

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penggunaan Kaca Dalam Bidang Konstruksi

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 kaca 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 an-organik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya.

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan dibawah ini :



Karakteristik dari serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah:

1. Kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau *zero water absorption*.
2. Sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air.

3. Kaca dalam hal ini adalah serbuk kaca mempunyai sifat sebagai *pozzoland* yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton.
4. Kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, 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.

Perkembangan zaman sekarang jumlah barang bekas/limbah yang semakin lama menjadi masalah bagi kehidupan, salah satunya adalah keberadaan limbah kaca yang tidak terpakai lagi. Limbah kaca ini dapat dimanfaatkan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan sebagai agregat halus (pasir) untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan jenis-jenis kaca, yaitu: *clear glass*, *amber glass*, *green glass*, *pyrex glass*, dan *fused silica*. Kandungan bahan kimia dalam berbagai jenis kaca seperti dijelaskan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Kandungan kaca

Jenis Kaca	<i>Clear Glass</i>	<i>Amber Glass</i>	<i>Green Glass</i>	<i>Pyrex Glass</i>	<i>Fused Silica</i>
SiO <sub>2</sub>	73,2 – 73,5	71,0 – 72,4	71,27	81	99,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7 – 1,9	1,7 – 1,8	2,22	2	-
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	13,6 – 14,1	13,8 – 14,4	13,06	4	-
CaO + MgO	10,7 – 10,8	11,6	12,17	-	-
SO <sub>3</sub>	0,2 – 0,24	0,12 – 0,14	0,052	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04 – 0,05	0,3	0,599	3,72	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	0,43	12,0 – 13,0	-

Sumber: Setiawan, 2006

## 2.2 Pengaruh Sifat Reaktif Silika pada Kaca

Penggunaan agregat halus kaca yang dibuat dari jenis kaca leburan *soda lime*, mulai dikembangkan untuk membuat beton kinerja tinggi. Agregat halus kaca ini dibuat dalam bentuk bubuk dengan ukuran dan distribusi yang serupa agregat halus/pasir alam. Penggunaannya diharapkan dapat memanfaatkan limbah dari hasil samping industri untuk komponen industri konstruksi dan untuk mengatasi kekurangan pasir alam yang tersedia. Berdasarkan ASTM C289-87 dilakukan tes kimia dan tes kereaktifan agregat didapat bahwa bubuk kaca masih layak digunakan sebagai agregat walaupun memiliki sifat merugikan karena mengandung silika reaktif yang dapat bereaksi dengan alkali semen, sehingga mengakibatkan terjadinya ekspansi beton.

## 2.3 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang

dihasilkan. Apabila ingin memperoleh beton yang baik, maka perhitungannya harus sesuai dengan prosedur dan sesuai langkah- langkah yang telah ditetapkan. Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Dalam perkembangannya, beton dapat dibuat dengan bahan tambah yang bervariasi. Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 yang menyebutkan bahwa, bahan tambahan yang digunakan harus mampu secara konsisten menghasilkan komposisi dan kinerja yang sama dengan yang dihasilkan oleh produk yang digunakan dalam menentukan proporsi campuran beton.

Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton dapat dibagi 3 (tiga) seperti tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Kelas dan Mutu Beton

Kelas Beton	Mutu Beton	$\sigma_{bk}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tujuan	Pengawasan Terhadap	
					Mutu Agregat	Kekuatan Tekan
I	Bo			Non Struktural	Ringan	Tanpa
	B <sub>1</sub>			Struktural	Sedang	Tanpa
	K- 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K- 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
II	K- 225	225	300	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K>225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

Sumber : PBI 1971

Keterangan:

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural.

Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-

bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.
3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Menurut SNI 03-2847-2002 berdasarkan berat satuan beton adalah :

- a. Beton ringan : Berat satuan  $\leq 1900 \text{ kg/m}^3$ .
- b. Beton normal : Berat satuan  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$ .
- c. Beton berat : Berat satuan  $> 2500 \text{ kg/m}^3$ .

Jenis –jenis konstruksi beton, antara lain:

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat

yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar  $1900 \text{ kg/m}^3$  atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara  $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$ , dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$  dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan. Beton ini biasanya memiliki dimensi ukuran 60 cm atau lebih. Beton ini dituang dalam volume besar dengan ukuran perbandingannya antara volume dan luas permukaannya.

#### 5. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

#### 6. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

#### 7. Beton Siklop

Beton ini digunakan sebagai pembuatan bendungan, pangkal jembatan dan sebagainya. Beton ini masuk dalam kategori beton normal perbedaannya dengan beton lain ialah ukurannya yang cukup besar. Ukuran kasarnya bisa mencapai 20 cm tapi sebaiknya ukurannya tidak lebih dari 20 % ukuran keseluruhannya.

#### 8. Beton Mortar

Beton jenis ini merupakan beton yang dibuat dengan bahan dasar perekat, pasir dan air. Campuran ketiga bahan ini memperkuat susunan partikel beton sehingga daya rekatnya lebih kuat.

#### 9. Beton Pracetak

Jenis beton ini biasanya digunakan jika pekerjaan konstruksi yang dilakukan membutuhkan waktu yang sangat cepat. Kelebihannya adalah beton ini dapat dicetak di tempat lain lalu tinggal dipasang di tempat tujuannya. Namun kekurangannya daya rekat beton ini tidak sekuat pembuatan beton dengan cara konvensional.

## 10. Beton Prategang

Beton ini pada dasarnya sama dengan Ferrosemen / Beton bertulang namun perbedaannya kawat baja yang dimasukkan ke dalam campuran beton ditegangkan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar gaya tarik beton ini lebih kuat menahan beban berat.

Beton yang berasal dari pengadukan bahan – bahan susunan agregat kasar dan agregat halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat dicapai mutu beton yang baik. Pada umumnya pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin, kecuali jika hanya ingin mendapatkan beton mutu rendah pengadukan dapat dilakukan tanpa menggunakan mesin pengaduk. Kekentalan adukan beton harus diawasi dan dikendalikan dengan cara memeriksa *slump* pada setiap adukan beton baru.

Nilai *slump* (kekentalan adukan) digunakan sebagai penunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air-semen yang ingin dicapai. Waktu pengadukan yang lamanya tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan *slump* beton pada umumnya tidak kurang dari 1,50 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil umumnya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, perbandingan campuran bahan harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberikan :

1. Keenceran dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah ke dalam adukan tanpa

menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat dan *bleeding* air.

