar *superplasticizer* 2% dengan *slump* sebesar 9,20 cm. Kuat tekan beton mutu sangat tinggi adalah (> 80 MPa) belum dapat dicapai, namun masih termasuk beton mutu tinggi (> 60 MPa). Perbandingan berat bahan susun beton optimum tanpa *silicafume* dengan kadar *superplasticizer* 2% adalah 1 *superplasticizer* : 5,67 air : 2,22 *silicafume* : 20 semen : 22,65 pasir : 20,91 koral. Sedangkan berat bahan susun beton optimum dengan kadar *silicafume* 10% dan *superplasticizer* 2% adalah 1 *superplasticizer* : 5,67 air : 2,22 *silicafume* : 20 semen : 22,65 pasir : 20,91 koral.

Pujianto (2010) melakukan penelitian yang bertujuan untuk merancang kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan *superplasticizer* dan *fly ash*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil kuat tekan beton optimum tanpa *fly ash* yang dapat dicapai adalah sebesar 51,35 MPa dengan kadar *superplasticizer* sebesar 2%, dan *slump* sebesar 18,15 cm. Berdasarkan hasil kuat tekan beton menggunakan kadar *fly ash* 12%, kadar *superplasticizer* 2%, dan *slump* 14,95 cm dapat dicapai sebesar 57,11 MPa. Perbandingan berat bahan susun beton optimum tanpa *fly ash* dengan kadar *superplasticizer* 2% adalah 1 *superplasticizer* : 14 air : 50 : semen : 29,97 pasir 63,69 *split*. Berat bahan susun beton optimum dengan menggunakan kadar *fly ash* 10% dan *superplasticizer* 2% adalah 1 *superplasticizer* : 14 air : 5 *fly ash* : 45 semen : 29,97 pasir : 63,69 *split*.

Asri dkk. (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dan spesifikasi lainnya yang dicapai beton dengan penambahan

*conplast sp 337*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa kuat tekan beton dengan masing-masing adukan 1,2 : 2 : 3 (B5) mencapai 48,81 MPa lebih besar 4,5% dari kuat tekan benda uji beton normal (B1). Adukan 1 : 2,5 : 3 dengan penambahan *superplasticizer 337* (B3) hanya mencapai 35,67 Mpa lebih rendah dari kuat tekan benda uji beton normal (B1) sebesar 23,71%. Komposisi jumlah pemakaian semen sangat menentukan kekuatan beton. Bahan tambah *conplast sp 337* sangat membantu dalam pengerjaan dan sangat besar pengaruhnya terhadap kepadatan beton.

Kurniawandy dkk. (2011) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui variasi campuran abu terbang terhadap karakteristik mekanik beton mutu tinggi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran *fly ash* dengan persentase 20% dari berat semen dapat dicapai maksimal sebesar 41,03 MPa, sedangkan pemakaian *fly ash* sebesar 15%, 25%, dan 30% akan menyebabkan penurunan kuat tekan. Nilai tertinggi kuat tarik belah adalah 3,18 MPa dengan kadar *fly ash* adalah 20%. Peningkatan kuat tarik beton berbanding lurus dengan kuat tekan, sehingga kuat tarik maksimum juga terjadi pada kandungan *fly ash* 20%.

Guanawan dan Setiono (2010) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan komposisi material dan bahan yang sesuai agar kualitas beton yang direncanakan dapat mencapai target. Penelitian ini menggunakan metode riset. Hasil penelitian ini didapatkan alat bantu *software* yang dapat mendiasin campuran beton mutu tinggi *JTSUNS High Strength Concret Mix Design* dengan akurasi yang tinggi dan dengan mudah dioperasikan yang dapat membantu mempersingkat proses bertujuan campuran beton. Perangkat lunak ini menggunakan tiga metode yaitu metode ACI, metode SKSNI dan metode *ROAD NOTE NO 4*.

