

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. URAIAN UMUM

Mulai tahap perencanaan, pelaksanaan hingga tahap analisa, penelitian yang kami laksanakan berdasarkan sumber – sumber yang berkaitan dengan topik yang kami pilih, yaitu “*Analisis Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu K500*”. Sumber – sumber yang kami gunakan itu berupa peraturan – peraturan, referensi – referensi dan penelitian – penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya.

Sebagai dasar perencanaan campuran beton, kami menggunakan metode *DOE ( Department of Environment )* yang dimuat dalam SK.SNI. T – 15 – 1990 – 03 dengan judul “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*” dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI’71)

Pada bab ini, kami membahas mengenai teori – teori yang mendasari penelitian yang kami laksanakan. Materi yang akan dibahas berdasarkan referensi – referensi maupun peraturan – peraturan mengenai beton, antara lain :

- Beton Normal
- Beton Serat
- Serat *Polypropylene*
- Material pada Beton
- Perencanaan Pencampuran Beton ( *Mix Design* )

#### 2.2. BETON NORMAL

Dalam Teknologi Beton, Kardiono Tjokrodinuljo (2004), beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*.

Menurut Wuryati S. dan Candra R (2001), dalam bidang bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar ( pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain ) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971), beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air ( tanpa aditif ).

Sedangkan SK. SNI T – 15 – 1990 – 03 mendefinisikan beton sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat.

Dalam perencanaan beton sering dikenal dengan istilah beton konvensional. Beton konvensional adalah beton dengan penggunaan material, teknologi dan peralatan yang masih sederhana. Kekuatan tekan dari beton konvensional maksimum 25 Mpa pada umur 28 hari. Beton mempunyai massa jenis  $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$ .

Penggunaan konstruksi beton diminati karena beton memiliki sifat – sifat yang menguntungkan, seperti ketahannya terhadap api, awet, kuat tekan yang tinggi dan dalam pelaksanaannya mudah untuk dibentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Tetapi konstruksi beton juga mempunyai kelemahan – kelemahan, antara lain kemampuan menahan tarik yang rendah sehingga konstruksinya mudah retak jika mendapatkan tegangan tarik.

Nilai kekuatan tekan dari beton (SK.SNI.M-10-1991-03) diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur.

Nilai kuat tarik beton sangat kecil, berkisar antara 9% - 15% dari nilai kuat tekannya. Kecilnya nilai kuat tarik dari beton inilah yang merupakan kelemahan terbesar dari beton. Sehingga untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan diberi tulangan yang mampu menahan gaya tarik.



### 2.3. BETON SERAT

ACI ( *American Concrete Institute* ) memberikan definisi pada beton serat, yaitu suatu konstruksi yang tersusun dari bahan semen, agregat halus dan kasar serta sejumlah kecil serat (*fibre*).

Menurut Kardiyono (1994), beton serat ialah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton itu berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktil daripada beton biasa.

Banyak sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat, diantaranya adalah meningkatnya : daktilitas, ketahanan *impact*, kuat tarik dan lentur, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap pengaruh susutan, ketahanan abrasi, ketahanan terhadap pecahan atau fragmentasi, ketahanan terhadap pengelupasan.

Serat merupakan bahan tambah yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat beton. Berbagai macam serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat – sifat mekanik beton antara lain adalah *fiber* baja (*steel fibre*), *fiber polypropylene* (sejenis plastik mutu tinggi), *fiber* kaca (*glass fibre*), *fiber* karbon (*carbon fibre*), serta *fiber* dari bahan alami (*natural fibre*), seperti ijuk, rambut, sabut kelapa, serat goni dan serat tumbuh-tumbuhan lainnya.

Briggs (1974) meneliti bahwa batas maksimal yang masih memungkinkan untuk dilakukan pengadukan dengan mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan serat dengan aspek rasio (  $l/d$  ) < 100. Pembatasan nilai  $l/d$  tersebut didukung dengan adanya usaha – usaha untuk meningkatkan kuat lekat serat dengan membuat serat dari berbagai macam konfigurasi, seperti bentuk spiral, berkait, bertakik – takik atau bentuk – bentuk yang lain untuk meningkatkan kuat lekat serat.

