

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang pecahan kaca digunakan sebagai bahan substitusi agregat sudah pernah dilakukan. Beberapa penelitian itu seperti Indriani (2016) Pada Jurnal berjudul “Pemanfaatan Pecahan Kaca sebagai Agregat Halus Beton” dilakukan penelitian untuk menggunakan pecahan kaca yang dihancurkan menggunakan *hammer* hingga ukuran beling memiliki ukuran kurang dari atau sama dengan 5,0 mm yang merupakan ukuran agregat halus pasir pada umumnya. Pada penelitian ini dilakukan 3 pengujian kuat tekan yang pertama menggunakan bahan untuk membuat beton normal, kedua menggunakan pecahan kaca 15% dan pasir 85%, dan ketiga pecahan kaca 25% dan pasir 75%. Hasil dari penelitian ini adalah:

- a. Beton normal pada umur 7 hari memiliki kuat tekan  $317,5 \text{ kg/cm}^2$  dan pada 28 hari memiliki kuat tekan  $515 \text{ kg/cm}^2$ .
- b. Beton dengan pecahan kaca 15% dan pasir 85% pada umur 7 hari memiliki kuat tekan  $315 \text{ kg/cm}^2$  dan pada umur 28 hari memiliki kuat tekan  $540 \text{ kg/cm}^2$ .
- c. Beton dengan pecahan kaca 25% dan pasir 75% pada umur 7 hari memiliki kuat tekan  $385 \text{ kg/cm}^2$  dan pada umur 28 hari memiliki kuat tekan  $470 \text{ kg/cm}^2$ .

Sudjati, dkk (2014) telah melakukan penelitian terhadap serbuk kaca sebagai agregat halus dengan pembuatan benda uji mutu beton  $f'c$  25 MPa, bahan uji serbuk kaca dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30% ; fas 0,57 dan 0,46, dan pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur pada umur 28 hari. Hasil dari pengujian ini adalah:

- a. Kuat tekan beton dengan fas 0,46 memiliki rata-rata 21,13% lebih besar dari beton fas 0,57.

- b. Modulus elastisitas beton dengan fas 0,46 memiliki rata-rata 9,09% lebih besar dari beton fas 0,57.
- c. Kuat lentur beton fas 0,46 memiliki rata-rata 19,35% lebih besar dari beton fas 0,57.
- d. Kuat tarik beton fas 0,46 memiliki rata-rata 14,02% lebih besar dari beton fas 0,57.

Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton dan nilai modulus elastisitas berbanding lurus dimana semakin besar nilai kuat tekan beton maka semakin besar pula nilai modulus elastisitas beton.

Sudjati, dkk(2015) melakukan penelitian dengan menggunakan serbuk kaca dan *silica fume* dan pembanding kaca tanpa *silica fume*. Substitusi agregat halus digunakan persentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dan  $f'c$  20 MPa. Pengujian beton yang dilakukan adalah kuat tekan beton, modulus elastisitas, kuat tarik belah dan uji serapan air pada umur 28 hari. Hasil dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Kuat tekan beton dengan *silica fume* 21,16% lebih besar dari beton tanpa *silica fume*.
- b. Modulus elastisitas beton dengan *silica fume* memiliki rata-rata 23,79% lebih besar dari beton tanpa *silica fume*.
- c. Kuat tarik belah beton dengan *silica fume* memiliki rata-rata 18,91% lebih besar dari beton tanpa *silica fume*.
- d. Uji serapan air beton dengan *silica fume* memiliki rata-rata lebih kecil dari 9,90% beton tanpa *silica fume*.

Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Suhartini, dkk (2014) yaitu pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dengan mutu beton K-200, yang menggunakan limbah botol kaca dengan persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat pasir yang digunakan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 28 hari dan untuk kuat lentur pada umur 28 hari. Kesimpulan dari penelitian ini adalah kuat tekan paling tinggi yaitu dengan menggunakan kaca 2,5% dimana mengalami kenaikan sebesar 7,570% dari beton normal. Dan untuk kuat lentur

tertinggi didapat pada beton dengan menggunakan kaca 10% dimana mengalami kenaikan sebesar 22% dari beton normal. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan dengan modulus elastisitas tidak berbanding lurus dimana nilai modulus elastisitas pada beton serbuk kaca 20%, dan 30% mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton normal yang mana pada hasil kuat tekannya, beton tersebut memiliki nilai kuat tekan dibawah nilai beton normal.