Amran (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton dengan bahan tambah *silica fume* sebagai bahan pengganti semen dan *sikament-nn*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil penelitian ini didapatkan penggunaan *silica fume* 15% pada umur 28 hari kuat tekan optimum mencapai 458,6 kg/cm<sup>2</sup> lebih besar dari kuat tekan lainnya, hasil ini belum mencapai target yakni 600

kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan *silica fume* pada beton dengan kadar 15% dapat menurunkan semen, namun dengan menggunakan *silica fume* konstruksi beton dapat dilakukan pemeliharaan sendiri karena betuk fisik dari beton cenderung halus. Penambahan *sikament-nn* dan *silica fume* lebih efektif dilakukan dengan batas 0,5% dan 15%.

Husnah (2016) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kuat tekan beton pada umur 7 hari , 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan menggunakan semen Holcim PCC II. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil penelitian ini didapatkan beton kubus dengan dimensi 15 x 15 x 15 cm<sup>3</sup> menggunakan semen Holcim PCC tipe II pada umur 7 hari sebesar 53,3 MPa, umur 14 hari sebesar 53,4 MPa, umur 21 hari sebesar 53,6 MPa umur 28 hari sebesar 54 MPa. Agregat kasar dalam campuran beton merupakan bahan utama pembentuk beton. Agregat kasar sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Pengujian agregat kasar dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tidak boleh dari 40%.

### **2.1.2. Penelitian Terkait tentang Agregat Halus**

Sudhiarta dkk. (2015) melakukan penelitian menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan agregat halus yang berasal dari Kali Progo, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Hasil penelitian ini didapatkan agregat halus dengan gradasi butiran daerah 2. Adapun hasil dari berat jenis yaitu 2,39, berat satuan yaitu 1,73 g/cm<sup>3</sup>, kadar lumpur yaitu 2,80%, penyerapan air yaitu 1,22%.

Ervianto dkk. (2016) melakukan penelitian menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan agregat halus yang berasal dari Kali Progo, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Hasil penelitian ini didapatkan agregat halus dengan gradasi butiran daerah 2. Adapun hasil dari pengujian berat satuan yaitu 1,31 g/cm<sup>3</sup>, kadar lumpur yaitu 4,53%, kadar air yaitu 4,57%, penyerapan air yaitu 0,26%, berat jenis yaitu 2,59, gradasi butiran agregat 2,648.

Tabel 2.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Penguji		Satuan
		Sudhiarta dkk, (2015)	Ervianto dkk, (2016)	
1	Gradasi	Daerah 2	Daerah 2	-
2	Modulus Halus Butir	-	2,648	-
3	Kadar Lumpur	2,80	4,53	%
4	Kadar Air	-	4,57	%
5	Berat satuan	1,73	1,31	g/cm <sup>3</sup>
6	Berat jenis	2,39	2,59	-
7	Penyerapan air	1,22	0,59	%

### 2.1.3. Penelitian Terkait tentang Agregat Kasar

Ervianto dkk, (2016) melakukan penelitian menggunakan metode eksperimen yang. Penelitian ini menggunakan agregat kasar yang berasal dari Clereng Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Hasil penelitian ini didapatkan agregat kasar keausan yaitu 21,36%, berat satuan 1,55 g/cm<sup>3</sup>, penyerapan air yaitu 1,438%, kadar air yaitu 0,549%, berat jenis yaitu 2,63, kadar lumpur yaitu 1,75%. Pengujian kadar lumpur agregat kasar belum memenuhi standar yang diperbolehkan.

Sudhiarta dkk. (2015) melakukan penelitian menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan agrgeat kasar yang berasal dari Clereng Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Hasil penelitian ini didapatkan agregat kasar dengan kadar lumpur yaitu 0,40%, berat jenis yaitu 2,41, berat satuan yaitu 1,39 g/cm<sup>3</sup>, keausan yaitu 26,09%, penyerapan air yaitu 2,14%.

Yanuar (2014) melakukan penelitian mengguakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan agregat kasar yang berasal dari Clereng. Hasil penelitian ini didapatkan agregat kasar dengan keausan yaitu 21,72%, berat jenis yaitu 2,69, penyerapan air yaitu 1,14%, kadar lumpur yaitu 1,11%, kadar air yaitu 0,41%.