Penambahan serat pada adukan beton dapat menimbulkan masalah pada *fibre dispersion* dan kelecakan (*workability*) adukan. *Fibre dispersion* dapat diatasi dengan memberikan bahan tambah berupa *superplasticizer* ataupun dengan meminimalkan diameter agregat maksimum, sedangkan pada *workability* adukan



beton dapat dilakukan dengan modifikasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan adukan beton yaitu nilai fas, jumlah dan kehalusan butiran semen, gradasi campuran pasir dan kerikil, tipe butiran agregat, diameter agregat maksimum serta bahan tambah.

Shell Chemical pada tahun 1966 mengenalkan jenis beton *caricrete*, yaitu beton yang mengandung sejumlah kecil *polypropylene* dalam bentuk serat halus. Jumlah maksimum yang dapat diberikan pada waktu itu adalah 1% tetapi nyata dapat menambah daya tahan terhadap pukulan dengan baik. Jenis beton pracetak *caricrete* ini digunakan sebagai pengganti batu lapis pelindung di dinding pelabuhan St. Helier, Jersey. *Caricrete* mampu menyerap energi gelombang sampai ketinggian 4 m. (John S. Scott, 2001)

Sudarmoko (1993) meneliti beton serat menggunakan *polypropylene* dengan panjang serat sekitar 2,5 cm sampai dengan 3 cm dan konsentrasi serat masing-masing 0.5 %, 0.75 %, 1 %. Kuat tarik belah pada umur beton 28 hari adalah berturut-turut 2.791 MPa, 3.324 MPa, 3.020 MPa. Jadi konsentrasi serat yang paling optimal adalah 0.75%. Dibandingkan dengan serat baja, kuat tarik belah *polypropylene* lebih rendah.

Penelitian Ziad Bayasi dan Jack Zheng (1993) menyimpulkan bahwa penambahan *fiber polypropylene* dengan konsentrasi *fiber* 0.3% tidak mempengaruhi *workability* dan kadar air dalam beton segar, sedangkan konsentrasi lebih dari 0.5% akan berpengaruh. Untuk gaya *impact* dan kuat lentur dihasilkan bahwa *fiber* dengan panjang  $\frac{3}{4}$  inci lebih efektif daripada *fiber* dengan panjang  $\frac{1}{2}$  inci untuk konsentrasi serat 0.3% atau kurang, sedangkan *fiber* dengan panjang  $\frac{1}{2}$  inci lebih efektif untuk konsentrasi serat 0.5%.

Dessy dan Silvany (2002) meneliti beton serat dengan serat kain sintetis dengan panjang serat  $\pm 5$  cm dan konsentrasi serat masing-masing 0%, 0.1%, 0.5%, 1%, 1.5%. Kuat lentur pada umur beton 28 hari adalah berturut-turut 5.400 MPa, 5.111 MPa, 4.978 MPa, 5.245 MPa, 4.488 MPa.

Heni dan Salim (2003) meneliti beton serat dengan serat kain sintetis dengan panjang serat  $\pm 2.5$  cm, dan konsentrasi serat masing-masing 0%, 0.1%,



0.5%, 1%, 1.5%. Kuat lentur pada umur beton 28 hari mengalami perubahan yang berkisar antara -2.85% sampai dengan +9.31% dari kuat lentur beton normal. Kuat lentur beton terbesar terjadi pada beton dengan penambahan serat sebanyak 1%. Kenaikan kuat lentur beton ini ditunjukkan oleh kondisi fisik benda uji, yaitu serat-serat kain tidak terlepas dari sampel melainkan putus pada saat pengujian.

