

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000). Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987).

Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c') pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada faktor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton antara lain :

1. Dapat dengan mudah mendapatkan material dasarnya (*availability*).
2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*).
3. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*) sehingga beton dapat dicetak dengan betuk dan ukuran berapapun.
4. Tahan terhadap temperatur tinggi.
5. Biaya pemeliharaan yang kecil.
6. Mampu memikul beban yang berat.

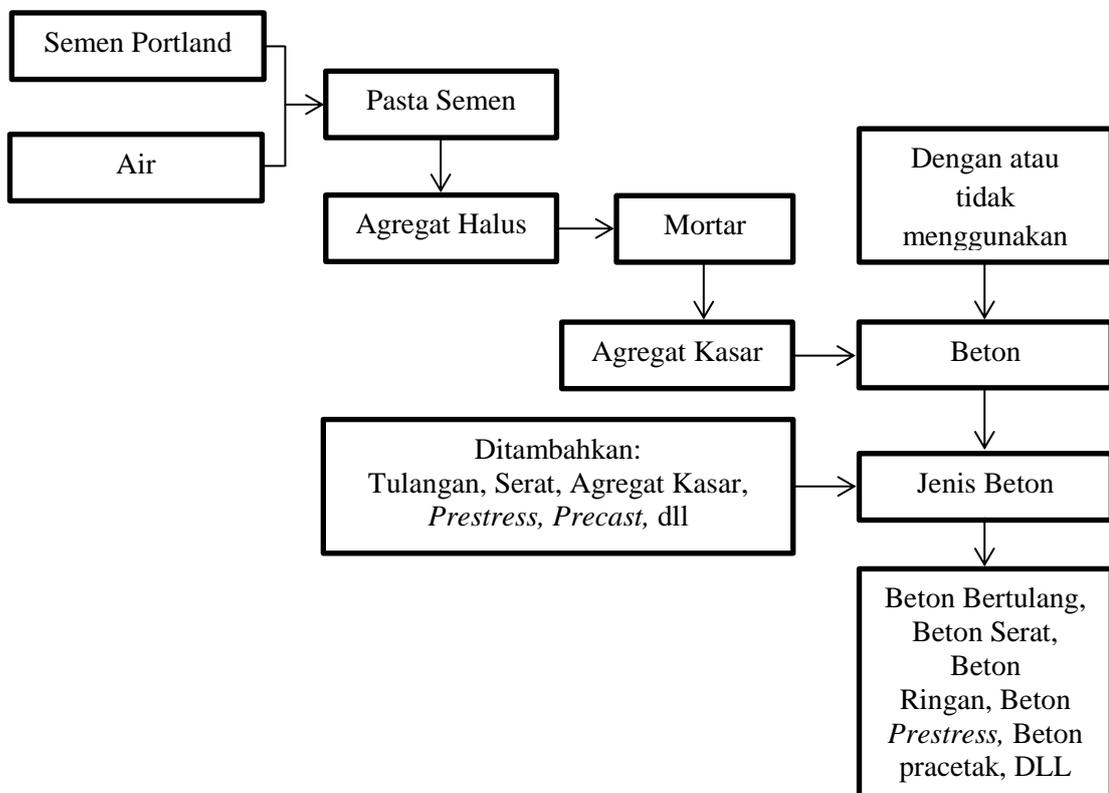
Kekurangan beton antara lain :

1. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m^3 .
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.

3. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
4. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur-ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

2.1.2 Proses Terjadinya Beton

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar, dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan adalah tulang baja akan terbentuk beton bertulang. Proses terjadinya beton dapat kita lihat pada Gambar 2.1. dibawah ini.



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Beton

2.1.3 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan, dan berdasarkan tegangan.