Tabel 2.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Penguji			Satuan
		Ervianto dkk, (1016)	Sudhiarta dkk, (2015)	Yanuar (2014)	
1	Penyerapan Air	1,438	2,14	1,14	%
2	Kadar Air	0,549	-	0,41	%
3	Kadar Lumpur	1,75	0,40	1,11	%
4	Berat Satuan	1,55	1,39	-	g/cm <sup>3</sup>
5	Berat jenis	2,63	2,41	2,69	-
6	Keausan	21,36	26,09	21,72	%

#### 2.1.4. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Beberapa perbedaan dengan penelitian sebelumnya tentang kuat beton mutu tinggi, selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan komposisi material yang dipakai pada penelitian	
				Terdahulu	Sekarang
1	Studi Ekperimental <i>Setting Time</i> Beton Mutu Tinggi Menggunakan Zat Adiktif <i>Fosroc Sp 337</i> dan <i>Conplast R</i> (Arman, 2017)	2017	Metode Eksperimen	Agregat kasar yang digunakan adalah <i>split</i> dengan ukuran agregat 1 – 2 dan 0,5 – 1.	Variasi agregat Kasar yang digunakan dengan ukuran 8 mm, 9,5 mm dan 12,5 mm.

Tabel 2.4 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan komposisi material yang dipakai pada penelitian	
				Terdahulu	Sekarang
2	Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) dan Zat Adiktif ( <i>Bestmittel</i> ) (Ervianto dkk, 2016)	2016	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan abu terbang ( <i>fly ash</i> ) dan zat adiktif ( <i>bestmittel</i> ) dengan variasi 5%, 7,5% dan 10%.	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer visocrete 1003</i> .
3	Perilaku Mekanis Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Penggunaan <i>Superplasticizer</i> (Sudhiarta dkk, 2015)	2015	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer</i> yang digunakan jenis <i>NFS</i> dan <i>ASOMPC</i> .	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer visocrete 1003</i> .
4	Beton Mutu Tinggi dengan <i>Admixture Superplasticizer</i> dan Aditif <i>Silicafume</i> (Pujianto, 2011)	2011	Metode Eksperimen	Semen yang dipakai adalah semen portland normal tipe I merk Nusantara.	Semen yang dipakai adalah semen Gresik PPC I.

Tabel 2.5 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan komposisi material yang dipakai pada penelitian	
				Terdahulu	Sekarang
5	Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah <i>Superplasticizer</i> dan <i>Fly Ash</i> (Pujianto, 2010)	2010	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer sikament NN type F</i> .	bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer viscocrete 1003</i> .
6	Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan <i>Conplast Sp 337</i> (Asri, 2014)	2014	Metode Eksperimen	Benda uji beton yang dipakai berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm.	Benda uji beton yang dipakai berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
7	Pengaruh Abu Terbang terhadap Karakteristik Mekanik Beton Mutu Tinggi (Kurniawandy dkk, 2011)	2011	Metode Eksperimen	Agregat kasar yang dipakai adalah batu pecah yang berasal dari Merak, Pekanbaru.	Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta.
8	Program <i>Mix Design</i> untuk Beton Mutu Tinggi (Gunawan dan Setiono, 2010)	2010	Metode Riset	<i>Software</i> yang digunakan <i>JTSUNS High Strength Concrete Mix Deisign</i> .	<i>Microsoft Excel</i> yang digunakan membuat <i>mix design</i> pada beton mutu tinggi.