#### 2.4. SERAT POLYPROPYLENE

*Polypropylene* adalah salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan sebagai bahan serat dalam campuran beton selama bertahun – tahun dan memiliki tegangan tarik yang tinggi. (John S. Scott, 2001)

Dalam penelitian ini kami menggunakan serat *polypropylene* produksi Sika atau lebih dikenal dengan istilah *sikafibre*. Jenis serat ini didesain untuk mengurangi terjadinya retak pada beton akibat *plastic shrinkage*, tetapi juga tidak menutup kemungkinan dapat meningkatkan kekuatan beton, baik itu berupa kuat tarik maupun kuat tekan beton.

Dalam pelaksanaannya, setiap 1 m<sup>3</sup> adukan beton digunakan sikafibre sebanyak 1 bungkus atau setara dengan 0.6 kg. Pengadukan campuran beton dan serat dilakukan selama 3 – 5 menit agar sikafibre dapat tercampur sempurna dalam adukan beton.



Gambar 2.1 Serat *polypropylene* produksi Sika

Tabel 2.1. Spesifikasi serat *polypropylene* produksi Sika

Colour	Natural
Specific Gravity	0.91 g/cm <sup>3</sup>
Fibre Length	12 mm
Fibre Diameter	18 micron
Tensile Strength	300 – 400 Mpa
Elastic Modulus	6000 – 9000 N/mm <sup>2</sup>
Water absorption	Nil
Softening Point	160 °C
Packaging	0.6 kg / bag

Sumber : *Technical Data Sheet Edition 3, 2005 Sika Fibre*

## 2.5. MATERIAL PENYUSUN BETON

Semen yang diaduk dengan air akan membentuk pasta semen. Jika pasta semen ditambah dengan pasir akan menjadi mortar semen. Jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. (Tri Mulyono, 2003)

### 2.5.1. SEMEN PORTLAND

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan, yang digiling bersama-sama bahan utamanya. Bahan utama penyusun semen adalah kapur (CaO), silica (SiO<sub>3</sub>), dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). (ASTM C-150)

Fungsi utama semen pada beton adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.



### 2.5.1.1. Tipe Semen

Ditinjau dari penggunaannya, menurut ASTM semen portland dapat dibedakan menjadi lima, yaitu :

- Tipe I – semen portland jenis umum (*normal portland cement*)  
Yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
- Tipe II – semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*)  
Semen ini memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen jenis I. Jenis ini digunakan untuk bangunan-bangunan tebal, seperti pilar dengan ukuran besar, tumpuan dan dinding penahan tanah yang tebal. Panas hidrasi yang agak rendah dapat mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan. Jenis ini juga digunakan untuk bangunan-bangunan drainase di tempat yang memiliki konsentrasi sulfat agak tinggi.
- Tipe III – semen portland dengan kekuatan awal tinggi (*high early strength portland cement*)  
Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki temperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin
- Tipe IV – semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*)  
Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Kekuatannya tumbuh lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi besar.

- Tipe V – semen portland tahan sulfat (*sulfate resisting portland cement*).

Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinnya. Pengerasan berjalan lebih lambat daripada semen portland biasa.

(Wuryati S. dan Candra R., 2001)

### 2.5.1.2 Bahan Penyusun Semen

Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silica (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 gipsum (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen. (Tri Mulyono, 2004)

Komposisi senyawa utama dan senyawa pembentuk dalam semen portland dapat dilihat pada **tabel 2.2** dan **2.3** berikut ini.

**Tabel 2.2** Komposisi Senyawa Utama Semen Portland

Nama Kimia	Rumus Kimia	Notasi	Persen Berat
Trikalsium Silikat	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	55
Dikalsium Silikat	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	18
Trikalsium aluminat	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	10
Tetrakalsium Aluminoforit	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	8
Gipsum	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	CSH <sub>2</sub>	6

Sumber : S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003





Tabel 2.3 Komposisi Senyawa Pembentuk Semen Portland

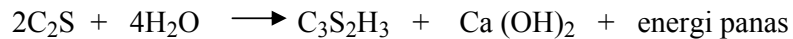
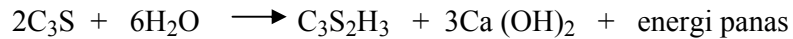
Oksida	Notasi	Nama Senyawa	Persen Berat
CaO	C	Kapur	64.67
SiO <sub>2</sub>	S	Silika	21.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	Alumina	6.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	Oksida Besi	2.58
MgO	M	Magnesia	2.62
K <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K	Alkali	0.61
Na <sub>2</sub> O	N	Alkali	1.34
SO <sub>3</sub>	S	Sulfur Trioksida	2.03
CO <sub>2</sub>	C	Karbon Dioksida	-
H <sub>2</sub> O	H	Air	-

