

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan industri maju makin meningkat seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Namun fenomena tersebut tidak selamanya dapat diimbangi dengan penanganan limbah yang timbul akibat kegiatan industri rumah tangga, contohnya adalah pecahan botol kaca. Selama ini usaha pemanfaatan limbah tersebut belum optimal dan hanya dilakukan dengan cara mendaur ulang pecahan botol kaca menjadi berbagai produk kaca seperti gelas, piring, mangkok, botol, lampu dan sebagainya.

Pada umumnya kandungan unsur kimia pecahan botol kaca hampir sama dengan semen portland. Berdasarkan uji kandungan kimia pecahan botol kaca jenis kalsit yang dilakukan di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta (BTKL), ternyata silika,  $\text{SiO}_2$ , merupakan unsur kimia botol kaca yang paling dominan yaitu mencapai 71,9 % sehingga limbah ini merupakan “puzzolan” yaitu bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen. Dengan menghancurkan dan menggiling pecahan kaca menjadi tepung dengan ukuran  $75 \mu\text{m} - 150 \mu\text{m}$ , pecahan kaca dapat dimanfaatkan sebagai “puzzolan” dan bahan

pengisi (“filler”) untuk memperbaiki mutu beton dengan komposisi campuran berupa semen portland : pasir : kerikil : tepung kaca.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, tepung kaca dipakai sebagai pengganti sebagian dari berat semen. Dengan mempertimbangkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. kenaikan kuat desak silinder dan kuat lentur balok beton akibat penambahan tepung kaca, dan
2. mencari prosentase perbandingan campuran tepung kaca terhadap berat semen yang menghasilkan kuat desak dan lentur paling maksimum.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk membuat beton alternatif dengan memanfaatkan tepung kaca sebagai bahan campuran.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. memberikan informasi tentang jumlah prosentase tepung kaca terhadap peningkatan kuat desak beton yang masih memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan campuran beton, dan
2. hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu teknologi beton dan jasa konstruksi.

### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini dibuat agar masalah yang akan diteliti lebih terarah.

Adapun batasan penelitian tersebut adalah :

1. penelitian eksperimental dengan maksud mencari kuat desak dan kuat lentur balok,
2. kuat desak rencana  $f_c'$  adalah 25 Mpa,
3. agregat kasar digunakan kerikil dari Celereng, agregat halus adalah pasir dari Kali Krasak sedangkan semen yang dipakai adalah Semen Gresik, tipe I,
4. tepung kaca yang dipakai berasal dari pecahan botol kaca dengan ukuran 75 – 150  $\mu\text{m}$  sedangkan variasi tepung kaca terhadap berat semen adalah sebesar 2,5 %; 5 %; 7,5 %; dan 10 %,
5. digunakan tulangan polos dengan perincian;  $\varnothing 12$  mm untuk tulangan baja tarik,  $\varnothing 8$  mm untuk tulangan baja desak sedangkan untuk tulangan sengkang dipakai  $\varnothing 6$  mm,
6. benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan dimensi 300 x 150 mm untuk uji kuat desak dan balok beton bertulang dengan dimensi 1800 x 100 x 200 mm untuk uji kuat lentur,
7. jumlah sampel untuk tiap variasi adalah 10 buah silinder beton dan 2 buah balok beton bertulang, dan
8. Air yang digunakan adalah dari Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Konsep Beton Struktural

Menurut **Standar SK-SNI, (1991)**, beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat/batuan kasar dan halus dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

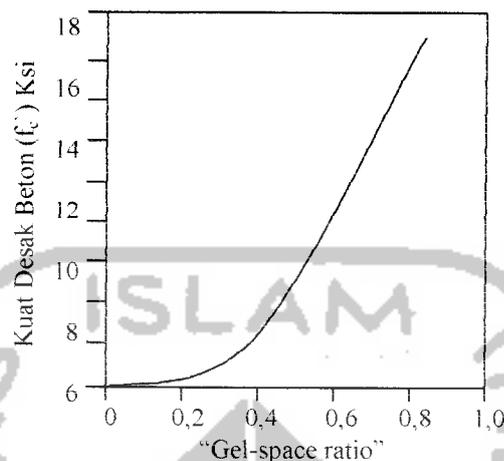
**Istimawan, (1994)**, mengemukakan bahwa nilai kekuatan serta daya tahan (“durability”) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, di antaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan “finishing”, temperatur, dan kondisi pengerasannya.

