

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BETON

2.1.1 Pengertian Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

Secara Sederhana Beton dibentuk oleh pengkerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Kadang-kadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton (Asroni, 2010).

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu men ghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton terbagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Beton normal merupakan beton yang cukup berat, dengan Berat Volume 2400 kg/m³ dengan nilai kuat tekan 15-40 MPa dan dapat menghantar panas.
2. Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m³. Nilai kuat tekanannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.
3. Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60cm.
4. Fero semen adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan kepada mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman. Fero semen dapat diartikan beton bertulang.

5. Beton serat adalah beton komposit yang berdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat logam.
6. Beton non pasir adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20-25%.
7. Beton siklop yaitu beton yang sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukuran agregat yang digunakan bisa mencapai 20cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20%.
8. Beton hampa (*Vaccum Concrete*) adalah beton yang dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut dengan vakum (*vacum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.
9. Mortar sering disebut juga dengan mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan prekat, kapur dan *portland cement* (PC).

2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Kelebihan dan kekurangan beton menurut Tri Mulyono (2005), kelebihan dan kelemahan beton adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan
 - A. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
 - B. Mampu memikul beban yang berat.
 - C. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
 - D. Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan

- A. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- B. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- C. Berat
- D. Daya pantul suara besar.

2.1.3 Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton yang diuraikan tidak selalu sama semua harus dimiliki oleh setiap konstruksi beton dan sifat-sifat tersebut juga relatif ditinjau dari sudut pemakaian beton itu sendiri. Pada umumnya sifat-sifat beton dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Berikut sifat-sifat beton antara lain:

1. Beton segar

- a. Kemudahan pengerjaan/*workability*, umumnya dinyatakan dalam besaran nilai *slump* (cm) dan dipengaruhi oleh:
 - Jumlah air yang dipakai makin banyak, beton makin mudah di kerjakan
 - Penambahan semen (FAS) tetap, maka beton makin mudah dikerjakan
 - Gradasi campuran pasir dan kerikil
 - Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai
 - pemakaian butir-butir buatan yang bulat
- b. Segregasi, kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, peluang segregasi diperbesar dengan:
 - Campuran yang kurus/kurang semen
 - Pemakaian air yang terlalu banyak
 - Semakin besar butir kerikil yang dipakai
 - Campuran yang kasar, atau kurang agregat halus
 - Tinggi jatuh pengecoran beton terlalu tinggi
- c. *Bleeding*, kecenderungan air campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Hal ini dapat dikurangi dengan cara:

- Memberi lebih banyak semen
- Menggunakan air sedikit mungkin
- Menggunakan pasir lebih banyak
- Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetaran pemadatan sesuai dengan nilai *slump* campuran

2. Beton Keras

A. Sifat jangka pendek kuat tekan dipengaruhi oleh:

- Perbandingan air semen dan tingkat pemadatan.
- Jenis semen dan kualitasnya.
- Jenis dan kekasaran permukaan agregat.
- Umur (pada keadaan normal, kekuatan bertambah sesuai dengan umurnya).
- Suhu (kecepatan pengerasan bertambah dengan naiknya suhu).
- Kuat tarik, untuk kuat tarik beton berkisar 1/18 kuat tekan beton saat umurnya masih muda dan menjadi 1/20 sesudahnya. Kuat tarik berperan penting dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu.
- Kuat geser, dalam praktiknya kuat tekan dan tarik selalu diikuti oleh kuat geser.