- a. Klasifikasi berdasarkan berat jenis beton (SNI 03-2834-2000)
 1. Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
 2. Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
 3. Beton berat : berat satuan $\geq 2.500 \text{ kg/m}^3$
- b. Klasifikasi berdasarkan tingkat kekerasan beton
 1. Beton segar : masih dapat dikerjakan
 2. Beton hijau : beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
 3. Beton muda : 3 hari < 28 hari
 4. Beton keras : umur > 28 hari
- c. Klasifikasi berdasarkan teknik pembuatan beton
 1. Beton *cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.
 2. Beton *pre-cast*, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.
- d. Klasifikasi berdasarkan tegangan beton (beton pra-tegang)
 1. Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
 2. Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
 3. Beton *post-tensioned*, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.
- e. Klasifikasi berdasarkan kuat tekan (SNI 03-6468-2000, ACI 318, ACI 363R-92)

1. Beton mutu rendah (*low strength concrete*) dengan kuat tekan (f_c') kurang dari 20 Mpa.
2. Beton mutu sedang (*medium strength concrete*) dengan kuat tekan (f_c') antara 21 MPa sampai 40 MPa.
3. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan kuat tekan (f_c') lebih dari 41 MPa

f. Klasifikasi berdasarkan mutu beton

Beton berdasarkan mutunya dibagi menjadi beberapa jenis, jenis beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaannya

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 - K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 - < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 - < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

(sumber : Puslitbang 44 Prasarana Transportasi, Divisi 7 – 2005)

2.1.4 Sifat Beton Segar

Menurut Mulyono (2005), dalam pengerjaan beton segar. Ada tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan, antara lain *workability* (pengerjaan), *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

a. Pengerjaan (*Workability*)

Kemudahan pengerjaan (*workability*) dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain:

1. Jumlah air pencampur
2. Semakin banyak air maka semakin mudah juga untuk dikerjakan.
3. Kandungan semen.

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya akan lebih tinggi.

4. Gradasi campur pasir kerikil.

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

5. Bentuk butiran agregat kasar.

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

6. Butir maksimum.

7. Cara pemadatan dan alat pemadat.

b. *Segregation* (Pemisahan Kerikil)

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan pemisahan kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain campuran kurus atau kurang semen, campuran beton terlalu banyak air dan besar agregat yang digunakan maksimum lebih dari 40 mm, permukaan butir agregat yang kasar.

Adapun cara untuk mencegah terjadinya kecenderungan segregasi ini diantaranya tinggi jatuh diperpendek, penggunaan air sesuai dengan syarat, cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan, ukuran agregat sesuai dengan syarat dan pemadatan yang baik.

c. *Bleeding*

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). *Bleeding* ini dipengaruhi oleh:

1. Susunan butiran agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadi *bleeding* kecil.

2. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.

4. Proses Pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

2.2 Bahan-bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004). Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen *Hidrolik*

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen *hidrolik* adalah kapur *hidrolik*, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzolan dan lain-lain.

2. Semen *Non-Hidrolik*

Semen *non-hidrolik* tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen *non-hidrolik* adalah kapur.

Jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen portland (*portland cement*). Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat *hidrolis* (Kardiyono, 1989).

Menurut ASTM C. 150 semen portland dibagi menjadi 5 jenis seperti keterangan yang terdapat pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Jenis-jenis Semen Portland menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	10	40	9	9	220

(Sumber:Kardiyono Tjokrodimulyo,1992)

Berdasarkan tabel di atas semen portland dibagi menjadi 5 jenis. Berikut ini merupakan penjelasan tabel diatas:

- a. Jenis I adalah semua semen portland untuk tujuan umum, biasa tidak memerlukan sifat-sifat khusus misalnya, gedung, trotoar, jembatan, dan lain-lain.
- b. Jenis II semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, penggunaannya pada pir (tembok dilaut dermaga), dinding tahan tanah tebal dan lain-lain.
- c. Jenis III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.

- d. Jenis IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada kelas I.
- e. Jenis V adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995).

2.2.2 Air

Menurut Tjokrodimuljo (1996), air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan dan perawatan beton. Fungsi air pada pembuatan beton adalah membantu reaksi kima semen dan sebagai bahan pelicin antara semen dengan agregat agar mudah dikerjakan. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25-30% dari berat semen. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Kandungan lumpur (benda melayang lainnya) maksimum 2 gram/liter.
2. Kandungan klorida maksimum 0,5 gram/liter.
3. Kandungan garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik, dll) maksimum 15 gram/liter.
4. Kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter.

Adapun persyaratan air yang boleh digunakan menurut SNI 03-2847-2002 antara lain:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Sebaiknya menggunakan air bersih yang dapat diminum.
3. Air yang dapat digunakan sebaiknya diuji dulu sehingga dapat diketahui jenis dan kadar ineral yang terkandung didalamnya.

Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan

mengakibatkan beton akan menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

2.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kurang lebih sebanyak 70% dari volume beton ditempati oleh agregat. Pemilihan agregat ini merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi SNI-03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000).

Menurut PBI (1971) syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan dalam campuran beton adalah :

1. Pasir terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras. Bersifat kekal, artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*.

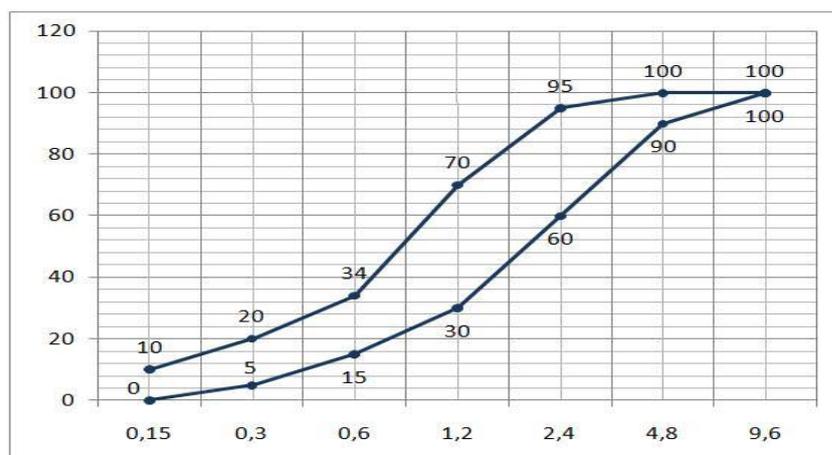
Menurut SNI 03-2834-2000 tentang Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir sedang, pasir agak halus, dan pasir halus sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-2000

Ukuran Saringan	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	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	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

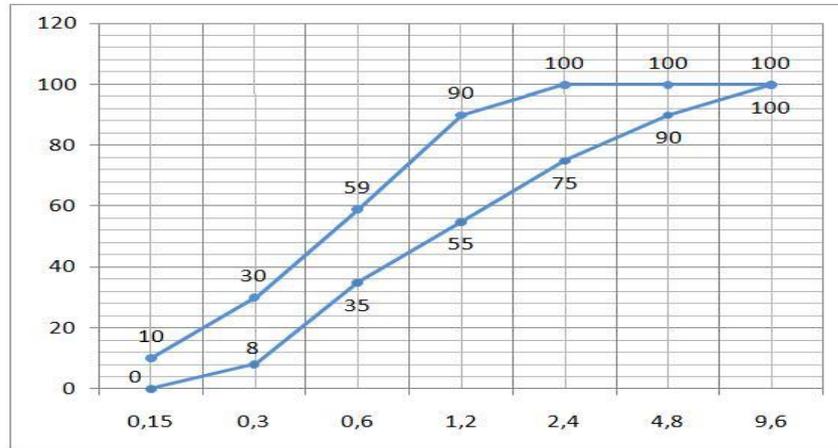
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari nilai-nilai tabel di atas dapat dibuat grafik pergradasi. Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki zone I.



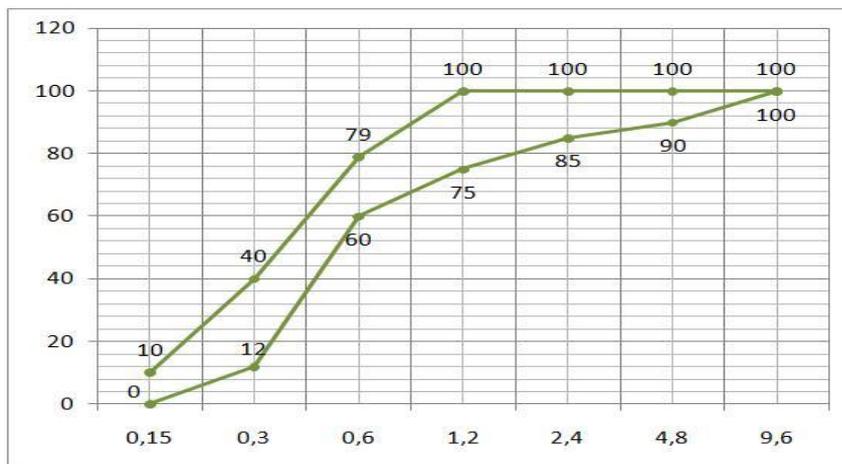
Gambar 2.2 Gradasi Pasir Kasar (Gradasi zone 1 berdasar SNI-03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone II*.