**Sagel, Kole, dan Gideon, (1993)**, berpendapat bahwa kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan jenis campuran.

**Popovic, (1998)**, mengatakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler dan pori udara, semakin besar porositas maka semakin kecil kuat desak beton yang terjadi.

**Popovic, (1998)**, mengemukakan bahwa luas permukaan gel dapat didekati dengan ukuran “gel-space ratio” ( $X_F$ ) dan merupakan fungsi pangkat tiga dari kuat desak beton ( $f_c'$ ) sehingga semakin besar “gel-space ratio” ( $X_F$ ), makin besar kuat

desak beton ( $f'_c$ ) yang terjadi. Hubungan antara kedua parameter tersebut dapat digambarkan dalam bentuk kurva seperti tampak pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Hubungan Kuat Desak Beton dengan "Gel-Space Ratio"

**Istimawan, (1994)**, mengatakan bahwa nilai kuat desak beton didapatkan dengan menggunakan mesin uji yang memberikan beban pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) dari 0 kN sampai hancur.

Menurut **Nawy, (1985)**, beban yang bekerja pada struktur menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban.

**Park dan Paulay, (1975)**, mengemukakan bahwa karakteristik beban dan lendutan penampang lentur pada saat leleh dan pada momen ultimit tergantung pada penampang karakteristik momen lengkung.

**Shah, Swartz, dan Ouyang, (1995)**, mengatakan bahwa semakin jauh jarak dua retak dengan beban yang sama pada balok beton bertulang yang mengalami kegagalan lentur, kekakuan yang terjadi makin besar.

## 2.2 Bahan Penyusun Beton

### 2.2.1 Semen Portland

Menurut **Kardiyono, (1989)**, semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan “gips” sebagai bahan tambahan. Sifat semen sangat dipengaruhi oleh komposisi kimiawi dan kehalusan penggilingan.

**Mindess dan Young, (1981)** mengatakan bahwa kapur, silika, dan alumina merupakan unsur-unsur penyusun semen yang paling berpengaruh terhadap jenis semen. Susunan unsur semen portland dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1. Susunan Unsur Kimia Semen Portland

Oksida	Persen, ( % )
Kapur, CaO	63
Silika, SiO <sub>2</sub>	22
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5
Magnesia, MgO	2,6
Sulfur, SO <sub>3</sub>	2
Soda, Na <sub>2</sub> O	0,3
Potas, K <sub>2</sub> O	0,6

**Kardiyono, (1989)**, mengemukakan bahwa setelah semen bersentuhan dengan air, akan terbentuk gel, C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>H<sub>3</sub>, yaitu pasta semen yang terdiri dari butiran sangat halus hasil hidrasi yang memiliki luas permukaan besar dan “calsium hidroksida”, Ca(OH)<sub>2</sub>, yaitu sisa semen yang tak bereaksi.

Menurut **Neville, (1973)**, jumlah gel dan “calsium hidroksida”,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , yang dihasilkan dari reaksi hidrasi semen tergantung pada jenis semen portland yang digunakan.