2.1.4 Klasifikasi Beton

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

1. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2834-2000)
 - a. Beton ringan :berat satuan $<1,900 \text{ kg/m}^3$
 - b. Beton normal :berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
 - c. Beton berat :berat satuan $>2.500 \text{ kg/m}^3$
2. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton
 - a. Beton segar :masih dapat dikerjakan
 - b. Beton hijau:beton yang baru saja dituangkan dan harus segera dipadatkan

- c. Beton muda :3 hari <28 hari
- d. Beton keras :umur>28 hari

3. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaan

| Jenis Beton | F_c' (kg/cm ²) | b_k' 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 10 - < 15 | K175-<K250 K125-<K175 | Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu. Digunakan untuk lantai kerja penimbunan kembali dengan beton. |

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7-2005)

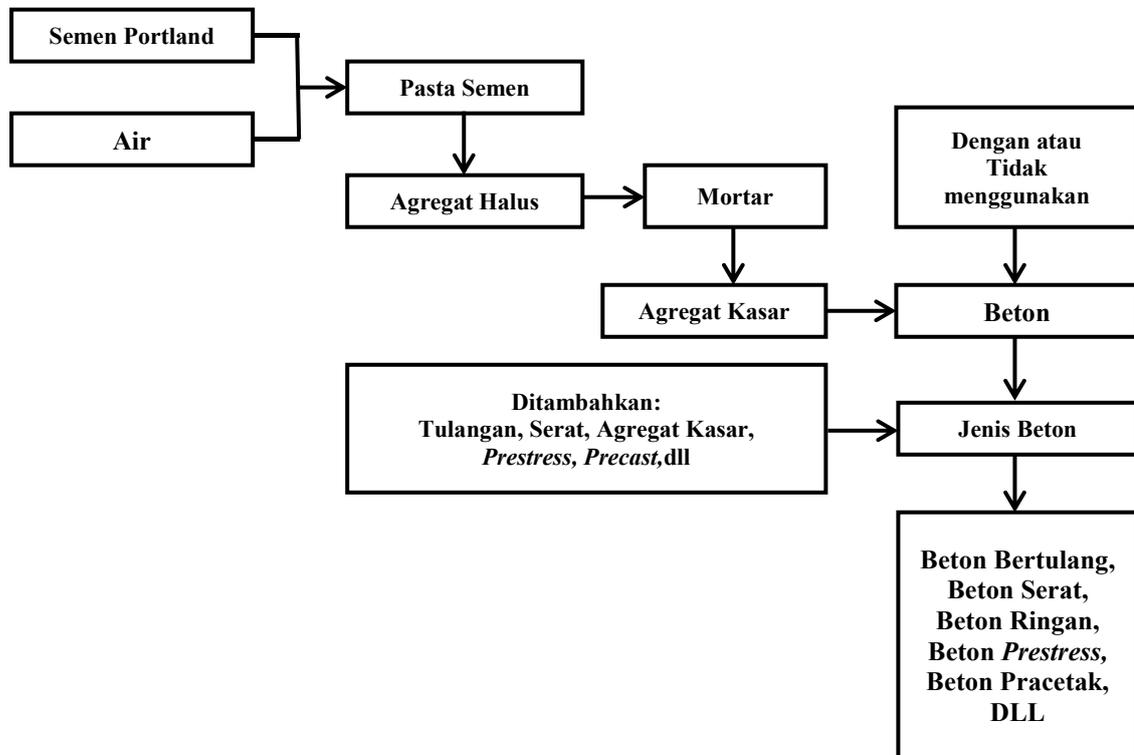
4. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- a. Beton *cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada pembangunan gedung.
- b. 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.

5. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)
 - a. Beton Konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
 - b. Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dikakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
6. Klasifikasi Berdasarkan Kuat Tekan Beton
 - a. Beton mutu rendah (*low strength concrete*) dengan kuat tekan (f_c') kurang dari 20 Mpa.
 - b. Beton mutu sedang (*medium strength concrete*) dengan kuat tekan (f_c') antara 21 Mpa sampai 40 Mpa.
 - c. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan kuat tekan (f_c') lebih dari 41 Mpa.