2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosif).
3. Memenuhi uji - kuat yang hendak dipakai.

#### **2.4 Bahan Penyusun Beton**

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacamnya lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Kekakuan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar/ *fresh concrete*) yang baik dan beton (beton keras / *hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Faktor – faktor yang membuat beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan- keunggulannya antara lain :

1. Kemudahan pengolahannya : yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat diendapkan dan diisi dalam cetakan.
2. Material yang mudah didapat : Sebagian besar dari material- material pembentuknya, biasanya tersedia dilokasi dengan harga murah atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi.
3. Kekuatan tekan tinggi : Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi busur.
4. Daya tahan yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihan.
5. Harganya relatif murah.
6. Mampu memikul beban yang berat.
7. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
8. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

#### **2.4.1 Semen**

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu Semen non-hidrolik dan Semen hidrolik. Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain : kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozolland dan semen alumina.

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Komposisi yang sebenarnya dari berbagai senyawa yang ada berbeda-beda dari jenis semen yang satu dengan yang lain, untuk berbagai jenis semen ditambahkan berbagai jenis material mentah lainnya. Massa jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah  $3,15 \text{ gr/cm}^3$ , pada kenyataan massa jenis semen yang diproduksi berkisar antara  $3,03 \text{ gr/cm}^3$  sampai  $3,25 \text{ gr/cm}^3$ . Variasi ini akan berpengaruh proporsi campuran semen dalam campuran.

Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi maupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

1. Tipe I (*Normal portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II (*high - early - strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif

(garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

3. Tipe III (*modifid portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).
4. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

*Portland Pozzolan Cement* (PPC), Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.



Gambar 2.1 Semen Portland

Komposisi utama semen portland adalah kalsium dan aluminium silikat.

Bahan baku utama dalam pembuatan semen portland adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Susunan Unsur Semen Biasa

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60-65
Silika, Si O <sub>2</sub>	17-25
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 : Konsruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto

#### 2.4.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

## 1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar.



Gambar 2.2 : Agregat Halus (Pasir)  
Sumber : Data Lapangan 2016

Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

1. Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
2. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
4. Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang

dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses.

a. Pasir Galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

b. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

c. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

## 2. Spesifikasi dari Agregat halus

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

a. Susunan Butiran ( Gradasi )

Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

Pasir Kasar :  $2.9 < FM < 3.2$

Pasir Sedang :  $2.6 < FM < 2.9$

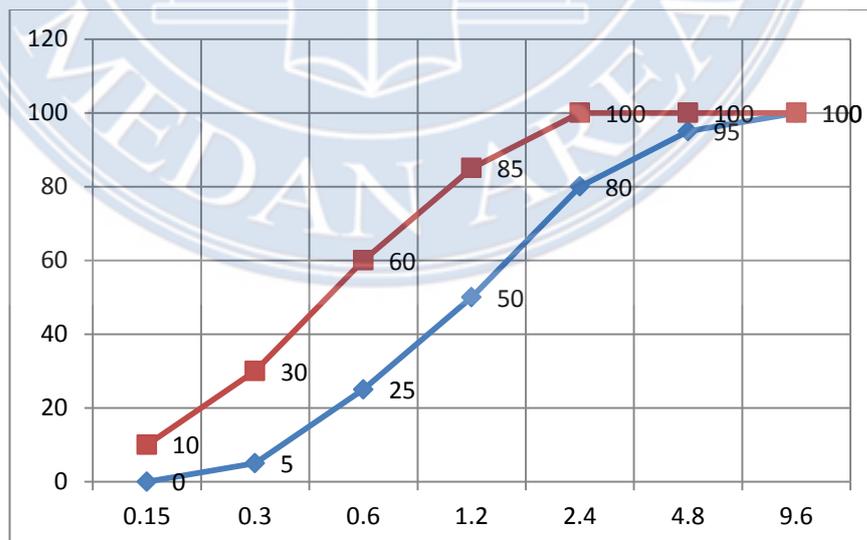
Pasir Halus :  $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus. Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9.5 mm (3/8 in)	100
4.76 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm ( No.8)	80 – 100
1.19 mm (No.16)	50 – 85
0.595 mm ( No.30 )	25 – 60
0.300 mm (No.50)	10 – 30
0.150 mm (No.100)	2 - 10

Sumber : ASTM C 33



Gambar.2.3: Kurva Batas Daerah Gradasi Pasir Terbaik

Sumber : ASTM C - 33

Setelah mengetahui gradasi butiran agregat, sebelum pencampuran agregat harus memenuhi syarat agar dapat memenuhi ketentuan dalam pencampuran.

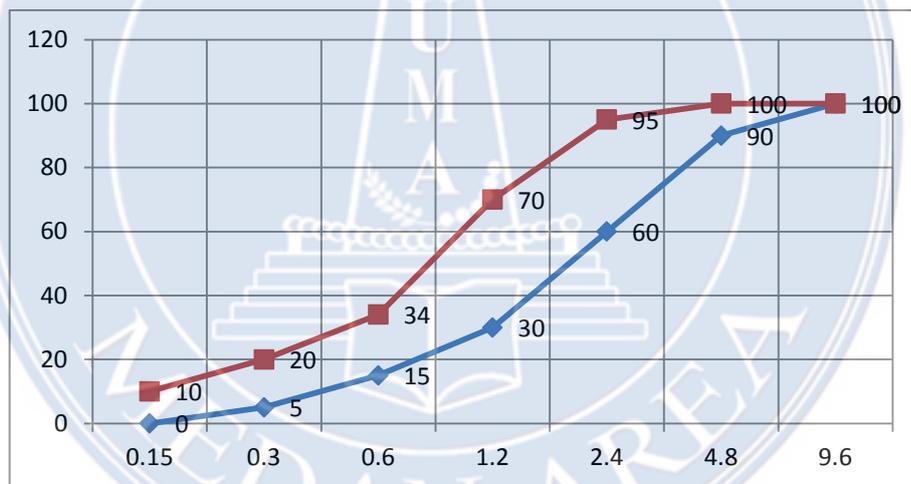
Adapun syarat-syarat agregat halus menurut ASTM adalah sebagai berikut :

1. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
2. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering).
3. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standar percobaan Abrams – Harder.
4. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinnya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaihan.
5. Sifat kekal ( keawetan ) diuji dengan larutan garam sulfat :
  - a. Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %.
  - b. Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.
6. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

7. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 - 3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimum 2 % dari berat.
- b. Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimum 10 % dari berat.
- c. Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimum 15 % dari berat.

SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat gradasi untuk agregat halus. Gradasi agregat halus dikelompokkan menjadi 4 daerah gradasi. Berikut adalah gambar daerah gradasi agregat :

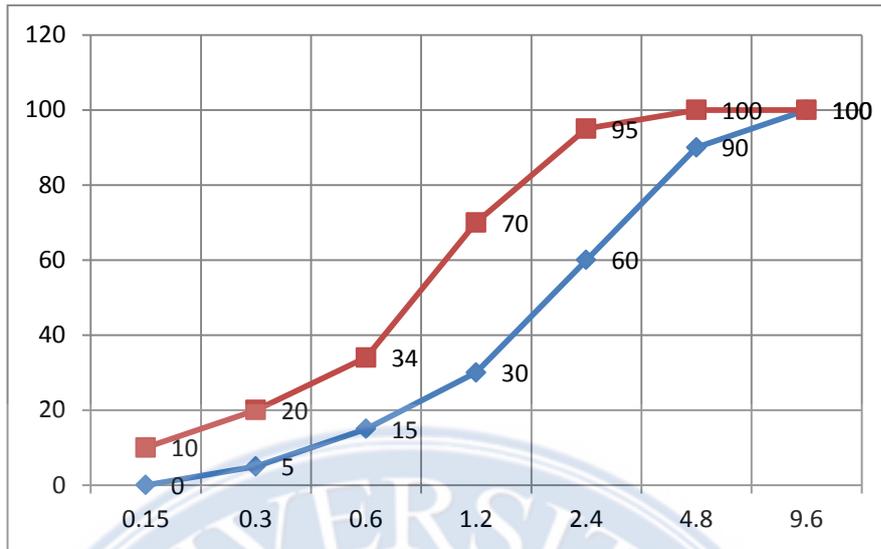


Gambar 2.4 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Kasar) Daerah 1  
Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.5 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah I (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 – 10
0,3	5 – 20
0,6	15 – 34
1,2	30 – 70
2,4	60 – 95
4,8	90 – 100
10	100

Sumber : ASTM

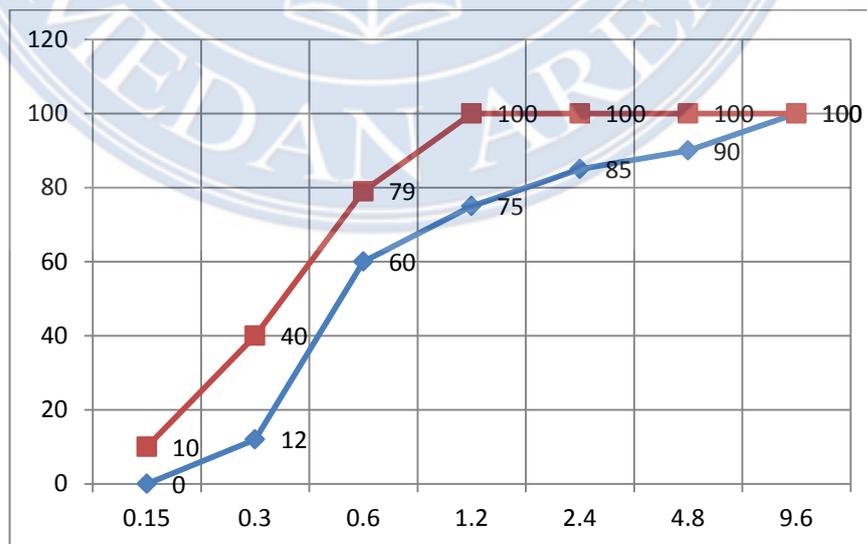


Gambar 2.5 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Sedang) Daerah II  
 Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.6 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah II (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 - 10
0,3	8 - 30
0,6	35 - 59
1,2	55 - 90
2,4	75 - 100
4,8	90 - 100
10	100

Sumber : ASTM

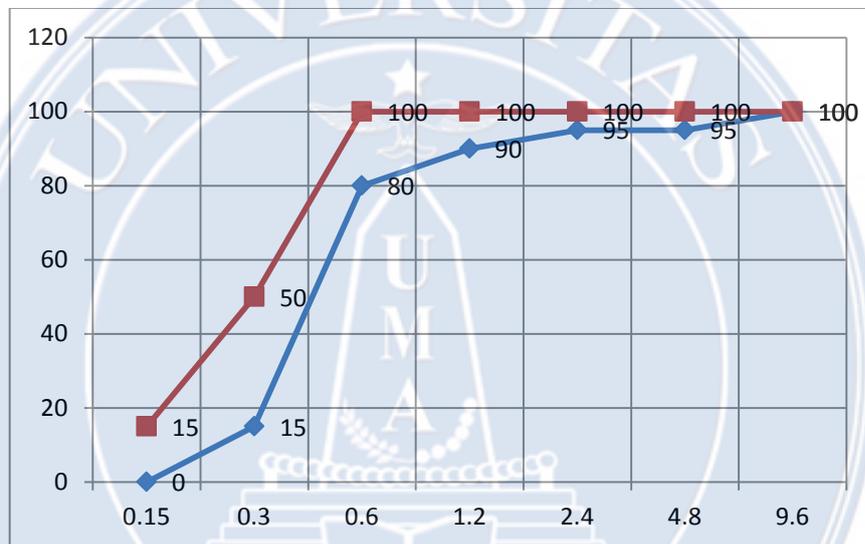


Gambar 2.6 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Agak Halus) Daerah III  
 Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.7 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah III (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 – 10
0,3	12 – 40
0,6	60 – 79
1,2	75 – 100
2,4	85 – 100
4,8	90 – 100
10	100

Sumber : ASTM



Gambar 2.7 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Halus) Daerah IV  
Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.8 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah IV (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 – 10
0,3	15 – 50
0,6	80 – 100
1,2	90 – 100
2,4	95 – 100
4,8	95 – 100
10	100

Sumber : ASTM

## 2. Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast - furnace dan lain-lain.

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton.

2. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
3. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
4. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
  - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
  - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
5. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.
6. Susunan butiran (gradasi). Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.9 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 - 100
19,10	35 - 70
9,52	10 - 30
4,75	0 - 5

Sumber : ASTM

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5 - 40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian (Popovics, S. 1982). Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain, harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori.

1. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang relatif alkali.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1 %, maka agregat kasar harus dicuci.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/ 03* “*Standard Specification for Concrete Aggregates*” Dan standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

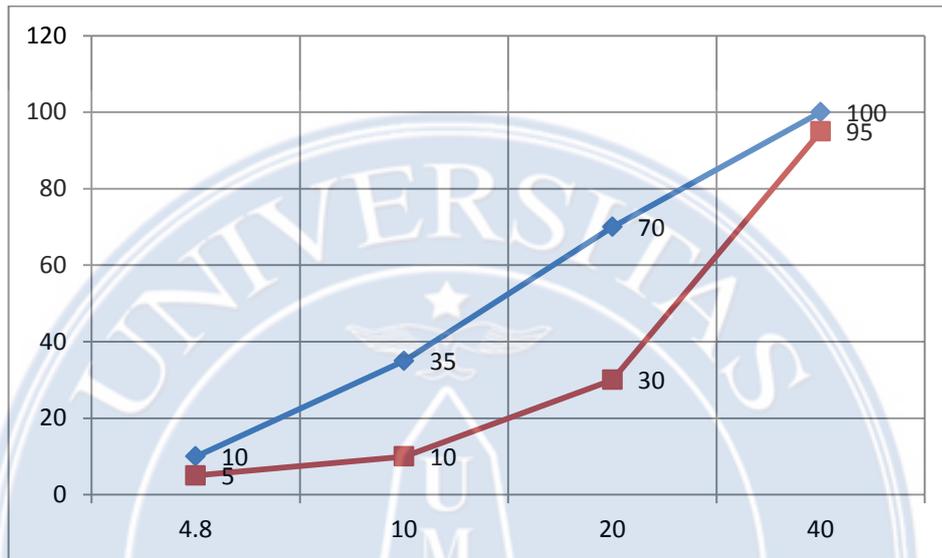


Gambar 2.8 : Agregat Kasar (Batu Pecah)  
Sumber : Data Lapangan 2016

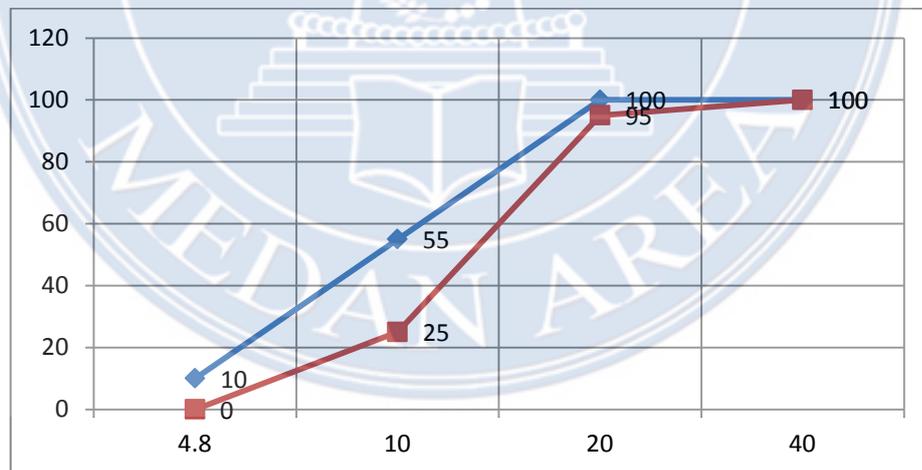
Tabel 2.10 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 10
10	10 - 30	25 - 55	40 - 85
20	30 - 70	95 - 100	100
40	95 - 100	100	100

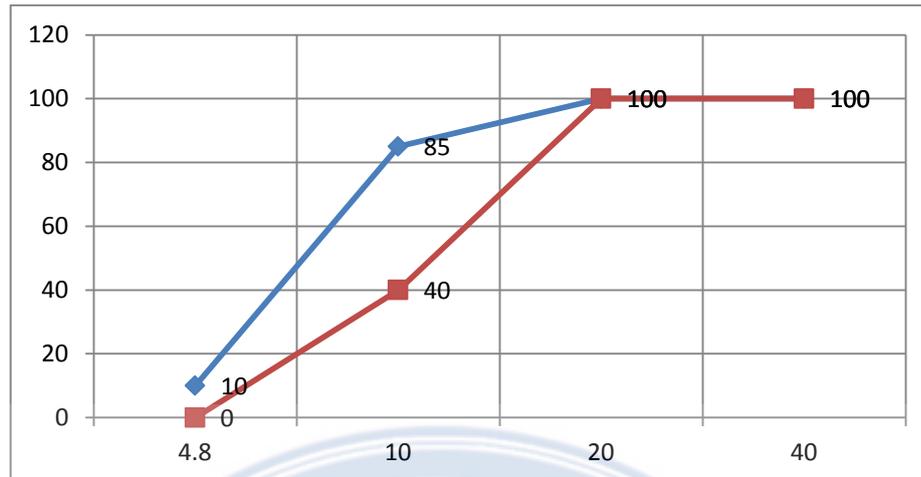
Sumber : ASTM C - 33



Gambar 2.9 : Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 40 mm  
Sumber : ASTM C - 33



Gambar 2.10 : Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 20 mm  
Sumber : ASTM C - 33



Gambar 2.11 : Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 12,50 mm  
Sumber : ASTM C - 33

Tabel 2.11 Persyaratan kekerasan agregat untuk beton

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dengan Bejana Rudolff hancur menembus ayakan 2 mm		Kekerasan dengan Los Angeles menembus ayakan 1,7 mm
	Fraksi Butir 19 – 30 mm	Fraksi Butir 9,5 – 19 mm	
Beton Kelas I	22 – 30	24 - 32	40 - 50
Beton Kelas II	14 – 22	16 – 24	27 - 49
Beton Kelas III	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang dari 127

Sumber : SII 0052-80

### 3. Agregat Campuran

Untuk merancang campuran beton, proporsi optimum harus ditentukan sedemikian sehingga dengan jumlah air campuran minimum dapat diperoleh suatu campuran beton yang dapat dikerjakan dengan mudah tanpa memperlihatkan segregasi dan bleeding. Pemakaian pasir yang terlalu sedikit akan menyebabkan rongga-rongga diantara kerikil tidak dapat terisi dengan baik sehingga beton sukar dikerjakan, terjadi sarang-sarang kerikil dan beton yang dihasilkan keropos dan tidak awet. Sebaliknya beton dengan pasir yang terlalu banyak akan menghasilkan beton yang kohesif, membutuhkan jumlah air dan semen yang terlalu banyak sehingga penyusutan beton besar. Untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat pasir dan kerikil yang tepat dilakukan dengan cara :