Tabel 2.6 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan komposisi material yang dipakai pada penelitian	
				Terdahulu	Sekarang
9	Pengaruh Penggunaan <i>Silica Fume</i> dan <i>Sikament-nn</i> pada Campuran Beton Mutu Tinggi Mengacu pada Metode <i>American Concrete Institute (ACI)</i> (Amran, 2014)	2014	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan <i>silica fume</i> dan <i>sikament-nn</i> .	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer</i> visocrete 1003.
10	Analisa Perencanaan Beton Mutu Tinggi ( <i>High Strength Concrete</i> ) dengan Semen Holcim (Husnah, 2016)	2016	Metode Eksperimen	Bahan semen yang digunakan adalah semen Holcim PCC Tipe II.	Bahan semen yang digunakan adalah semen Gersik PPC tipe I.
11	Variasi Pemakaian Pasir terhadap Kuat tekan Beton Mutu Tinggi $f'c$ 35 (Yanuar, 2014)	2014	Metode Eksperimen	Bahan yang digunakan adalah pasir Barito dan pasir Rantau.	Bahan yang digunakan adalah pasir Merapi.

### **2.1.5. Keaslian Penelitian**

Berdasarkan dari hasil penelitian terdahulu dan sekarang maka penelitian yang berjudul Kuat tekan Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Ukuran Agregat belum pernah dilakukan sebelumnya dan dijamin keasliannya.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Beton**

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 (BSN, 2004), beton merupakan campuran dari semen hidraulik atau semen *portland*, agregat kasar, agregat halus dan air yang dapat ditambah dengan bahan tambah maupun tidak, yang membentuk masa padat. Bahan-bahan dasar penyusun beton adalah sebagai berikut ini.

1. Air
2. Semen – *Portland*
3. Agregat (kerikil dan pasir).

Setelah dicampur menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara padat dan cair) yang dapat dituangkan kedalam cetakan untuk membentuk beton yang diinginkan setelah menjadi padat/keras (Tjokrodinuljo, 2007)

### **2.2.2. Beton Mutu Tinggi**

Beton mutu tinggi adalah beton yang mendapatkan perlakuan khusus dan tidak dapat dicapai secara rutin apabila penggunaan material secara konvensional dan pencampuran beton secara normal. Beton mutu tinggi dapat dikatakan jika kuat tekannya melebihi diatas 40 MPa dan beton sangat tinggi apabila kuat tekannya melebihi 80 MPa dengan benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm pada umur 28 hari tergantung waktu yang akan ditentukan.

### **2.2.3. Kelebihan dan Kekurangan Beton**

Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain adalah sebagai berikut ini (Tjokrodinuljo, 2007).

1. Harga yang relatif lebih murah dan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
2. Bahan yang awet, tahan terhadap pengoratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan yang dikeluarkan lebih murah.

3. Kuat tekan yang cukup tinggi, sehingga apabila dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi, dapat menjadi satu kesamaan yang kuat terhadap tarik dan tekan.
4. Pengerjaan lebih mudah karena beton mudah dicetak dalam bentuk maupun ukuran yang diinginkan. Cetakan beton dapat dipakai lagi sehingga murah dan ekonomis

Selain memiliki kelebihan, beton juga memiliki kekurangan antara lain adalah sebagai berikut ini (Tjokrodinuljo, 2007).

1. Bahan dasar untuk penyusun agregat halus maupun agregat kasar sangat beragam sesuai dengan lokasi pengambilan bahan, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya juga beragam.
2. Beton yang direncanakan harus sesuai dengan bagiaanya sehingga memiliki beberapa kelas kekuatannya dan beragam perencanaannya.
3. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga beton mudah rapuh dan retak, sehingga sangat penting diberikan beberapa cara untuk mengatasinya seperti diberikan baja tulangan.

#### **2.2.4. Jenis Beton**

Beton juga digunakan sebagai struktur dalam kontruksi suatu bangunan seperti kolom, fondasi, plat dan balok. Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 (BSN, 2002), beberapa jenis beton yang dapat dipakai dalam konstruksi suatu bangunan adalah sebagai berikut ini.