Sumber : S. Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003

### 2.5.1.3 Hidrasi Semen

Ketika semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung ke arah luar dan ke dalam inti. Hasil hidrasi mengendap di bagian luar, sedang bagian dalam inti belum terhidrasi. Produk hidrasi akan membentuk kristal-kristal yang menyelimuti inti senyawa C<sub>3</sub>S. Lapisan tersebut menghalangi masuknya air ke dalam inti C<sub>3</sub>S. Air akan berusaha mencapai inti melalui proses difusi. Selama proses difusi berlangsung, tidak terjadi reaksi hidrasi untuk beberapa jam sehingga semen tetap dalam keadaan plastis. Setelah beberapa lama, air berhasil mencapai inti dan terjadi proses hidrasi lagi. Selanjutnya senyawa-senyawa yang dihasilkan membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan mengeras.

Adapun reaksi kimia yang terjadi saat proses hidrasi berlangsung adalah sebagai berikut.



Persenyawaan semen dengan air akan mengeluarkan panas. Adanya pembebasan panas ini membantu mempercepat pengerasan (proses hidrasi). Tetapi setelah pengerasan terjadi, bagian yang telah mengeras mempunyai sifat lambat menyalurkan panas.

### 2.5.2. AGREGAT

Dalam SK SNI T-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Kandungan agregat dalam suatu campuran beton biasanya sangat tinggi, komposisinya dapat mencapai 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka peran agregat menjadi sangat penting. Karena itu karakteristik dari agregat perlu dipelajari dengan baik, sebab agregat dapat menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan. (Tri Mulyono, 2004)

Penggunaan agregat dalam beton adalah untuk :

1. Menghemat penggunaan semen portland
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
3. Mengurangi susut pengerasan beton.
4. Mencapai susunan beton yang padat. Dengan gradasi yang baik, maka akan didapatkan beton yang padat.
5. Mengontrol *workabilty* beton. Dengan gradasi agregat yang baik (gradasi menerus), maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan.

(Wuryati S. dan Candra R., 2001)



### 2.5.2.1 Ukuran Butir Agregat

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut ASTM C33, agregat kasar adalah agregat batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.75 mm dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.75 mm. Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.75 mm dibagi lagi menjadi 2 yaitu, yang berdiameter 4.75 – 40 mm disebut kerikil beton, dan yang berdiameter lebih besar dari 40 mm disebut kerikil kasar. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm.

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan beton akan berkurang bila ukuran maksimum agregat bertambah besar. Karena butir-butir agregatnya besar, maka luas permukaannya makin kecil, sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pasta semen kurang kuat. Selain itu juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaan.

Untuk beton bertulang SK.SNI T-15-1991-03 memberikan batasan untuk ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm. Sebagai dasar perancangan campuran beton, besar butir maksimum agregat adalah :

1. Seperlima dari jarak terkecil antara bidang samping cetakan.
2. Sepertiga dari tebal pelat.
3. Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang tulangan ataupun dari tendon *prestresss* atau *ducting*.

Jika ukuran maksimum agregat lebih besar dari 40 mm, agregat tersebut dapat digunakan asal disetujui oleh ahlinya dengan mempertimbangkan kemudahan pengerjaan dan cara-cara pepadatan beton, selama pengerjaannya tidak menyebabkan terjadinya rongga-rongga udara atau sarang kerikil.

### 2.5.2.2 Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk agregat dipengaruhi oleh proses geologi batuan. Butiran yang pipih akan menghasilkan campuran beton yang lebih baik jika dibandingkan dengan butiran yang bulat. Bentuk-bentuk agregat ini lebih banyak berpengaruh terhadap sifat pengerjaan pada beton segar.

