

## BAB II

### TINJUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

1. Herbudiman dan Januar (2011), penelitian yang berjudul pemanfaatan serbuk kaca sebagai powder pada *self compacting concrete* didapatkan kadar optimum substitusi parsial serbuk kaca adalah 10%. Komposisi tersebut menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah rata-rata 49,08 MPa dan 4,08 MPa, yang menunjukkan peningkatan kekuatan sebesar +0,33% dan +4,88%. Kadar serbuk kaca hingga 20% masih menghasilkan beton diatas kuat tekan rencana 40 MPa. Pada kadar serbuk kaca hingga 30%, beton structural masih dapat dihasilkan dengan kuat tekan 32,23 MPa.
2. Yohanes (2013), melakukan penelitian tentang kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Dari penelitian ini didapatkan hasil berat volume beton umur 1 hari sekitar 2057-2149 kg. Berat volume beton hasil penelitian ini termasuk kategori beton berbobot normal menurut ACI dan SNI. Semakin banyak substitusi serbuk kaca pada semen akan membuat berat volume beton berkurang. Nilai kuat tekan pada umur 28 hari untuk kaca 6%, kaca 8% dan kaca 10% mengalami peningkatan terhadap kaca 0% tetapi, nilai kuat tekan beton pada variasi berikutnya yaitu pada kaca 12% dan kaca 15% mengalami penurunan. Nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi kaca 10% yaitu 31,1MPa.
3. Hendra dan Endang (2014) mengkaji kuat tekan dan kuat tarik belah belah beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dengan variasi serbuk kaca 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% dan 15%. Penambahan serbuk kaca di lakukan berdasarkan berat semen, pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton di lakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan dan tarik belah terbesar maksimum pada umur 28 hari terdapat

pada penambah serbuk kaca 10% dengan nilai kuat tekan 21,41 MPa dan kuat tarik belah 2,78 MPa.

## **2.2 Pengertian dan Sifat Beton**

### **2.2.1 Pengertian Beton**

Menurut SNI 2847:2013, definisi beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari.

Menurut maria dwi ferdiana (2018). Beton merupakan salah satu material konstruksi yang tersusun atas air, semen, dan gregat. Agregat di bedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan halus. Agar menjadi satu kesatuan yang kuat, material penyusun beton tersebut harus di campur sesuai dengan takaran yang pas. Perencanaan campuran adukan beton merupakan perancangan campuran komponen material penyusun beton. Perancangan ini bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan penyusun beton supaya memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis serta menghasilkan proporsi campuran yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Memiliki kriteria yang harus di penuhi, yaitu kekuatan tekan beton karakteristik, houngan dengan faktor air semen, serta kemudahan dalam mengerjakan.

### **2.2.2 Sifat – Sifat Beton**

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan getas. Sehingga umumnya beton diperkuat menggunakan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menahan gaya tekan.

Beton bertulang adalah kombinasi antara beton dan baja dimana tulangan yang merupakan baja yang berfungsi menyediakan kuat tarik tidak dimiliki pada beton umumnya. Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan pada berbagai kondisi lainnya. Kelebihan beton bertulang itu sendiri dapat dikatakan sebagai bahan konstruksi yang penting, seperti bangunan jembatan, pengerasan jalan, bendungan, terowongan dan sebagainya. Beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal dapat dipahami jika dilihat dari segala kelebihan yang dimiliki oleh beton itu sendiri. adapun kelebihan dari beton itu sendiri yaitu:

1. Beton memiliki kuat tekan yang relative tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton memiliki ketahanan yang tinggi terhadap api dan air.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang relative tinggi.
5. Beton merupakan suatu bahan yang ekonomis.
6. Beton dapat dicetak dengan bentuk yang beragam.
7. Beton terbuat dari bahan bahan lokal yang murah.

Beton juga memiliki kelebihan terhadap kondisi khusus yaitu:

### **2.2.3 Sifat Tahan Lama**

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

- a. Tahan terhadap pengaruh cuaca

Pengaruh terhadap cuaca yang dimaksud adalah pengaruh terhadap hujan dan pembekuan pada saat musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering yang bergantian.

- b. Tahan terhadap zat kimia

Yang dimaksud dengan tahan terhadap zat kimia adalah tahan terhadap daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, air limbah yang diakibatkan oleh pembangunan pabrik, air kotor yang diakibatkan oleh pembuangan air rumah tangga, gula dan sebagainya yang mempengaruhi kekuatan beton.

c. Tahan terhadap erosi

Yang dimaksudkan disini adalah tahan terhadap erosi akibat udara, dan beton dapat mengalami keikisan yang diakibatkan oleh adanya para pejalan kaki dan lalu lintas yang lewat melewati tempat diatasnya, gerakan ombak laut, atau partikel-partikel yang terbawa oleh angin dan air.