Penelitian pecahan kaca sebagai pengganti sebagian agregat kasar juga pernah dilakukan oleh Aswad & Soeparyanto (2014) dimana mutu beton yang digunakan K-250, benda uji kubus beton 15 cm x 15 cm x 15 cm. persentase substitusi kaca sebagai agregat kasar adalah 0%, 40%, 60%, 80%, 100%. pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari. Dari penelitian ini diperoleh hasil semakin besar persentase kaca yang digunakan sebagai agregat kasar maka semakin kecil kuat tekan dari beton itu sendiri.

Selain ini penelitian limbah kaca sebagai agregat kasar pernah dilakukan oleh Mulyadi, dkk (2018) yang menggunakan mutu beton K-175. Variasi yang digunakan 0%, 10%, 20%, 30% dengan benda uji kubus, dan pengujian dilakukan pada umur 7, 14, 21, 28 hari. Hasil dari penelitian ini adalah nilai kuat tekan beton tertinggi didapatkan oleh beton normal dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 175,12 kg/cm<sup>2</sup> dan beton campuran kaca dengan persentase semakin besar mengalami penurunan semakin besar pula.

Dalam penelitian kali ini akan dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan mutu beton  $f'c$  30 MPa. Pengujian yang akan dilakukan adalah kuat tekan dan modulus elastisitas dan kuat tarik belah. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. benda uji yang diukur akan menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti agregat halus dengan persentase 0%, 5%, 10%, 20%. Pengujian kuat tekan beton akan dilakukan pada umur 7, 14, 28 hari sedangkan modulus elastisitas pada umur 28 hari saja.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Beton

Menurut SNI No.03-2834-2000, Beton merupakan suatu massa padat yang terbentuk dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, beserta bahan tambah (*admixture*) dan air. Proses pembentukan beton untuk menjadi massa padat atau batuan buatan terjadi karena ada rekatan yang disebabkan oleh reaksi kimia dari semen dan air (pasta semen). Beton merupakan teknologi bangunan yang umum digunakan dan dijumpai sehari-hari. Meskipun terlihat seperti sekedar mencampur bahan, pembuatan beton memerlukan kalkulasi untuk menjaga kualitas dari beton itu sendiri. Tujuan dari perhitungan campuran adukan beton agar komposisi dan kebutuhan beton bisa terpenuhi, menghindari dari terjadinya segregasi (pemisahan agregat dari adonan beton) dan juga *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan).

Beton memiliki beberapa kelebihan seperti, harga relatif lebih murah, mudah untuk diangkut dan dibentuk tahan terhadap aus dan kebakaran, tidak berkarat, dan perawatan yang relatif mudah.

Beton juga memiliki kekurangan seperti memiliki kuat Tarik yang rendah sehingga mudah retak jadi perlu digunakan tulangan demi mengatasi kuat tariknya, memiliki sifat getas, dan beton sulit kedap/rapat air. Pembuatan beton dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan karena kuat tekan beton bisa diubah berdasarkan perbandingan bahan susun dari beton itu sendiri dan penambahan bahan susunnya.

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan:

- a. berdasarkan kuat tekan  
menurut SNI 03-6468-2000 kuat tekan beton dibagi menjadi mutu rendah, mutu sedang, mutu tinggi.

Tabel 2.1 Beton Menurut Kuat Tekan

Mutu beton	Kuat tekan (MPa)
Mutu rendah	< 20
Mutu sedang	21-40
Mutu Tinggi	$\geq 40$

## b. beton berdasarkan berat satuan

menurut SNI 03-2847-2002 berat satuan beton ringan, beton normal, beton berat.

Tabel 2.2 Beton Menurut Berat Satuan

Jenis Beton	Berat satuan (kg/m <sup>3</sup> )
Beton ringan	$\leq 1.900$
Beton normal	2200-2500
Beton berat	>2500

## c. beton berdasarkan pembuatannya

beton berdasarkan pembuatannya dapat diklasifikasikan menjadi *pracetak/precast* dan *cast in-situ*. *Cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, *pre-cast* beton yang dicor di pabrik khusus dan setelah selesai dikirim menuju lokasi pembangunan.