1. Hitung masing-masing MHB agregat yang akan dicampur (MHB pasir dan MHB kerikil).
2. Tetapkan nilai MHB campuran, yaitu antara 5,0 – 6,0.
3. Hitung persentase agregat halus terhadap campuran dengan rumus :

$$W = \frac{(K-C)}{(C-P)} \times 100\%$$

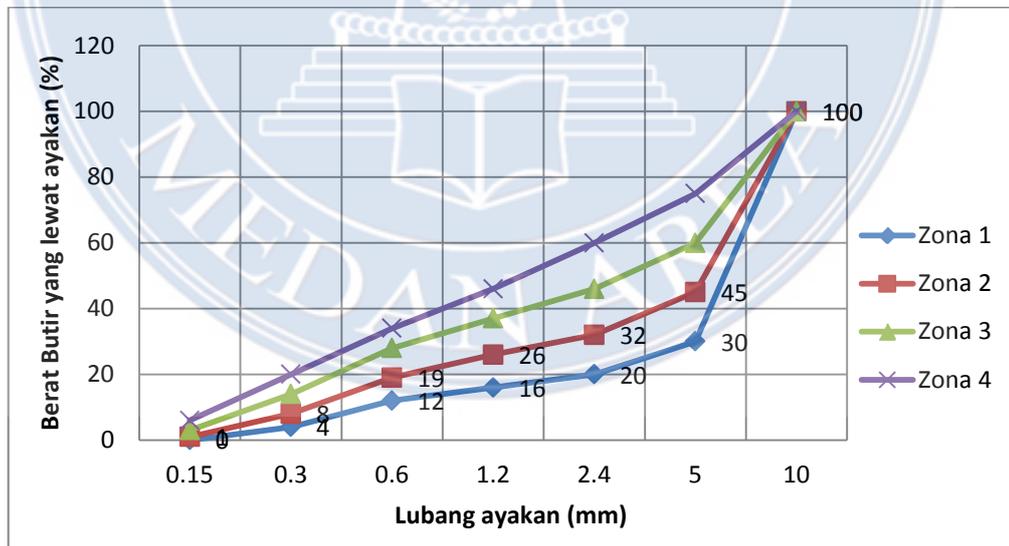
W : Persentase berat agregat halus (pasir) terhadap agregat kasar

K : Modulus Halus Butir Kerikil

P : Modulus Halus Butir Pasir

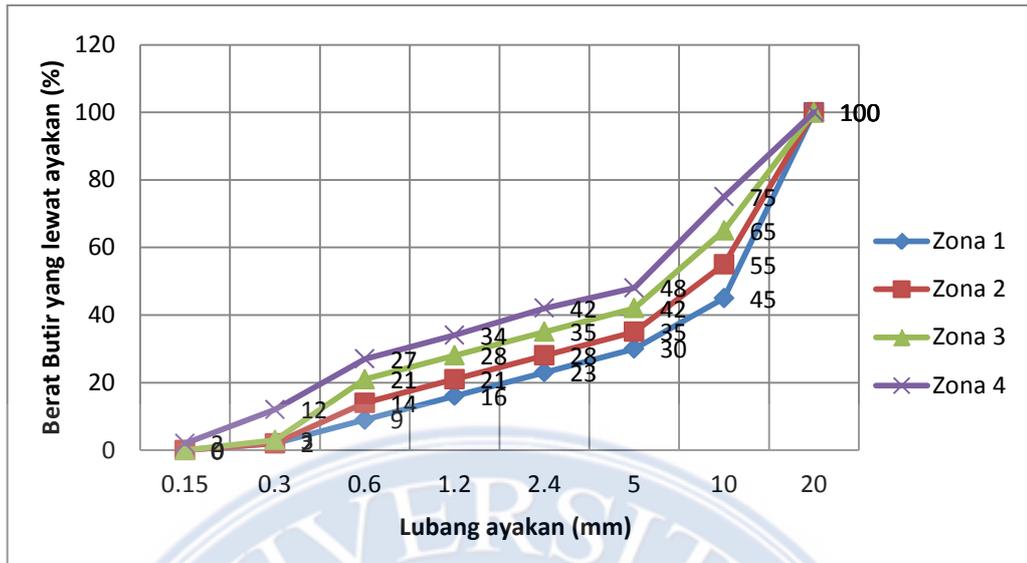
C : Modulus Halus Butir agregat campuran

4. Hitung persentase untuk masing-masing ayakan.
5. Plotkan hasil hitungan ke dalam kurva.
6. Jika tidak masuk standar, ulangi lagi langkah no 3. Berikut adalah gambar daerah gradasi agregat :