#### **2.2.4 Sifat Kedap Air**

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai, atau ruangan yang padat saat selesai dikerjakan mengandung air. Dan jika air menguap maka akan meninggalkan rongga rongga udara. Rongga udara ini merupakan peluang untuk masuknya air dari luar ke dalam beton. Semakin banyak rongga ini, maka kemungkinan masuknya air semakin besar. Sifat kedap air pada beton terutama didapat jika didalam beton itu tidak terdapat rongga udara yang akan menembus beton. Jika rongga-rongga udara tersebut tidak ditutup kembali, sifat beton tersebut akan menurun dengan sendirinya. Rongga ini dapat menyempit jika hidrasi semen sempurna, karena volume yang terjadi  $\pm 2,1$  kali lebih besar volume semen kering.

#### **2.2.5 Memenuhi Kekuatan Yang Hendak Dicapai**

Ada dua faktor yang membuat beton memenuhi kekuatan yang hendak dicapai yakni faktor air semen (Fas) dan kepadatan. Beton dengan fase semen kecil sampai dengan jumlah air yang cukup untuk hidrasi semen secara sempurna, maka dapat dipadatkan secara sempurna, akan memiliki kekuatan

yang optimal. Untuk mencapai kepadatan dan hidrasi sempurna, ada berapa hal yang mempengaruhi antara lain sebagai berikut:

- a. Keadaan selama terjadinya pengerasan. Selama semen mengeras, selalu cukup air supaya campuran beton tidak mengering sebelum proses pengerasan selesai.
- b. Karena pengerasan semen memakan waktu, maka perlu waktu yang cukup, biasanya waktu 4 minggu yang dipakai sebagai pedoman umum untuk waktu pengerasan semen atau beton.

### **2.3 Material Penyusun Beton**

Secara umum beton mengandung rongga udara sekitar 1-4%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan kasar) sekitar 60%-75%. Pencampuran bahan –bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan memikul beban.

Adapun material penyusun beton yang digunakan pada penelitian ini yakni semen Portland, serbuk kaca, air, dengan perbandingan variasi yang berbeda-beda yakni 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10 %.

#### **2.3.1 Semen Portland (PC)**

Semen Portland (Portland Cement) merupakan komponen beton yang berfungsi sebagai bahan pengikat anorganik. Secara umum, sifat utamanya adalah mengikat yang di bantu dengan adanya air dan akan mengeras secara hidrolis. Semen merupakan material halus, ukuran butiranya sekitar 0,05mm, yang terdiri atas hablur-hablur senyawa kompleks. (maria dwi ferdiana, 2018).

Semen Portland berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen Portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gypsum

dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari masa semen Portland komposit. Bahan utama pembentuk semen Portland adalah kapur (CaO), Silikat (SiO<sub>3</sub>), Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sedikit Magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gypsum (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen Portland adalah kapur CaO) sekitar 60-65%, silika (SiO<sub>3</sub>) sekitar (20-25%), dan oksida besi serta Alumina (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sekitar 7-12%

Tabel 2 . 1 Kandungan Bahan Kimia Dalam Semen

<b>Nama Oksida Utama</b>	<b>Kadar rata-rata %</b>
Kapur, CaO	60 - 65
Silika, SiO <sub>2</sub>	7 - 25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 - 6
Magnesia, MgO	0,5 - 4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1 - 2
Soda/Potash, Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,5 - 1

Sumber: Lilies Widojoko, 2010

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SNI 15-1049-2004 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986 dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut, sehingga yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen gresik yang sudah banyak dipakai di Indonesia. Ada beberapa jenis semen berdasarkan kegunaannya di bagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. OPC (*Ordinary Portland Cement*) atau semen jenis 1 ini adalah semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum atau bangunan yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Semen tipe ini memiliki kadar silika yang terbesar diantara tipe PPC dan PCC. Bisa di katakan jenis semen ini jenis paling baik di antara semen tipe PCC dan PPC.
2. PPC (Portland Pozzoland Cement) adalah semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak (clinker) semen portland dengan gipsium dan bahan pozzolan, untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang seperti jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, dan bangunan irigasi
3. PCC (Portland Composite Cement) adalah semen dari hasil penggilingan terak semen portland, gipsium, dan satu atau lebih bahan anorganik, untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, plesteran, selokan, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, dan paving block

#### **2.3.1.1. Sifat – Sifat Semen Portland**

##### **1. Kehalusan butir**

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butir semen dinamakan penampang spesifik, yaitu luas butir permukaan semen. Jika permukaan penampang semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah

terjadinya retak susut. Butir semen yang lewat ayakan No.200 harus lebih dari 78%. Untuk mengukur kehalusan butir semen digunakan "Turbidimeter" dari Wagner atau "Air Permeability" dari Blaine.