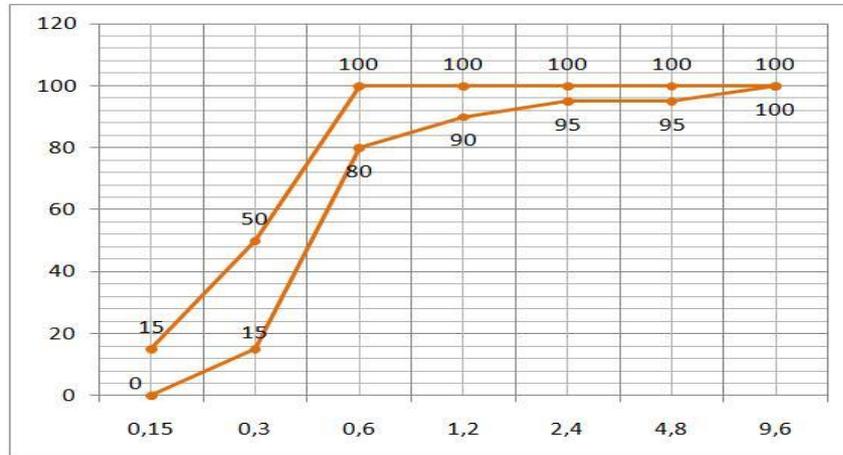
Gambar 2.3 Gradasi Pasir Sedang (Gradasi *zone 2* berdasar SNI-03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone III*.



Gambar 2.4 Gradasi Pasir Agak Halus (Gradasi *Zone 3* berdasar SNI-03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone IV*.



Gambar 2.5 Gradasi Pasir Halus (Gradasi *Zone 4* berdasar SNI-03-2834-2000)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm.

Menurut SK SNI S-04-1989-F, syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Kadar bagian yang lemah bisa diuji dengan goresan batang tembaga, maksimum 5%.
2. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dan panjang hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih dan panjang tersebut tidak melampaui 20% dari jumlah agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
5. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

6. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila melebihi maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum menggunakannya.

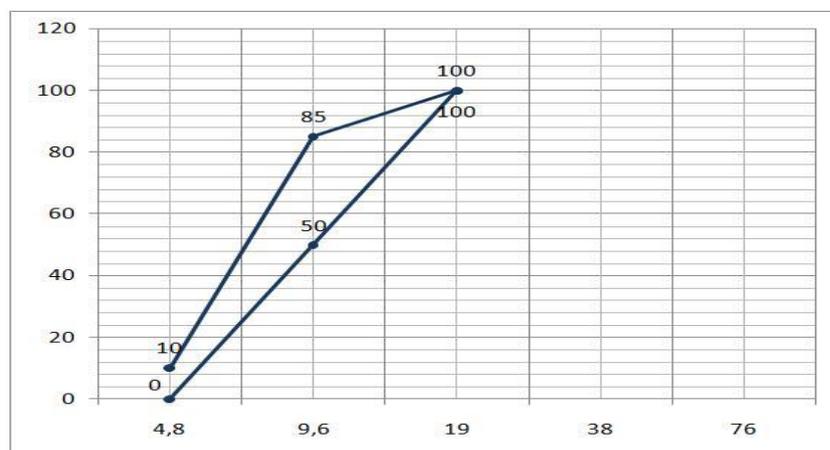
Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar dibagi menjadi tiga kelompok menurut gradasinya, dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar Menurut SNI 03-2834-2000

Lubang Ayakan (mm)	% Berat butir yang lewat ayakan		
	Ukuran maks 10 mm	Ukuran maks 20 mm	Ukuran maks 40 mm
76	-	-	100-100
38	-	100-100	95-100
19,6	100-100	95-100	35-70
9,6	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