**Murdock dan Brook, (1979)**, mengemukakan bahwa senyawa-senyawa kimia yang terbentuk pada saat hidrasi semen adalah:

- 1) “tricalcium aluminate”,  $\text{C}_3\text{A}$  atau  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas dan menyebabkan pengerasan awal,

- 2) “tricalcium silikat”,  $\text{C}_3\text{S}$  atau  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

senyawa ini mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas sejumlah panas dimana kuantitas yang terbentuk dalam ikatan mempengaruhi kekuatan beton pada awal umurnya, hingga mencapai 14 hari,

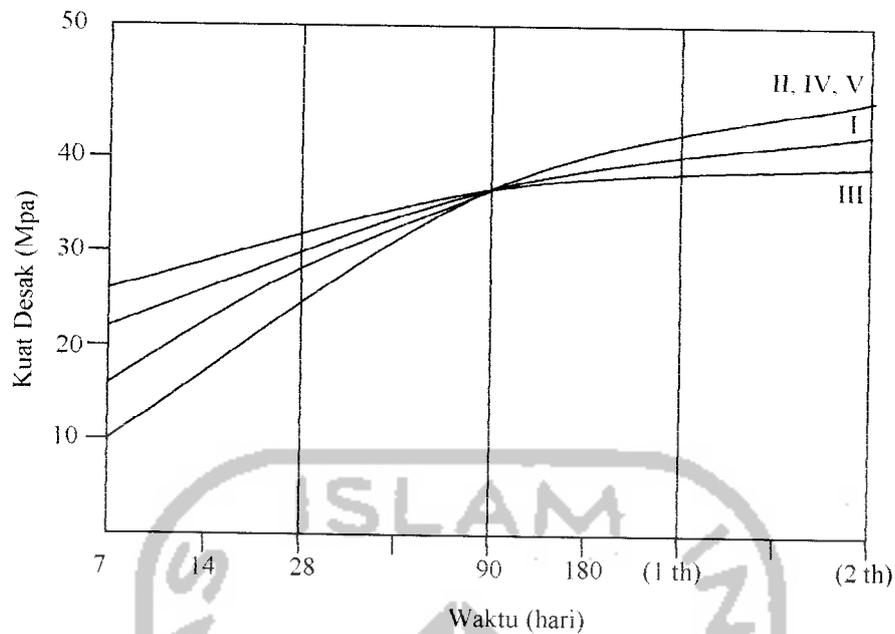
- 3) “dicalcium silikat”,  $\text{C}_2\text{S}$  atau  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat dimana senyawa ini mempengaruhi peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari, dan

- 4) “tetra calsium aluminoferrite”,  $\text{C}_4\text{AF}$  atau  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

senyawa ini secara umum tidak berpengaruh terhadap kekuatan semen.

**Mindess dan Young, (1981)** mengemukakan bahwa di antara keempat senyawa kimia semen portland yang terbentuk, “tricalcium silikat”,  $\text{C}_3\text{S}$ , mampu menghasilkan kuat desak tertinggi. Hubungan antara umur, kuat desak dan jenis semen di gambarkan dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2 Grafik Hubungan antara Umur dan Kuat Desak Beton

Menurut Nawy, (1990), kekuatan awal semen portland semakin tinggi apabila semakin banyak prosentase “tricalcium silikat”,  $C_3S$ . Jika perawatan kelembaban terus berlangsung maka kekuatan akhirnya akan lebih besar apabila prosentase “dicalcium silikat”,  $C_2S$  semakin besar.

Neville, (1973), mengemukakan bahwa dasar penggolongan jenis semen portland adalah menurut sifat-sifat senyawa kimianya sehingga dengan menambah/mengurangi prosentase unsur kimia yang dikandungnya, jumlah senyawa kimia yang dihasilkan akan berbeda dan diikuti dengan perubahan jenis semen portland.

Kusnadi, (1985), mengemukakan bahwa berdasarkan sifat-sifat komposisi dan senyawa kimianya, semen portland dapat dibedakan jenisnya yaitu:

1. jenis I, merupakan semen portland standard yang digunakan untuk semua bangunan beton tanpa persyaratan tertentu,