2. Waktu pengikatan (setting time)

Jangka waktu 30 menit sebagai waktu pengaturan minimum untuk pengaturan awal dan jangka waktu maksimum 600 menit karena waktu pengaturan maksimum ditentukan oleh spesifikasi teknis, dengan catatan tes dilakukan sesuai prosedur yang ditentukan oleh SNI 15 2049 2004.

3. Kekekalan bentuk

Yang dimaksud dengan kekelan bentuk adalah sifat dari bubur semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu bentuk itu tidak berubah. Apabila benda menunjukkan cacat (retak, melengkung, membesar atau menyusut), berarti semen itu tidak baik atau tidak memiliki sifat yang tetap.

4. Kekuatan semen

Kekuatan mekanis dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat/pengikat. Pada umumnya, pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan menentukan kuat lentur, kuat tarik atau kuat tekan dari campuran semen dengan pasir.

### **2.3.1.2. Klasifikasi semen Portland**

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland dibagi lagi menjadi 5 tipe:

Tipe I :Yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Tipe II :Yaitu Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.



Tipe III :Yaitu semen poortland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah peningkatan terjadi.

Tipe IV :Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan hidrasi rendah.

Tipe V :Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

### **2.3.2 Agregat Penyusun Beton**

Agregat adalah butiran-butiran mineral yang memiliki dimensi bervariasi. Agregat merupakan salah satu bahan penyusun beton. Berdasarkan cara pengolahan dan mendapatkannya, agregat di bedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat batuan alam dan agregat buatan. Berdasarkan ukurannya agregat terbagi menjadi 2 macam, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil / kricak / batu pecah). Adukan campuran beton agregat merupakan bahan pengisi yang memiliki komposisi 70-75% dari massa beton. (maria dwi ferdiana, 2018).

Secara umum agregat dapat diperoleh langsung dari alam atau diolah. Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat penyusun beton adalah sebagai berikut :

#### **2.3.2.1 Agregat Halus**

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari Lumajang yang terkenal dengan kadar lumpurnya hamper tidak ada. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan pasir alam dan olahan. Agregat halus mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000).

Agregat halus sendiri digolongkan menjadi 3 jenis yakni pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut.

1) Pasir galian

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali dari dalam tanah. Pada umumnya pasir jenis ini tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

2) Pasir sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, akibat proses gesekan yang terjadi sehingga daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

3) Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada pada pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun.

Berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000 agregat halus untuk bahan bangunan (kecuali agregat khusus, misalnya: agregat ringan dan sebagainya) sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan  $\leq 2,2$
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12% dan jika diuji dengan garam magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%
- d. Tidak mengandung zat organik yang terlalu banyak, yang dibuktikan dengan menggunakan NaOH 3%. Warna cairan di atas endapan pasir tidak boleh lebih gelap dari warna standar/pembanding.
- e. Modulus halus butir (MHB) diantara 1,50-3,80 dengan variasi butir sesuai dengan standar gradasi

- f. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali
- g. Agregat halus yang diambil dari laut/pantai diperbolehkan untuk digunakan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Adapun syarat batas gradasi agregat halus dapat dilihat tabel 2.2 syarat batas gradasi halus (Pasir).

Tabel 2 . 2 Syarat Batas Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Ayakan (mm)	Prosentase Lolos Ayakan							
	Zona I Pasir Ayakan		Zona II Pasir Agak Kasar		Zona II Pasir Agak Halus		Zona IV Pasir Halus	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,5	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	90	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	90	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Sumber:(SNI 03-2834-2000).

### 2.3.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- a) Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- b) Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6 %, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaiannya yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
- c) Sifat kekal dari agregat kasar dapat diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
  - Jika dipakai natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
  - Jika dipakai magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
- d) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.

- e) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
- f) Kekerasan dari agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 ton dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.

Jenis agregat kasar yang umum digunakan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:

- a. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti blast-furnace dan lain-lain.