Dalam pembuatan beton diperlukan perencanaan campuran beton untuk menentukan komposisi dari beton yang akan kita buat agar kuat tekan yang kita harapkan dapat tercapai. salah satu langkah merencanakan campuran beton terdapat pada SK-SNI T-15-1990-03

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dengan target memperoleh mutu beton tinggi yakni kuat tekan  $f'_c > 30$ .

### 2.2.2 Semen Portland

Semen portland adalah kombinasi antara kalsium, aluminium, silika, besi yang diatur dengan ketat dan tambahan beberapa bahan lain dalam jumlah kecil seperti gipsum yang ditambahkan pada saat penggilingan akhir untuk mengatur waktu pengikatan dari beton (Irawan, 2013).

Persentase senyawa oksida yang terdapat pada semen portland dan dibutuhkan menurut (Widjoko, 2010):

Tabel 2.3 Senyawa Oksida Semen Portland

Nama	Lambang	Jumlah(%)
Kalsium oksida	CaO	60-65
Silikon oksida	SiO <sub>2</sub>	17-25
Aluminium oksida	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-8
Ferrum Oksida	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-6
Magnesium Oksida	MgO	0,5-4
Sulfur	SO <sub>3</sub>	1-2

Selain itu, sebenarnya ada empat unsur utama yang membentuk sifat dasar dari semen portland. Berdasarkan Tjokrodinuljo(1996) Unsur tersebut ialah:

#### 1. Trikalsium Silikat(C<sub>3</sub>S)

Trikalsium Silikat memiliki komposisi kimia 3CaO.SiO<sub>2</sub> dan memiliki lambang kimia C<sub>3</sub>S. Trikalsium Silikat merupakan unsur yang memiliki peranan penting dalam 14 hari pengerasan semen. Saat trikalsium silikat terkena air, hidrasi langsung terjadi dan juga menghasilkan panas.

#### 2. Dikalsium Silikat(C<sub>2</sub>S)

Dikalsium Silikat memiliki komposisi kimia 2CaO.SiO<sub>2</sub> dan memiliki lambang kimia C<sub>2</sub>S. reaksi kimia terhadap unsur ini terjadi lebih lambat dibandingkan dengan C<sub>3</sub>S yakni bereaksi setelah lebih dari 7 hari proses

pengerasan semen. Unsur ini memberikan efek ketahanan terhadap serangan kimia (*chemical attack*) dan juga mengurangi susutan pengeringan.

3. Trikalsium Aluminat ( $C_3A$ )

Trikalsium Aluminat memiliki komposisi kimia  $3CaO \cdot Al_2O_3$  dan memiliki lambang kimia  $C_3A$ . unsur ini berhidrasi dengan sangat cepat. Unsur ini memberikan kekuatan sesudah 24 jam.  $C_3A$  sangat berpengaruh terhadap panas hidrasi tinggi, dan bila semen mengandung unsur ini lebih dari 10%, maka semen akan rentan terhadap serangan dari asam sulfat. Maka dari itu, semen tahan sulfat tidak boleh mengandung  $C_3A$  lebih dari 5%.

4. Tetrakalsium Aluminoforit ( $C_4AF$ )

Tetrakalsium Aluminoforit memiliki komposisi kimia  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$  dan lambang kimia  $C_4AF$ . Unsur ini tidak memiliki peranan dalam kekerasan semen atau beton.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 "Semen Portland", ada beberapa tipe semen yaitu:

a. Semen Portland Jenis I

Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

b. Semen Portland Jenis II

Semen Portland yang digunakan untuk menahan tingkat sulfat dan kalor hidrasi yang sedang.

c. Semen Portland Jenis III

Semen Portland yang digunakan saat memerlukan kekuatan tinggi pada proses awal terjadi pengikatan.

d. Semen Portland Jenis IV

Semen Portland yang digunakan saat diperlukan kalor hidrasi rendah.

e. Semen Portland Jenis V

Semen Portland yang digunakan untuk menahan sulfat yang tinggi.

Dalam penelitian kali ini akan digunakan semen portland jenis I merk semen padang.