1. Beton normal yaitu beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang yaitu beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersamaan dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak yaitu beton yang elemen betonnya tanpa tulanganatau dengan tulangan yang dicetak ditempat yang berbeda dan posisi akhir elemen dalm struktur.
4. Beton ringan yaitu beton yang menggunakan agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton

185 kg/m<sup>3</sup> kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

5. Beton praktekan yaitu beton yang telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.

### 2.2.5. Bahan Penyusun Beton

Beton memiliki bahan-bahan penyusun beton antara lain adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Semen

Semen adalah bahan perekat yang mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen terdiri dari dua jenis yaitu semen non-hidrolik dan semen hidrolik.

Semen hidrolik memiliki kemampuan untuk mengikat dan mengeras dalam air. Beberapa jenis semen hidrolik adalah kapur hidrolik, semen terak, semen *pozzolan*, semen *portland* dan semen alam. Sedangkan semen non-hidrolik tidak memiliki kemampuan dalam mengikat dan mengeras dalam air, namun perlu udara untuk dapat mengeras. Beberapa semen non-hidrolik adalah kapur. Semen yang terdapat di Indonesia adalah OPC (*Ordinary Portland Cement*), PCC (*Portland Cement Composit*) dan PCC (*Portland Cement Composit*).

Menurut SNI – 15 – 2049 – 2004 (BSN, 2004), semen OPC (*Ordinary Portland Cement*), adalah semen hidrolis yang diperoleh dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama pada kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium senyawa kalsium sifat dan boleh ditambah dengan menggunakan bahan tambah lainnya. Berdasarkan jenis dan penggunaannya semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) terdapat lima antara lain sebagai berikut ini.

- a. Jenis I adalah semen *portland* penggunaan yang umum dilakukan dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
- b. Jenis II adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat atau kalor hidrasi sedang.

- c. Jenis III adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikat terjadi.
- d. Jenis IV adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

Menurut SNI – 15 – 0302 – 2004 (BSN, 2004), semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) yaitu suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dan *pozzolan*, dengan kadar *pozzolan* 6% sampai dengan 40%. Berdasarkan jenis dan penggunaannya semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) dibagi menjadi empat jenis antara lain sebagai berikut ini.

- a. Jenis IP – U adalah semen *portland pozzolan* yang digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- b. Jenis IP – K adalah semen *portland pozzolan* yang penggunaannya untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis P – U adalah semen *portland pozzolan* yang penggunaannya untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis P – K adalah semen *portland pozzolan* yang penggunaannya untuk pembuatan beton dimana tidak diisyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

Menurut SNI – 15 – 7064 – 2004 (BSN, 2004), semen PCC (*Portland Cement Composit*) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama antara terak semen *portland* dan *gips* dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk anorganik lainnya seperti tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozzolan*, senyawa silikat dan batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen *portland*. Semen *portland* komposit biasanya digunakan pada pengerjaan seperti pengerjaan bata, jalan, selokan, pengerjaan beton, pembuatan elemen khusus yaitu beton pracetak, panel beton, beton prateka, bata beton, dan sebagainya.

## 2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi untuk pencampuran bahan pada pembuatan dengan kebutuhan bahan kira-kira sebanyak 70% dari volume beton. Agregat kasar sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian terpenting dalam pembuatan beton (Tjokrodinuljo, 2007). Agregat terbagi menjadi dua jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus.

### a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih dari 4,75 mm. agregat kasar dapat juga disebut kerikil, batu pecah ataupun *split*. Adapun syarat- syarat agregat kasar yang baik yaitu sebagai berikut ini.

- 1) Agregat kasar tidak reaktif terhadap alkali.
- 2) Nilai keausan agregat kasar tidak boleh lebih dari 40%.
- 3) Kadar lumpur agregat kasar tidak boleh lebih dari 15.
- 4) Agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
- 5) Agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak melebihi dari 1/5 jarak terkecil antar bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton dan 3/4 jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
- 6) Berat jenis agregat kasar berkisar 2,5 – 2,7.

### b. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran maksimum 4,75 mm yang disebut juga pasir. Adapun syarat-syarat agregat halus yang baik pada pencampuran beton adalah sebagai berikut ini.