### **2.3.2.3 Air**

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen (proses pengikatan) serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk

bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Kelebihan air yang ada digunakan sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan menimbulkan bleeding. Hasil bleeding ini berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

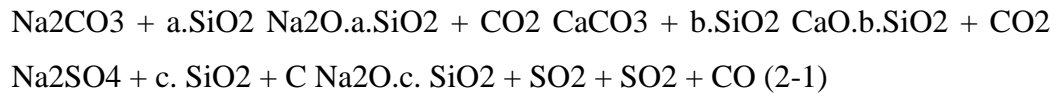
Fungsi air dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai pelicin bagi agregat halus dan agregat kasar.
- b. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
- c. Penting untuk mencairkan bahan/material semen ke seluruh permukaan agregat.
- d. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
- e. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

#### **2.4 Serbuk Kaca**

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun dia sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Sifat-sifat kaca yang khas dipengaruhi oleh keunikan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan proses pembentukannya.

Kaca memiliki sifat-sifat khas dibanding dengan golongan kramik lainnya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan (2-1) (dian, 2011) :



Tabel 2 . 3 Berat Isi Serbuk Kaca

### SERBUK KACA

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7640	7680	7650
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	4090	4130	4100
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1,36	1,38	1,37
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm <sup>3</sup> )	1,37		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8100	8040	8010
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	4550	4490	4460
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1,52	1,50	1,49
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm <sup>3</sup> )	1,50		

**Sumber :** Hasil Perhitungan

Tabel 2 . 4 Berat Jenis Dan Serbuk Kaca

Kode				
Nomor Botol		d1	d3	
Berat picno + s.kaca ( $W_2$ )	gr	105,2	103,4	
Berat picno ( $W_1$ )	gr	40,3	39,6	
Berat s.kaca ( $W_2 - W_1$ )	gr	64,9	63,8	
Suhu (T)	°C	27	27	
Berat Botol + Air pada T ( $W_4$ )	gr	139,9	138,6	
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	204,8	202,4	
Berat Botol + Air + s. kaca ( $W_3$ )	gr	177,6	176,3	
Faktor Koreksi Suhu		0,9965	0,9965	
Isi Tanah ( $W_2 - W_1$ ) + ( $W_4 - W_3$ )	cm <sup>3</sup>	27,20	26,10	
Berat Jenis s. kaca		2,378	2,436	
<b>Rata-rata</b>		<b>2,407</b>		

**Sumber :** Hasil Perhitungan

Karakteristik dari serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah:

1. serbuk kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau zero water absorption,
2. sifat serbuk kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air,
3. serbuk kaca dalam hal ini mempunyai sifat sebagai *pozzoland* yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton,
4. serbuk kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya dan tajam, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia,
5. serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau filler, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat. Dari hasil



pengujian serbuk kaca yang saya uji di Lab. Mineral & Material Maju, Universitas Malang memiliki beberapa kandungan kimia dalam serbuk kaca yaitu seperti Si, K, Ca, Ti, Cr, Fe, dan Cu seperti tabel berikut dibawah ini.



Gambar 2 . 1 Serbuk Kaca

## 2.5 Kualitas Beton

### 2.5.1 Kuat Tekan

Kemampuan beton mampu menerima gaya tekan, mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Persamaan kuat tekan beton sesuai dengan SNI 1974 – 2011, dapat ditulis sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- $f'c$  = Kuat tekan Beton ( $N/mm^2$ )
- $P$  = Beban Maksimum (N)
- $A$  = Luas penampang yang menerima beban ( $mm^2$ )

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam mix design. Hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah:

- 1) Faktor air semen, hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum adalah bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, tetapi kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah. Jika faktor air semen semakin rendah maka beton semakin sulit dipadatkan, dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen yang optimal yang menghasilkan kuat tekan yang maksimal.
- 2) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- 3) Jenis dan lekuk-lekuk (relief) bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar dari pada kerikil.
- 4) Efisiensi dari perawatan (curing). Kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan dilapangan dan pada pembuatan benda uji.
- 5) Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- 6) Umur pada keadaan yang normal, kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur, tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

### 2.5.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan silinder beton yang diperoleh dari pembebanan benda uji tersebut yang diletakan mendatar sejajar pada permukaan meja penekan mesin uji tekan sampai benda uji hancur, dinyatakan dalam satuan Mega Pascal (MPa).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 2491 – 2014 yaitu:

$$f'c = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

Ketereangan:

- $f'c$  = kuat tarik belah beton (N/mm<sup>2</sup>)
- $P$  = beban pada waktu belah (N)
- $L$  = Panjang benda uji silinder (mm)
- $D$  = Diameter benda uji silinder (mm)

Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,05-0,6 kali, sehingga untuk beton normal digunakan 0,57. Alasan utama dari kuat tarik yang kecil bahwa pada kenyataannya beton dipenuhi retak-retak halus yang tidak dipengaruhi bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan tetak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekan, berbeda jika beton menerima beban tarik.