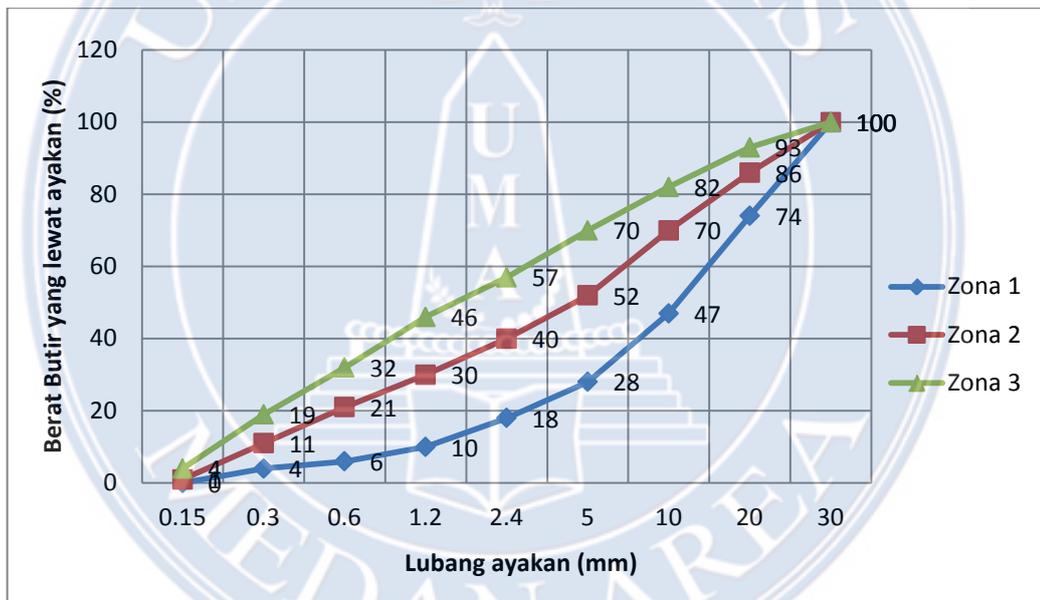


Gambar 2.12 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 10 mm

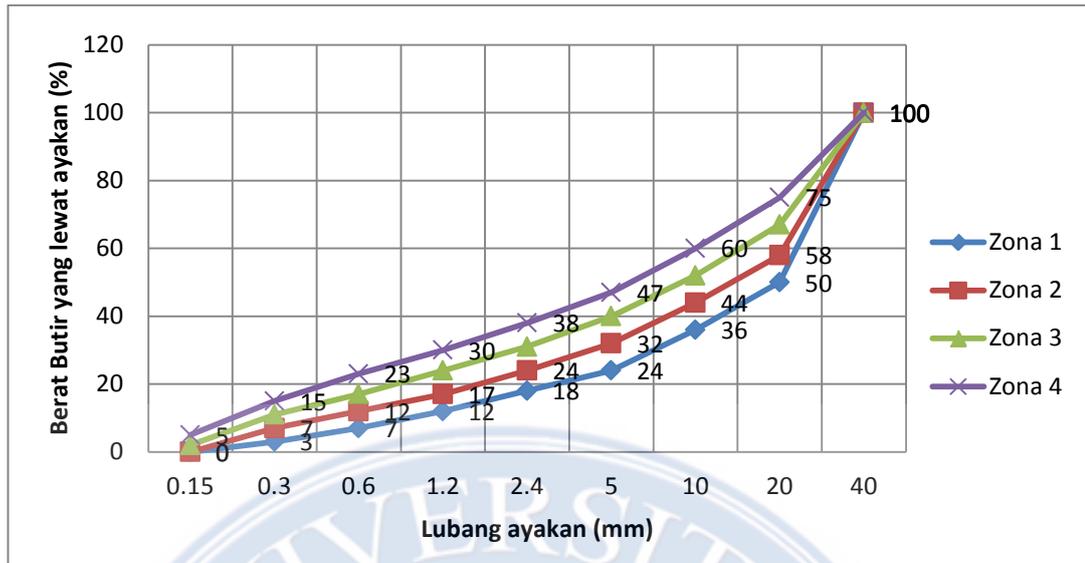
Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto



Gambar 2.13 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 20 mm  
 Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto



Gambar 2.14 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 30 mm  
 Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto



Gambar 2.15 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 40 mm  
 Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto

### 2.4.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran beton. Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan.

Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25% dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 0,35. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput

tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton (tetapi tidak berarti air untuk campuran beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Air laut mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78% nya adalah sodium klorida dan 15% nya adalah magnesium sulfat. Garam-garam dalam air laut ini dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20%. Air laut tidak boleh digunakan untuk campuran beton pada beton bertulang atau beton prategang, karena resiko terhadap korosi tulangan lebih besar.

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

1. Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.
4. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

## **2.5 Rencana Komposisi Bahan**

Perencanaan campuran beton merupakan pemilihan dari bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proposi bahan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik. Perencanaan campuran beton biasanya untuk mencapai :

- a. Mudah nya pengerjaan (*workability*) adukan beton yang dalam praktek ditentukan dengan tingginya slump.
- b. Kekuatan tekan (*Compressive Strength*) pada umur tertentu (biasanya 28 hari) bagi beton yang sudah mengeras.

- c. Keawetan (Durability) bagi beton yang sudah mengeras.

Syarat-syarat beton keras ditentukan oleh jenis struktur dan teknik pengecoran (perletakan, pengangkatan dan pemadatan). Langkah-langkah *mix design* metode DOE menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03, adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan.
2. Menetapkan nilai deviasi standar / nilai tambah.

Pada SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, disebutkan bahwa apabila data untuk menetapkan standar deviasi tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ ) ditetapkan berdasarkan kuat tekan yang disyaratkan ( $f'_c$ ). Terdiri dari sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian seperti yang ditetapkan pada tabel berikut :

Tabel 2.12 Faktor modifikasi untuk deviasi standar jika jumlah pengujian kurang dari 30 contoh

Jumlah Pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standar
Kurang dari 15 contoh	Gunakan tabel
15 Contoh	1,16
20 Contoh	1,08
25 Contoh	1,03
30 Contoh atau lebih	1,00

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2002)

3. Menghitung nilai tambah (M)
  - a. Jika nilai tambah sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa.
  - b. Jika nilai tambah dihitung berdasarkan deviasi standar SD, maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = k.SD$$

Dengan : M = nilai tambah, Mpa,

SD = deviasi standar, Mpa,  $k = 1.64$ .

4. Menghitung kuat tekan rata-rata perlu

$$f_{cr}' = f_c' + M$$

5. Menetapkan jenis semen dan agregat

- a. Menetapkan jenis semen

Dalam PBI tahun 1971 menyebutkan bahwa di Indonesia semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis yaitu I, II, III, IV, dan jenis V. ditinjau dari kekuatannya semen Portland mutus S-325, S-400, S-475, S-550, dan mutu S-S. Untuk perencanaan di Indonesia umumnya digunakan semen Portland mutu S-475 dan mutu S-550.

- b. Menetapkan jenis agregat

Jenis agregat yang akan digunakan ditetapkan apakah akan menggunakan pasir alam dan krikil alam, atau pasir alam dan batu pecah (crushed aggregate).