Jika dilihat dari tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin mudah beton dikerjakan. Akan tetapi jenis agregat dengan permukaan kasar lebih disukai karena akan menghasilkan ikatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat. (Tri Mulyono, 2004)

### 2.5.2.3 Persyaratan Agregat

Persyaratan-persyaratan yang diperlukan agar agregat dapat digunakan sebagai campuran beton terdapat dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971).

#### Persyaratan Agregat Halus :

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
2. Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Jika lebih dari 5 % maka agregat harus dicuci.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis yang terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi persyaratan dari percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak boleh kurang dari 95 % dari kekuatan

adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan NaOH 3 %, yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.

4. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan berturut-turut 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut :
  - a). Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2 % berat.
  - b). Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10 % berat.
  - c). Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus minimum 80% - 95% berat.
3. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui

Persyaratan Agregat Kasar :

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur lebih dari 1 %, maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat alkali yang reaktif.



5. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan *Impact test* dengan penumbuk seberat 15 lbs, dimana prosentase kehancuran maksimum adalah 30%. Selain itu juga dapat digunakan mesin pengaus Los Angeles, dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50 %.
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan berturut-turut sebagai berikut : 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
  - a). Sisa diatas ayakan 31.5 mm, harus 0 % berat.
  - b). Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90 % - 98 % berat.
  - c). Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60 % dan minimum 10 %.
7. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

### 2.5.3. AIR

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi beton, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Pemakaian air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan (PBI 1971) :

- a). Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b). Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c). Tidak mengandung klorida ( Cl ) lebih dari 0.5 gram/liter.
- d). Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran beton yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan.

## 2.6. PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*)

### 2.6.1. PENGERTIAN UMUM

Perencanaan campuran beton dilakukan untuk mengetahui komposisi yang tepat antara berat semen, berat masing-masing agregat dan berat air yang diperlukan untuk mencapai suatu kekuatan yang diinginkan.

Dalam teori teknologi beton dijelaskan bahwa faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah :

1. Faktor air semen (*water-cement ratio*) dan kepadatan
2. Umur beton
3. Jenis semen



4. Jumlah semen
5. Sifat agregat

(Tjokrodimuljo, K. 1996)

Perencanaan campuran beton dapat dilakukan dengan berbagai macam cara antara lain : perancangan dengan model “*Rote Note No. 4*” yang diteliti oleh Glanville dkk, perancangan model Amerika berdasarkan *American Concrete Institute (ACI)* dan perancangan model Inggris yang berdasarkan *British Standard (BS)* dan dikenal dengan metode *DOE (Departemen of Environment)*.

### 2.6.2. PERENCANAAN BERDASARKAN DOE

Perencanaan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode campuran cara Inggris (*British Standard*). Di Indonesia cara ini dikenal dengan nama *DOE (Departemen of Environment)* yang dimuat dalam buku Standar No. SK. SNI. T – 15 – 1990 – 03 dengan judul buku “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*” dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI’71). Langkah – langkah pokok dalam perhitungan *mix design* beton cara DOE dijabarkan sebagai berikut :

#### 1. Penentuan Kuat Tekan Beton

Penentuan kuat tekan beton berdasarkan kekuatan beton pada umur 28 hari. Pada penelitian ini, direncanakan beton dengan mutu  $f'c$  50 MPa.

#### 2. Penetapan Nilai Deviasi Standar (S)

Penetapan deviasi standar ditetapkan berdasarkan atas tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Semakin kecil nilai deviasi, maka pengendalian pelaksanaan pencampuran semakin baik. Penetapan nilai deviasi standar (s) ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktek pelaksana pada waktu yang lalu, untuk pembuatan beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.