- 1) Kadar lumpur agregat halus tidak boleh lebih dari 5%.
- 2) Agregat halus tidak reaktif terhadap alkali.
- 3) Agregat halus memiliki modulus halus butir berkisar 1,5 – 3,8.
- 4) Agregat halus jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika menggunakan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%.

- 5) Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak dengan percobaan warna larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas dan tidak boleh gelap dari warna standar atau perbandingan.

Tabel 2.7 Jenis agregat berdasarkan berat jenis (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Agregat	Berat Jenis
Agregat ringan	<2,0
Agregat normal	2,5 – 2,7
Agregat berat	2,8

Berdasarkan Tabel 2.6, agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu untuk agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0, agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya berkisar 2,5 – 2,7 dan agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya sebesar 2,8 (Tjokrodimuljo, 2007).

### 3. Air

Air adalah bahan campuran beton yang sangat penting dalam menentukan mutu dari beton. Tujuan dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi di dalam campuran beton, yaitu reaksi kimia antara campuran air dan semen yang menyebabkan campuran menjadi keras. Air yang dibutuhkan dalam campuran beton adalah berkisar 25% - 30% dari berat semen.

Berdasarkan SNI S – 04 – 1989 – F (BSN, 1989), adapun syarat-syarat penggunaan air pada campuran beton adalah sebagai berikut ini.

- a. Tidak boleh mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya.
- b. Tidak mengandung *klorida* (CL) lebih dari 0,5 gram/liter.
- c. Air yang dipakai harus bersih.
- d. Air tidak mengandung senyawa sulfat ( $SO^2$ ) lebih dari 1 gram/liter.
- e. Tidak mengandung garam yang dapat melarutkan dan dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.

#### 2.2.6. Bahan Tambah Kimia (*Superplasticizer*)

Menurut Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomer : 22/SE/M/2015 tentang pedoman penggunaan bahan kimia (*chemical admixture*) dalam beton, bahan tambah pengurangan air (*normal water reducer*). Bahan

tambah pengurangan air adalah bahan tambah campuran beton yang disebut juga *plasticizer* dalam teknologi beton. Pengurangan air yang tinggi akan terjadi dampak yang tidak diinginkan terhadap beton seperti *bleeding*. Jenis baru penurunan air (*HRWR / superplasticizer / SP*), yang secara kimia akan mampu mengurangi kadar air sampai dengan 30%. Bahan tambah *superplasticizer* dapat mempengaruhi kekuatan pada beton. Adapun komponen utama senyawa kimia dari bahan tambah ini adalah sebagai berikut ini.

1. *Sulfonated melamine formaldehyde condensates*.
2. *Sulfonated naphthalene formaldehyde condensates*.
3. Modifikasi *lignosulfonates*.
4. Lain-lain seperti asam *ester sulfonate* dan *ester karbohidrat*.
5. PCE – *Polycarboxylate Esther*.

Menurut SNI – 2945 – 1991 (BSN, 1997), bahan tambah dibedakan dari tipe-tipe adalah sebagai berikut ini.

1. Bahan tambah tipe A adalah bahan tambah yang dapat digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran beton yang menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
2. Bahan tambah tipe B adalah bahan tambah yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikat beton.
3. Bahan tambah tipe C adalah bahan tambah yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan beton dan dapat menambah kekuatan awal beton.
4. Bahan tambah tipe D adalah bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi air campuran untuk menghasilkan beton yang sesuai.
5. Bahan tambah tipe E adalah bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi air campuran untuk menghasilkan beton yang sesuai.
6. Bahan tambah tipe F adalah bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran 12% atau lebih yang dapat menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang diterapkan.
7. Bahan tambah tipe G adalah bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran 12% atau lebih dan dapat memperlambat waktu pengikatan beton.