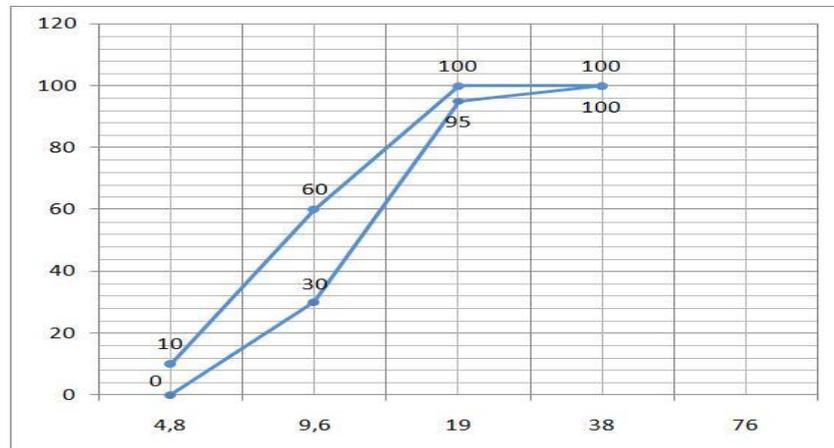
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memiliki ukuran maksimal 10 mm.



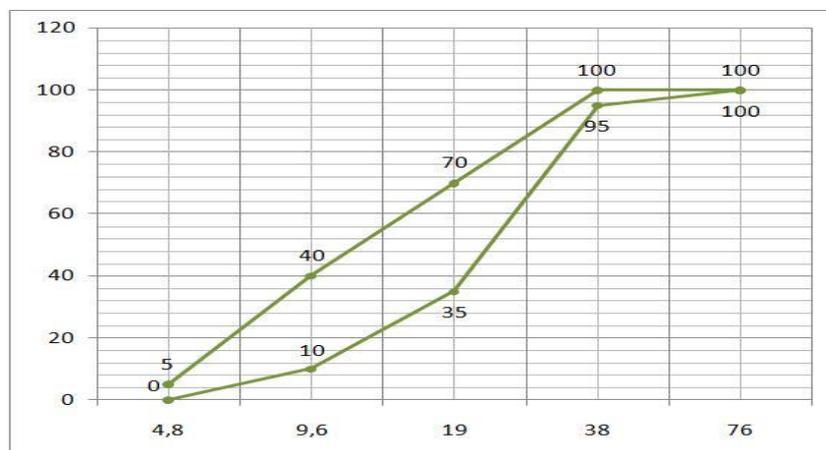
Gambar 2.6 Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 10 mm berdasar SNI-03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memiliki ukuran maksimal 20 mm.



Gambar 2.7 Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 20 mm berdasar SNI-03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat halus yang memiliki ukuran maksimal 40 mm.



Gambar 2.8 Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 40 mm berdasar SNI-03-2834-2000)

2.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Menurut Tjokrodimuljo (2009), bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan kedalam adukan beton, bertujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya.

Menurut Mulyono (2004) bahan tambah dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Pemberian bahan tambah ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja beton. Contoh bahan tambah mineral adalah abu terbang batu bara (*fly ash*), *slag* dan *silica fume*.

2. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan tambah kimia bertujuan mengubah beberapa sifat beton. Adapun macam-macam bahan tambah kimia, yaitu :

a. Tipe A (*Water Reducing Admixtures*)

Water reducing admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

b. Tipe B (*Retarding Admixture*)

Retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

c. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

Accelerating admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

d. Tipe D (*Water Reducing And Retarding Admixture*)

Water reducing and retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

e. Tipe E (*Water Reducing And Accelerating Admixtures*)

Water reducing and accelerating admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

f. Tipe F (*Water Reducing High Range Admixtures*)

Water reducing high range admixtures adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah superplasticizer, dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

g. Tipe G (*Water Reducing High Range Retarding Admixtures*)

Water reducing high range retarding admixtures adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan superplasticizer dengan penunda waktu pengikatan.

2.2.5 Serat Serabut Kelapa (*CocoFiber*)

kelapa merupakan tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari *famili Palmae*. Tanaman kelapa (*cocosnucifera*), merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi (Bifel RDN, dkk, 2015).

Serabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan serabut kelapa berkisar 5-6cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, karpet, sikat, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa umumnya menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potasium (Rindengan et al., 1995). Serat serabut kelapa adalah salah satu bahan baku yang diperoleh dari pengolahan serabut

kelapa. Beberapa sifat dan keunggulan dari serat serabut kelapa antara lain tahan terhadap air, tahan terhadap mikroorganisme, pelapukan dan juga terhadap pengerjaan mekanis yaitu gesekan dan pukulan serta lebih ringan dari serat lain (Arif et al, 2008). Serat serabut kelapa adalah serat alami yang sulit busuk karena tidak ada decomposer yang dapat menguraikan sabut tersebut.

Serabut kelapa selama ini belum digunakan secara optimal, hanya digunakan sebagai bahan bakar. Serat-serat serabut kelapa mempunyai serat panjang dan lurus dimana menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penggunaan serat serabut kelapa dapat meningkatkan kuat lentur dari genteng beton (Anonimous,1997). Hal ini terjadi karena serat serabut kelapa dalam bodi genteng berlaku sebagai tulang sehingga memperkuat produk, disamping itu penggunaan serat secara berlebihan relatif menurunkan berat genteng beton.

2.3 Beton Serat

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) *Committee 544* beton berserat diartikan sebagai beton yang terbuat dari semen *hidrolis*, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang mana masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan *additive*. Beton serat didefinisikan sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm) (Tjokrodinuljo,1996).

Penambahan serat ini dapat memperbaiki sifat-sifat beton, diantaranya adalah meningkatkan daktilitas, ketahanan *impact*, kuat tarik dan kuat lentur, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap susut, ketahanan abrasi, ketahanan terhadap pecahan (*fragmentation*), dan ketahanan terhadap pengelupasan (*spalling*).

Serat yang cocok untuk digunakan sebagai tulangan pada beton dibedakan menjadi dua macam yaitu serat sintesis dan serat alami. Serat sintesis biasanya terbuat dari baja, kaca, dan polimer. Sementara serat alami biasanya diambil dari tumbuh-tumbuhan.

Macam-macam serat yang biasa digunakan dalam campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Macam-macam serat

Tipe	Diameter 0.001 in	Spesific Grafity	E Ksi x 1000	Kuat Tarik ksi
Baja				
High Tensile	4 – 40	7.8	29	50 - 250
Stainless	4 – 13	7.8	23.2	300
Gelas	4 – 5	2.5 – 2.7	10.44 – 11.6	360 – 500
Polymer				
Polypropylene	20 – 160	0.9	0.5	90 – 110
Polyethylene	1 – 40	0.96	0.725 – 25	29 – 435
Polyester	4 – 3	1.38	1.45 – 2.5	80 – 170
Amarid	4 – 47	1.44	9 - 17	525
Asbestos	0.0008 – 1.2	2.6-3.4	23.8 – 28.4	29 – 500
Carbon	3 – 35	1.9	33.4 – 55.1	260 – 380
Alami				
Kayu	0.8 – 4.7	1.5	1.45 – 5.8	44 – 131
Sisal	< 8	-	1.89 – 3.77	41 – 82
Serabut Kelapa	4 – 16	1.12 – 1.15	2.76 – 3.77	17 – 29
Bambu	2 – 16	1.5	4.79 – 5.8	51 – 73
Rumput Gajah	17	-	0.716	26

1 ksi = 6.895 Mpa

1 in = 2.54 cm

(Sumber: American Concrete Institute)

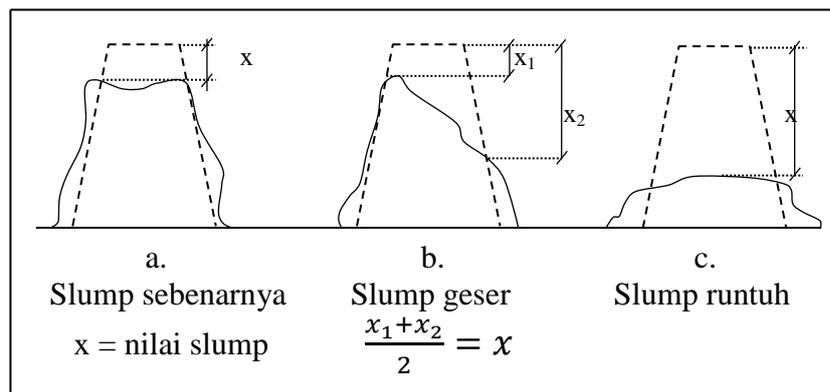
2.4 Pengujian

2.4.1 Slump Test

Menurut SNI-03-2834-2000, *slump* adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abras. *Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat

sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya.