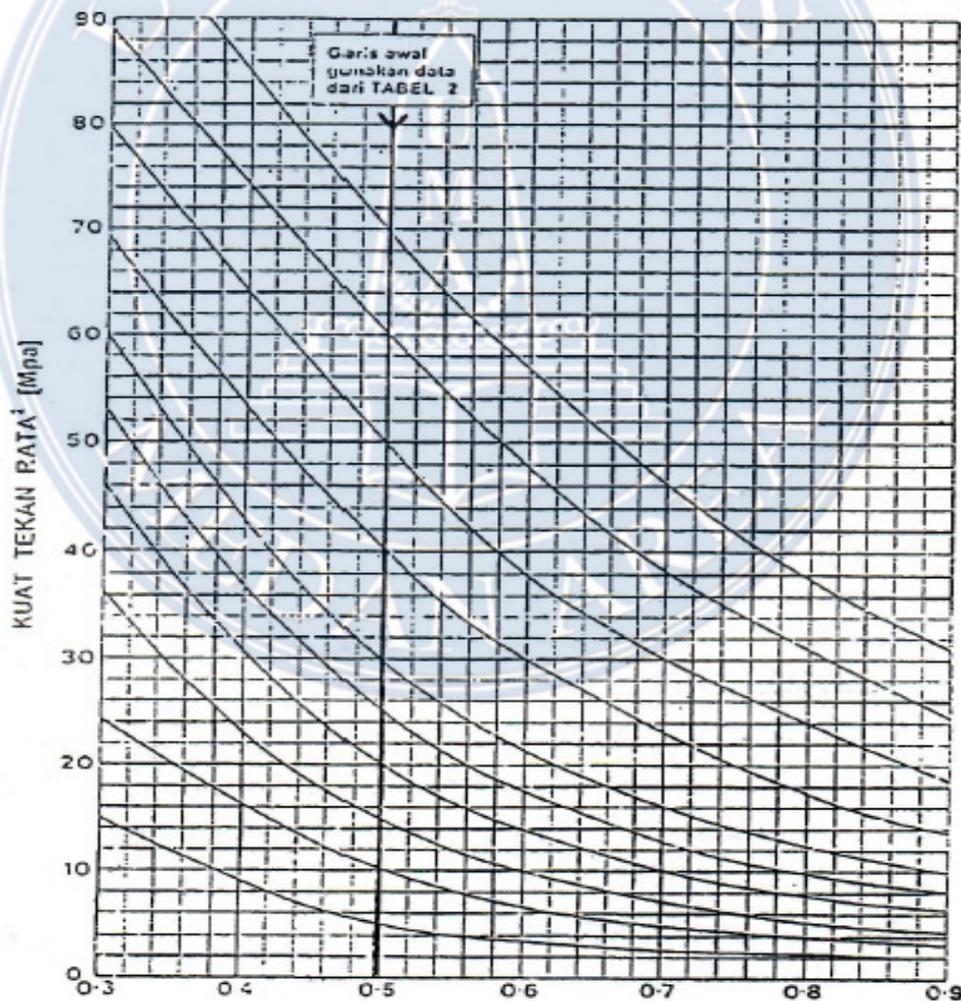
6. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan pada hubungan kuat tekan dan FAS yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman, dapat dipergunakan Tabel dan Grafik-grafik dibawah ini :

Tabel 2.13 Perkiraan Kekuatan Tekan(N/mm<sup>2</sup>) Beton dengan Faktor Air Semen 0.5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (N/mm <sup>2</sup> ) pada umur (hari)				Benda Uji
		3	7	28	91	
Portland tipe I, dan semen tahan sulfat tipe II dan V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2002)



Gambar 2.16 : Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

7. Menentukan nilai faktor air semen maksimum

Nilai faktor air semen maksimum ditentukan dari Tabel berikut ini :

Tabel 2.14 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai lingkungan

Jenis konstruksi	Jumlah semen		Nilai f.a.s. maksimum
	min./m	beton (kg)	
<b>Beton dalam ruang bangunan</b>			
a. Keadaan keliling non korosif		275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif		325	0
		325	0,60
		275	0,60
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		325	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		375	0,52
		375	0,52
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		275	0,57
		375	0,52
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah			
beton yang kontinu berhubungan dengan air			
a. air tawar			
b. air laut			

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

8. Menetapkan nilai *slump*

Penetapan nilai slump harus memperhatikan metode pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan dan jenis strukturnya agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan. Berikut adalah tabel menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03.

Tabel 2.15 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian beton	Nilai slump (cm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat fondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, caison dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2000

9. Menetapkan ukuran besar butir maksimum

Untuk menetapkan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut:

- a. Jarak bersih minimum antar baja tulangan atau berkas baja tulangan, atau tendon pra-tegang dikalikan tiga perempat.
- b. Sepertiga kali tebal pelat.
- c. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan

10. Menetapkan kadar air bebas

- a. Untuk agregat tak dipecah dan agregat dipecah menggunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.16 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m<sup>3</sup>)

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

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2000

- b. Untuk agregat campuran (gabungan antara agregat tak dipecah dan agregat dipecah), dihitung menurut rumus berikut :

$$A = 0.67A_h + 0.33 A_k$$

Dengan:  $A$  = Jumlah air yang dibutuhkan ( $\text{lt}/\text{m}^3$  beton)

$A_h$  = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

$A_k$  = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

#### 11. Menghitung kebutuhan semen

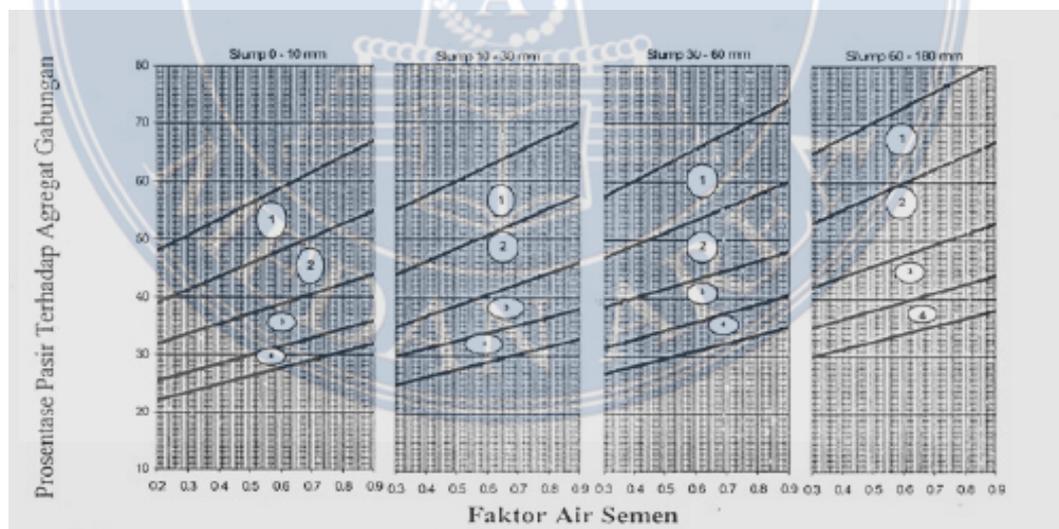
Kebutuhan semen = Kadar air bebas / faktor air semen