### 2.2.7. *Slump* dan Faktor Air Semen (FAS)

Pada pengerjaan beton yang sering diperhatikan adalah kelecakan pada beton segar. Kelecakan beton biasanya diperiksa dengan uji *slump* untuk memperoleh nilai *slump* yang kemudian dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar. Beberapa factor-faktor yang mempengaruhi kelecakan pada beton segar adalah sebagai berikut ini (Ttjokrodimuljo, 2007)

1. Jumlah pasta dalam campuran adukan beton.
2. Besar butir maksimum.
3. Gradasi agregat.
4. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton.

*Slump* pada beton segar sangat erat kaitannya dengan faktor air seneb (fas) pada beton, semakin tinggi nilai yang didapat pada faktor air semen maka semakin tinggi pula nilai *slump* yang di dapat. Nilai *slump* tinggi akan berpengaruh pada kuat tekan beton yang cenderung akan kecil. Nilai faktor air semen dapat dilihat pada lampiran.

### 2.2.8. Kuat Tekan

Kinerja sebuah beton dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2003). Benda uji beton akan hancur dengan gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan beton. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekan adalah sebagai berikut ini.

1. Umur beton, karena semakin lama umur beton yang melebihi 360 hari maka mutu beton akan semakin menurun, berbanding terbalik jika beton masih berumur 28 hari.
2. *Workability*, pada saat pengerjaan beton biasanya beton yang memiliki *workability* tinggi cenderung mengalami *segregasi* dan *bleeding* yang menyebabkan nilai kuat tekan akan menurun.
3. Gradasi butiran hal ini sangat berpengaruh terhadap rongga-rongga yang tidak tertutup dengan rapat diakibatkan agregat kasar yang terllu kecil dan mudah hancur yang dapat menurunkan nilai kuat tekan beton.
4. Perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga suhu pada proses hidrasi.

5. Kadar semen, semakin tinggi kadar semen didalam beton, maka akan meningkatkan kuat tekan pada beton tersebut.
6. *Admixture*, penggunaan bahan tambah seperti *pozzolan* dan *supeplasticizer* sangat membantu dalam meningkatkan *workability* dan proses hidrasi semen yang dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.
7. Porositas, beton yang mengalami porositas yang tinggi akan menurunkan kuat tekan pada beton dan sebaliknya.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum dengan satuan  $\text{kg/cm}^2$  atau MPa (*Mega Pascal*) yang didapatkan pada persamaan 2.1 berdasarkan SNI-03-1968-1990 (BSN, 1990). Nilai kuat tekan beton umumnya lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya, oleh karena itu mutu beton ditinjau berdasarkan kuat tekannya (Tjokrodinuljo, 2007).

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 2.1$$

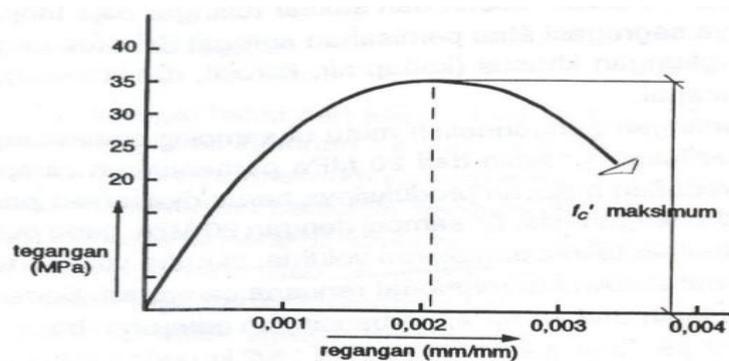
Dimana :

$F'_c$  = kuat tekan silinder (MPa),

P = beban tekan maksimum (kg), dan

A = luas bidang tekan ( $\text{cm}^3$ ).

Meurut (Dipohusodo, 1996) grafik terlihat bahwa beton yang berkekuatan lebih rendah mempunyai kemampuan defrmasi yang lebih rendah (daktalitas) yang lebih tinggi dari beton berkekuatan tinggi. Tegangan maksimum dicapai pada regangan tekan antara 0,002-0,005. Regangan ultimit pada saat hancurnya beton berkisar antara 0,003-0,004.



Gambar 2.1. Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton (Dipohusodo, 1996)