2. jenis II, dipakai untuk bangunan dengan pembetonan secara massal, seperti dam. Semen ini diperoleh dengan cara menambah prosentase  $C_2S$  dan mengurangi prosentase  $C_3S$  dari semen Portland jenis I,
3. jenis III, adalah jenis semen yang cepat mengeras dan memiliki kekuatan awal tinggi karena butirannya lebih halus dan mengandung prosentase  $C_3S$  yang lebih banyak. Jenis ini dipakai bilamana kekuatan harus dicapai dalam waktu singkat, seperti pembuatan jalan raya,
4. jenis IV, adalah semen yang memiliki panas hidrasi rendah, prosentase  $C_2S$  lebih banyak dari semen portland jenis I dan umumnya digunakan pada turap penahan tanah gravitasi, dan bendungan besar, dan
5. jenis V, merupakan semen yang tahan terhadap serangan sulfat, umumnya digunakan untuk pembuatan beton pada daerah laut/pantai.

Menurut **Kusnadi, (1985)**, jenis semen portland sangat mempengaruhi kuat desak beton. Hubungan antara jenis semen portland, prosentase senyawa kimia, dan kuat desak beton dapat disajikan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Prosentase Senyawa Kimia Semen Portland

Jenis Semen	Prosentase				Kuat Desak (%)		
	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$	Umur 3 hari	Umur 28 hari	Umur 3 bulan
Jenis I	53	24	8	8	100	100	100
Jenis II	47-50	32	3-8	12	80	85	100
Jenis III	58	16	8-15	8	190	130	115
Jenis IV	26-35	54-40	2-7	12	50	65	90
Jenis V	50	50	5	0	65	65	85

### 2.2.2 Agregat

**Murdock dan Brook, (1979)**, mengatakan bahwa agregat yang banyak digunakan untuk beton adalah pasir dan kerikil karena pertimbangan ekonomis dan kemudahan pengerjaan. Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanannya terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia dan penyusutan.

### 2.2.3 Air

Menurut **Sagel, Kole, dan Gideon, (1993)**, air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Kualitas air sangat mempengaruhi mutu beton. Air yang bebas dari lumpur, tidak mengandung garam-garaman, khlorida, dan senyawa sulfat sangat dianjurkan untuk digunakan.

## 2.3 Bahan Campuran

Menurut **Murdock dan Brook, (1979)**, “puzzolan” adalah bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen, di dalam bahan tersebut terdapat sedikit atau tiada sama sekali sifat-sifat semennya. Bahan ini digunakan untuk penambah, atau untuk pengganti sampai dengan 70 % semen.

**Neville, (1973)**, berpendapat bahwa “puzzolan” merupakan bahan mineral yang dipakai untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran butir yang tidak ada atau kurang pada agregat.

**Nawy, (1985)**, mengatakan bahwa banyaknya kapur bebas yang dilepaskan pada reaksi hidrasi semen sekitar 20 % dari berat semen sehingga memungkinkan terjadinya pemisahan struktur, oleh karena itu harus dicegah dengan menambahkan pada semen suatu mineral silika seperti “puzzolan” yang bereaksi dengan kapur membentuk bahan yang kuat, yaitu gel,  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Menurut **Murdock dan Brook, (1979)**, sejumlah bahan tersedia dalam bentuk tepung dapat digunakan untuk menambah karakteristik kohesip dari beton dan oleh karenanya memperbaiki ketahanan terhadap “bleeding”.

**Kardiyono, (1989)** mengatakan bahwa kaca termasuk benda padat buangan/limbah yang dapat dipakai sebagai pengganti agregat dalam pembuatan beton.

**Tata dan Saito, (1992)**, mengemukakan bahwa unsur dari botol kaca didominasi oleh kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang berkisar antara 72,3-73,3 %, tergantung dari jenisnya seperti di tunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Komposisi Kimia dari Botol Kaca.

Jenis	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	BaO	F <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Kalsit	72.3	1.86	0.60	0.17	10.63	13.46	0.54	0.31	0.55	0.25	-
Dolomit	73.3	1.93	0.37	3.76	5.82	14.07	0.46	0.23	0.34	0.06	0.04
Amber	72.5	1.45	0.09	3.77	7.34	13.71	0.61	-	0.29	0.26	-