#### 12. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Kebutuhan semen teoritis > Kebutuhan semen minimum

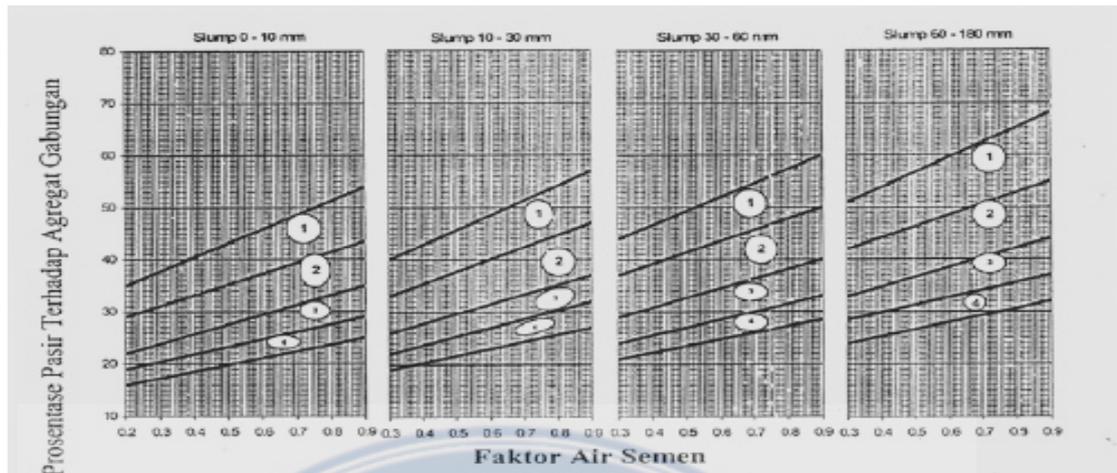
#### 13. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, FAS dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan Gambar di bawah ini dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



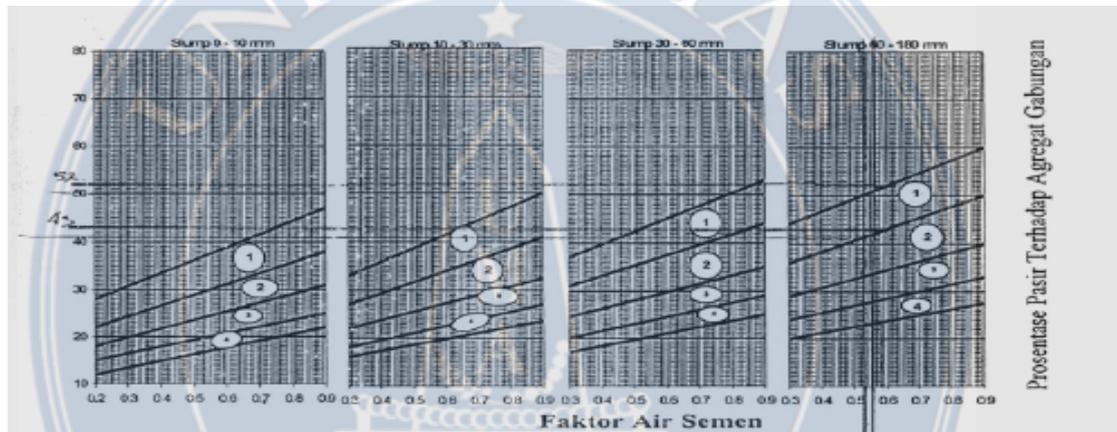
Gambar 2.17 : Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000



Gambar 2.18 : Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000



Gambar 2.19 : Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

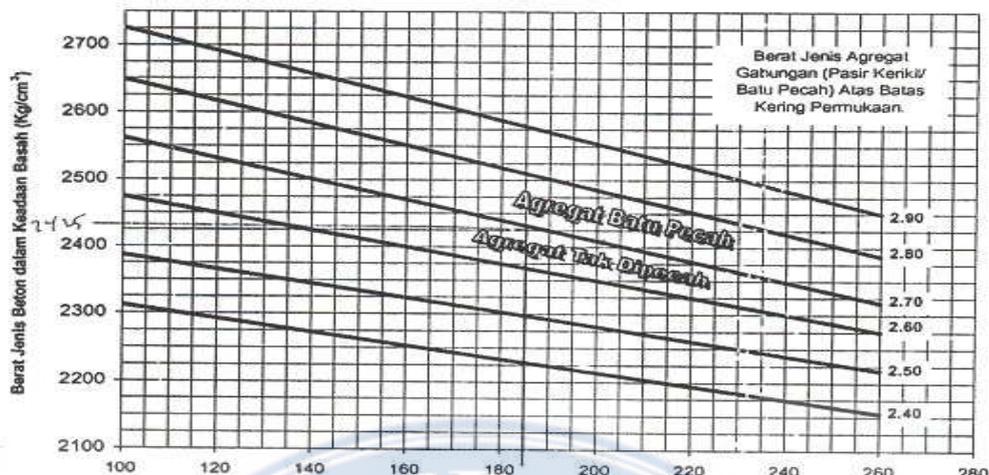
#### 14. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan

Berat jenis SSD agregat gabungan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$BJ \text{ gabungan} = ( \% \text{ agregat halus} \times BJ \text{ SSD agregat halus} ) + ( \% \text{ agregat kasar} \times BJ \text{ SSD agregat kasar} )$$

#### 15. Menentukan berat jenis beton

Besarnya berat jenis beton diperkirakan dengan menggunakan Grafik 2.20



Gambar 2.20 : Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Dimampatkan Secara Penuh  
 Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

16. Menghitung berat masing-masing agregat

$$\text{Berat agregat gabungan} = \text{Berat beton} - \text{Berat semen} - \text{Berat air}$$

17. Koreksi berat agregat dan berat air

### 2.5 Pengujian Kekuatan Tekan

Kuat tekan beton pada dasarnya adalah sebuah fungsi dari volume pori/rongga dari beton itu sendiri. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Kuat tekan beton dapat diperoleh dengan rumus, sebagai berikut :

berikut :

$$f'c = \frac{F}{A}$$

dengan:  $f'c$  = Kuat tekan (N/cm<sup>2</sup>),  $A$  = Luas bidang permukaan ( cm<sup>2</sup>)

$F$  = Gaya Tekan (N)

Kuat tekan rata-rata beton diperoleh dengan rumus :

$$f'cr = f'c + M$$

dengan :  $f'cr$  = Kuat tekan rata-rata,

$M$  = Nilai Tambah

$f'c$  = Kuat tekan (N/cm<sup>2</sup>)