Tabel 2.4 Deviasi standar (SNI)

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2.8
Sangat Baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

### 3. Penetapan Kuat Tekan Rata-Rata yang Direncanakan

Kuat tekan beton rata – rata perencanaan dihitung menggunakan formula seperti dibawah ini :

$$\sigma_{bm} = \sigma_{bk} + M \quad \text{..... ( 2.1 )}$$

dengan ;  $\sigma_{bm}$  = kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$\sigma_{bk}$  = kuat tekan beton rencana (MPa)

M = nilai tambah margin (MPa)

Nilai tambah margin dapat dihitung menggunakan formula yang disajikan seperti dibawah ini :

$$M = k * s \quad \text{..... ( 2.2 )}$$

dengan ; k = konstanta yang besarnya 1.64

s = deviasi standar (MPa)

### 4. Penetapan Faktor Air Semen dan Penentuan Faktor Air Maksimum dan Minimum

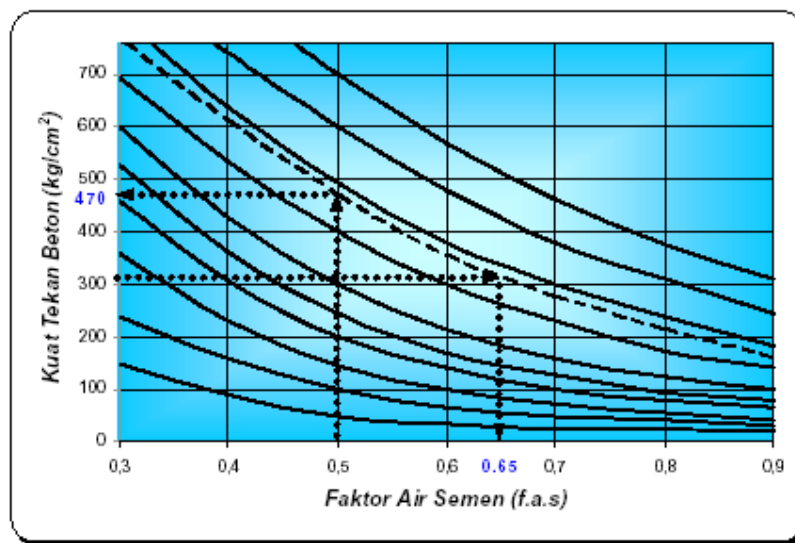
Faktor air semen ditentukan dengan menggunakan **tabel 2.5** dan **grafik 2.1**. Caranya adalah sebagai berikut :

- Dengan menggunakan **tabel 2.5**, tentukan kekuatan beton pada umur tertentu



- Dengan menggunakan **grafik 2.1**, lukiskan kurva melalui titik nilai kekuatan tersebut paralel dengan kurva referensi.
- Tarik garis mendatar dari perpotongan dengan nilai kekuatan tekan rata – rata, sehingga menemukan nilai f.a.s pada absis.

Hasil yang didapat dengan menggunakan grafik, bandingkan dengan nilai f.a.s yang didapat pada persyaratan khusus (**tabel 2.6**) dan gunakan f.a.s terendah.



**Grafik 2.1.** Grafik Hubungan antara Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen

**Tabel 2.5.** Perkiraan Pencapaian Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )			
		3	7	28	91
Semen Portland biasa (OPC) atau semen Portland tahan sulfat (SRPC)	Batu Alam	180	270	400	480
	Batu Pecah	230	330	470	550
Semen Portland cepat mengeras (RHCP)	Batu Alam	250	340	460	530
	Batu Pecah	300	400	530	600

**Tabel 2.6.** Jumlah Semen Minimum dan Nilai Faktor Air Semen Maksimum Berdasarkan Jenis Konstruksi dan Kondisi Lingkungan

URAIAN	Jumlah Semen Minimum/m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0.6
b. Keadaan korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif	325	0.52
Beton diluar ruang bangun :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0.6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0.6
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti	325	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0.52
Beton yang berhubungan dengan air :		
a. Air tawar	275	0.27
b. Air laut	375	0.52

## 5. Penentuan Nilai *Slump*

Penentuan nilai berdasarkan pemakaian dari beton untuk jenis konstruksi tertentu (**tabel 2.7**)

**Tabel 2.7.** Penetapan Nilai *Slump*

Pemakaian beton	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan telapak btlg	12.5	5.0
Struktur dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat balok, kolom dan iniding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan masal	7.5	2.5