### 2.2.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pembentukan beton. Air memiliki fungsi sebagai pereaksi semen portland melalui reaksi hidrasi agar menjadi perekat. Air memiliki peranan penting dalam pembuatan beton karena sangat mempengaruhi kualitas ikatan antar bahan dan menentukan kuat tekan beton itu sendiri. Berdasarkan SK SNI S-03-1989-F “Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A” air yang dapat digunakan dalam campuran beton yaitu:

- a. Air harus bersih dan bebas dari bahan yang merusak beton seperti oli, asam, alkali, garam, bahan organik, dll.
- b. Air tidak berwarna dan tidak berbau
- c. Tidak mengandung benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- d. Kandungan garam dan zat organik <15 gram/liter.
- e. Klorida (Cl)<0.50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO<sub>3</sub>.

Dalam penelitian ini akan digunakan air dari laboratorium BBPJN wilayah II.

### 2.2.4 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral ataupun benda yang digunakan sebagai pengisi dari suatu mortar atau beton. Agregat sendiri menjadi komposisi yang terbesar dalam sebuah beton karena mencapai 70% dari beton. Agregat terbagi atas dua jenis yakni agregat kasar dan agregat halus. Perbandingan penggunaan agregat kasar dan halus ini ditentukan berdasarkan dari besarnya ukuran agregat tersebut dan sesuai dengan pengujian yang dirangkum pada desain perencanaan beton.



Agregat dikatakan kasar bila ukuran dari agregat lebih besar dari 4,8 mm melalui pengujian analisa gradasi agregat. umumnya agregat kasar sering disebut dengan kerikil batu alami atau kricak (batu pecah).

Agregat halus merupakan agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,8 mm. Agregat halus juga biasa disebut dengan pasir, dan cara memperolehnya bisa melalui penggalian tanah, sungai, maupun memecahkan batu.

Dalam pengerjaan beton, agregat yang dapat digunakan harus memenuhi beberapa syarat sehingga beton yang dihasilkan baik. Menurut Sulianti,dkk (2018) agregat kasar yang dapat digunakan memiliki syaratnya:

- a. Kerikil merupakan butir keras dan tidak berpori, hal ini dimaksud agar kerikil tidak mudah hancur, menghasilkan beton yang keras juga dan tidak mudah tembus air.
- b. Kerikil tidak mengandung unsur organik.
- c. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.
- d. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam dan kasar sehingga memiliki gaya gesekan yang tinggi dan ikatan yang lebih baik.

Agregat halus juga memiliki syarat yang harus dipenuhi, seperti:

- a. Butir yang kuat, tajam dan bersudut.
- b. Tidak mengandung tanah, lumpur atau kotoran lain (yang melewati ayakan 0.15 mm). Kandungan kotoran ini tidak boleh lebih dari 5% dan pada kerikil tidak boleh lebih dari 1%.
- c. Tidak mengandung garam.
- d. Tidak mengandung zat yang dapat bereaksi terhadap kapur dan semen.
- e. Memiliki variasi besar butir yang baik karena rongga akan menjadi lebih kecil dan meningkatkan kualitas dari beton tersebut.
- f. Memiliki sifat kekal, tidak mudah hancur dan berubah bentuk karena cuaca.

Agregat halus pasir alam dapat diperoleh melalui beberapa cara:

a. Pasir galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah dan memiliki ciri-ciri umum tajam, bersudut, tidak bergaram, perlu dicuci

b. Pasir sungai

Pasir yang diperoleh dari dasar sungai dan memiliki ciri-ciri umum berbutir halus akibat gesekan.

c. Pasir laut

Pasir yang diperoleh dari pantai dan memiliki ciri-ciri umum butir-butir halus dan bulat, mengandung garam.

Dalam penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir yang *quarry*-nya berada di Sei Wampu. Lalu pada penelitian ini juga, jumlah pasir yang akan digunakan nantinya akan disubstitusi sebagiannya dengan limbah serbuk kaca yang mana berasal dari sisa-sisa pecahan kaca jendela yang dihancurkan dengan menggunakan penumbuk besi, dan yang digunakan adalah serbuk kaca yang memiliki ukuran lewat ayakan no. 4 dan tertahan pada no. 100.