Pemeriksaan *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian *Slump* Beton Semen Portland.



Gambar 2.9 Jenis-jenis *Slump*

Dari gambar 2.9 slump dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *slump* sejati (*slump* sebenarnya), *slump* geser dan *slump* runtuh.

1. *Slump* sebenarnya merupakan penurunan umum dan seragam tanpa ada adukan beton yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* yang sebenar. Pengambilan nilai *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.
2. *Slump* geser terjadi bila separuh puncaknya tergeser atau tergelincir ke bawah pada bidang miring. Pengambilan nilai *slump* geser ini ada dua yaitu dengan mengukur penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut.
3. *Slump* runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair. Pengambilan nilai slump ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.

Adapun nilai-nilai *slump* untuk berbagai pekerjaan beton dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 Nilai-nilai *slump* untuk berbagai pekerjaan

Jenis Pekerjaan	<i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, dan pondasi tapak tulang	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi dibawah tanah	90	25
Plat, balok, kolom, dan dinding	150	50
Perkerasan jalan	75	50
Pembetonan missal	75	25

(Sumber: PBBI 1971)

Adapun unsur–unsur yang mempengaruhi nilai *slump* antara lain (Tri Mulyono, 2003) :

1. Jumlah air pencampur
Semakin banyak air semakin mudah dikerjakan
2. Kandungan Semen
Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.
3. Gradasi Campuran pasir-kerikil
Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar
Agregat berbentuk bulat – bulat lebih mudah dikerjakan.
5. Butir maksimum
6. Cara Pemadatan dan alat pemadat.

2.4.2 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji bertujuan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna atau kira-kira selama 28 hari. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air didalam

beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonnya. (Tjokrodinuljo, 2007). Keretakan pada permukaan beton tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan beton, terutama penurunan kuat tekan.

Kondisi perawatan yang baik dapat dicapai dengan menggunakan salah satu metode di bawah ini :

- a. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
- b. Beton direndam di dalam air
- c. Beton dilindungi dengan karung basah, film plastic, atau kertas perawatan tahan air.
- d. Dengan menggunakan perawatan gabungan acuan-membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari beton basah.
- e. Perawatan uap untuk beton yang dihasilkan dari kondisi pabrik, seperti pipa dan balok pra-cetak, dan tiang atau girder pra-tekan. Temperatur perawatan uap ini sekitar 150 °F.

Perawatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara merendam benda uji didalam air pada hari kedua setelah pengadukan beton dan dikeluarkan dari cetakan.

2.4.3 Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Benda uji diletakkan pada bidang tekan pada mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran.

serat yang digunakan maka akan membuat penurunan massa jenis. Hasil dari uji kuat tekan pada usia 28 hari menghasilkan nilai kuat tekan optimum pada sampel beton serat 0,2% dengan kuat tekan sebesar 16,494 MPa atau naik 1,619% dari beton normal. Pada pengujian kuat tarik belah beton usia 28 hari menghasilkan kuat tarik belah beton optimum pada sampel beton serat 0,2% dengan kuat tarik belah sebesar 1,338 MPa. Persentase kekuatan tarik belah beton serat terhadap kuat tekannya adalah sekitar 8%.

Penelitian Yogie Risdianto dan Ghary Rivaldo Lumban Tobing (2019). Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi penambahan serat sabut kelapa yang meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton. Penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana $f'c$ 24,90 N/mm². Benda uji berupa silinder beton berukuran 15x30 cm dan balok beton berukuran 15x15x60 cm. Serat serabut kelapa sebagai bahan tambahan berupa serat dengan ukuran panjang 25-40 mm dan dengan persentase 2%, 4%, dan 6%. Hasil penelitian menunjukkan penambahan serat serabut kelapa 2% mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tarik belah dan kuat lentur, namun mengalami penurunan kuat tekan. Sehingga, kadar optimum penambahan serat serabut kelapa terhadap kuat lentur dan kuat tarik belah tertinggi terjadi pada penambahan sebesar 2% diperoleh rata-rata kuat tarik belah sebesar 2,38 MPa dan kuat lentur sebesar 5,705 MPa.