## 6. Penentuan Nilai Kadar Air Bebas

Tabel 2.8. Perkiraan kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton

Besarnya Ukuran Maks. Kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	50	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	35	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	15	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

## 7. Perhitungan Jumlah Semen yang Dibutuhkan

Kadar atau jumlah semen ditentukan dengan formula sebagai berikut :

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{kadarairbebas}}{f.a.s} \quad \dots\dots (2.3)$$

Hasil yang didapat dari formula tersebut dibandingkan dengan nilai yang diperoleh pada tabel 2.6, kemudian ambil nilai tertinggi

## 8. Penentuan Persentase Jumlah Agregat Halus dan Kasar

Proporsi agregat halus ditentukan dengan metode penggabungan agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Y = \frac{xa}{100} * Ya + \left[ \frac{100 - xa}{100} \right] * Yb \quad \dots\dots (2.4)$$

Dimana: Y = Perkiraan persentase kumulatif lolos ayakan #9.6 dan #0.6

Menurut BS (British Standard) – 882, persentase kumulatif lolos ayakan #9.6 dan #0.6 bisa menggunakan Spec-Ideal 135-882, dimana :



Perkiraan persentase lolos ayakan #9.6 = 50 %

Perkiraan persentase lolos ayakan #0.6 = 18.5%

$Y_b$  = Persentase kumulatif pasir lolos ayakan #9.6 dan #0.6

$Y_a$  = Persentase kumulatif split lolos ayakan #9.6 dan #0.6

$X_a$  = Konstanta yang dicari baik dari agregat halus

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{x_1 + x_2}{2} \rightarrow \text{persentase dari agregat halus}$$

Persentase agregat kasar ( $X_b$ ) = 100% -  $X_a$

### 9. Penentuan Berat Jenis Gabungan

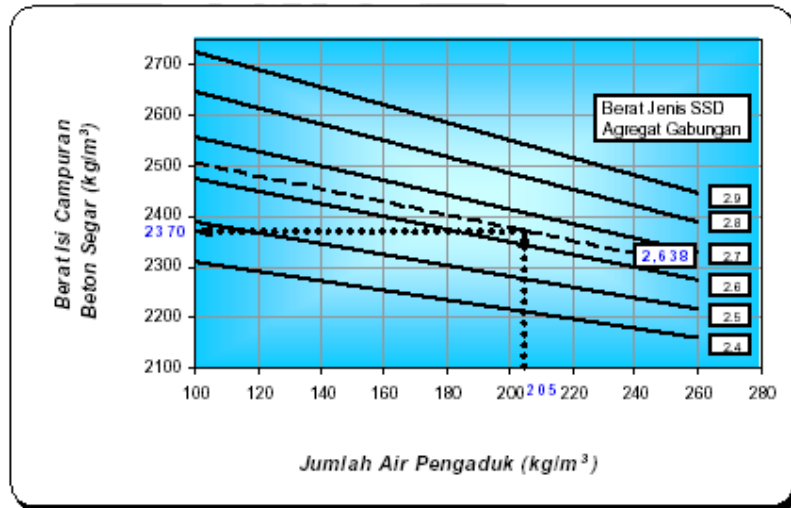
Berat jenis gabungan adalah gabungan dari berat jenis agregat halus dan kasar dengan persentase dari campuran agregat tersebut. Berat jenis gabungan dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$BJ_{\text{gab.}} = \frac{X_a}{100} * bj_{.xa} + \frac{X_b}{100} * bj_{.xb} \quad \dots\dots (2.5)$$

### 10. Penentuan Berat Beton Segar

Berat beton segar ditentukan dengan menggunakan **grafik 2.2** berdasarkan data berat jenis gabungan dan kebutuhan air pengaduk untuk setiap meter kubik. Cara penggunaan **grafik 2.2** dapat diterangkan sebagai berikut :





**Grafik 2.2**  
Hubungan antara Berat Isi Campuran Beton Segar Jumlah Air Pengaduk dan Berat Jenis SSD Agregat Gabungan