### 2.5.3 Kuat Tarik Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal

(MPa) gaya tiap satuan luas. Kuat lentur beton (*modulus of rupture*) dapat dihitung dengan persamaan 3 jika keruntuhan terjadi di tengah SNI 4431-2011.

$$f'c = \frac{pL}{bh^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- f'c = kuat tarik lentur beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = beban masimum (N)
- L = Bentang benda uji balok (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- h = tinggi spesimen (mm)

Sedangkan persamaan 4 berikut digunakan jika keruntuha terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang.

$$f'c = \frac{Pa}{bh^2} \dots\dots\dots (4)$$

Ketereangan:

- f'c = kuat tarik lentur beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = beban maksimum (N)
- b = lebar balok (mm)
- h = tinggi balok (mm)
- a = jarak rata rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm).

## 2.6 Pengolahan Data

### 2.6.1 Pengertian Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empirik yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis dalam penelitian ilmiah adalah :

1. Memberikan tujuan yang jelas bagi penelitian.
2. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
3. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Hipotesis nihil ( $H_0$ ) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

Secara operasional dapat ditulis :  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

2. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) : yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis :  $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ .

### 2.6.2 Interval Kepercayaan

Dalam menggunakan metode interval kepercayaan ini biasanya ada dua kata yaitu “*true*” dan “*false*”. Dengan kata lain, dapat diartikan bahwa kata “*true*” memiliki arti bahwa data tersebut memenuhi syarat dalam metode interval kepercayaan, sedangkan kata “*false*” dapat diartikan sebaliknya yaitu belum memenuhi syarat dalam metode interval kepercayaan. Dalam metode interval kepercayaan setidaknya dari 5 sampel benda uji yang dibuat dari masing-masing

kadar haruslah ada 3 sampel yang memenuhi standar metode interval kepercayaan. Dalam penelitian ini menggunakan Interval kepercayaan 95%, dengan toleransi kesalahan berkisar 5%.

Berikut rumus ujiInterval Kepercayaan :

$$\bar{X} - \left( t_{0.975} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \bar{X} + \left( t_{0.975} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

Dimana:

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata dari data yang diuji

S = Standar deviasi

P = Persentil =  $\frac{1}{2} ( 1 + \text{interval konfidensi} )$

$t_p$  = nilai t pada persentil P yang dipilih

n = jumlah data

### 2.6.3 Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel.

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabelbebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

Untuk menganalisis hubungan parameter, digunakan metode fungsi kuadrat (*Sudjana, 2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ . Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Mencari koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

$$JK(b|a) = \left( b \left\{ \Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n} \right\} \right) + \left( c \left\{ \Sigma X^2Y - \frac{(\Sigma X^2)(\Sigma Y)}{n} \right\} \right)$$

$$JK(E) = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}$$

$$R^2 = \frac{JK(b|a)}{JK(E)}$$

Keterangan:

X = Variabel bebas.

Y = Data hasil pengujian.

n = Jumlah data

#### 2.6.4 Uji Korelasi

Dalam analisis korelasi yang dicari adalah koefisien korelasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y) atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Berikut rumus uji Korelasi :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Dimana :

- n = Banyaknya Pasangan Data X dan Y
- $\sum x$  = Total Jumlah Dari Variabel X
- $\sum y$  = Total Jumlah Dari Variabel Y
- $\sum x^2$  = Kuadrat Dari Total Variabel X
- $\sum y^2$  = Kuadrat Dari Total Variabel Y
- $\sum xy$  = Hasil Perkalian Dari Total Jumlah Variabel X Dan Y

Tabel 2 . 5 Kriteria Korelasi

r	Kriteria Hubungan
0	Tidak Ada Korelasi
0 - 0,5	Korelasi Lemah
0,5 - 0,8	Korelasi Sedang
0,8 - 1	Korelasi Kuat/Erat
1	Korelasi Sempurna

### Korelasi Positif (+)

- Perubahan salah satu nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang sama. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka variabel Y akan ikut naik. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Variabel Y akan ikut turun.
- Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati +1 (Positif Satu) berarti pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Positif yang kuat/erat.



### **Korelasi Negatif (-1)**

- Perubahan salah satu Nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang berlawanan. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka Variabel Y akan turun. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Nilai Variabel Y akan naik.
- Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati -1 (Negatif Satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Negatif yang kuat/erat.