2.1.5 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 dilihat pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Beton

(sumber: *e-journals.unmul.ac.id*)

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk suatu bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Bonardo Pangaribuan, Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7656:2012, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih

bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (CaSO_4) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Hidrolis berarti sangat senang bereaksi dengan air, senyawa yang bersifat hidrolis akan bereaksi dengan air secara cepat. Semen *portland* bersifat hidrolis karena di dalamnya terkandung kalsium silikat ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$) dan kalsium sulfat (CaSO_4) yang bersifat hidrolis dan sangat cepat bereaksi dengan air. Reaksi semen dengan air berlangsung secara *irreversible*, artinya hanya dapat terjadi satu kali dan tidak bisa kembali lagi ke kondisi semula.

Jenis-jenis semen antara lain:

1. *Portland Cement* (PC)

Adalah jenis yang paling umum dari semen dalam pengguna umum di seluruh dunia karena merupakan bahan dasar beton, dan pelasteran semen.

2. *Super Masonry Cement* (SMC)

Semen ini lebih tepat digunakan untuk konstruksi perumahan gedung, jalan dan irigasi yang struktur betonnya maksimal K225. Dapat juga digunakan untuk bahan baku genteng beton, *hallow brick*, *paving block*, tegel dan bahan bangunan lainnya.

3. *Oil Well Cement* (OWC)

Merupakan semen khusus yang lebih tepat digunakan untuk pembuatan sumur minyak bumi dan gas alam dengan konstruksi sumur minyak bawah permukaan laut dan bumi. Untuk saat ini jenis OWC yang telah diproduksi adalah *class G*, HSR (*Hight Sulfat Resistance*) disebut juga sebagai “*BASIC OWC*”. Bahan *additive*/dicampurkan hingga menghasilkan kombinasi produk OWC untuk pemakaian pada berbagai kedalaman dan temperatur.

4. *Portland Pozzolan Cement* (PPC)

Adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling *clinker*, *gypsum* dan bahan *pozzolan*. Produk ini lebih tepat digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, seperti: jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi dan fondasi pelat penuh.

5. Semen putih

Digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), sebagai *filler* atau pengisi. Semen dari jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) *limestone* murni.

6. *Portland Composite Cement* (PCC)

Digunakan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, sama dengan penggunaan *ordinary portland cement* (OPC) dengan kuat tekan yang sama. PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan dengan OPC, sehingga pengerjaannya akan lebih mudah dan menghasilkan permukaan beton/plester yang lebih rapat dan lebih halus.

Menurut SNI 7656:2012 semen *portland/ordinary portland cement* dibedakan menjadi:

1. *Portland Cement Type I* (Ordinary Portland Cement)

Semen *portland* tipe I merupakan jenis semen yang paling banyak dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dapat digunakan untuk seluruh aplikasi yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Contohnya, ketika merenovasi rumah tinggal akan membeli semen di toko bangunan, mereka digunakan atau cocok dengan lingkungan pemukiman mereka berada, antara lain : bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya.

2. *Portland Cement Type II* (*Moderate Sulfat Resistance*)

Semen *portland* tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau dibawah semen *portland* tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase. Semen *portland* tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.

3. *Portland Cement Type III (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. Kegunaan pembuatan jalan beton, landasan lapangan udara, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

4. *Portland Cement Type IV (Low Heat Of Hydration)*

Tipe semen dengan panas hidrasi rendah. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang *portland* tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis. Cocok digunakan untuk daerah yang bersuhu panas.

5. *Portland Cement Type V (Sulfat Resistance Cement)*

Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya mempunyai kandungan garam sulfat tinggi. Sangat cocok untuk instalansi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir.

2.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini menempati 70% volume beton. Walaupun sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Cara membedakan jenis agregat dilakukan dengan didasarkan pada ukuran butirannya. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya, misalnya untuk pekerjaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bendungan dan lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan krikil, split, batu pecah dan lainnya. (Tri Mulyono, 2005).

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:

1. 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 sebesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan dalam campuran beton adalah:

- a. Pasir terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras. Bersifat kekal, artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca.
- b. Tidak mengandung lumpur dari 5% apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci.
- c. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak 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

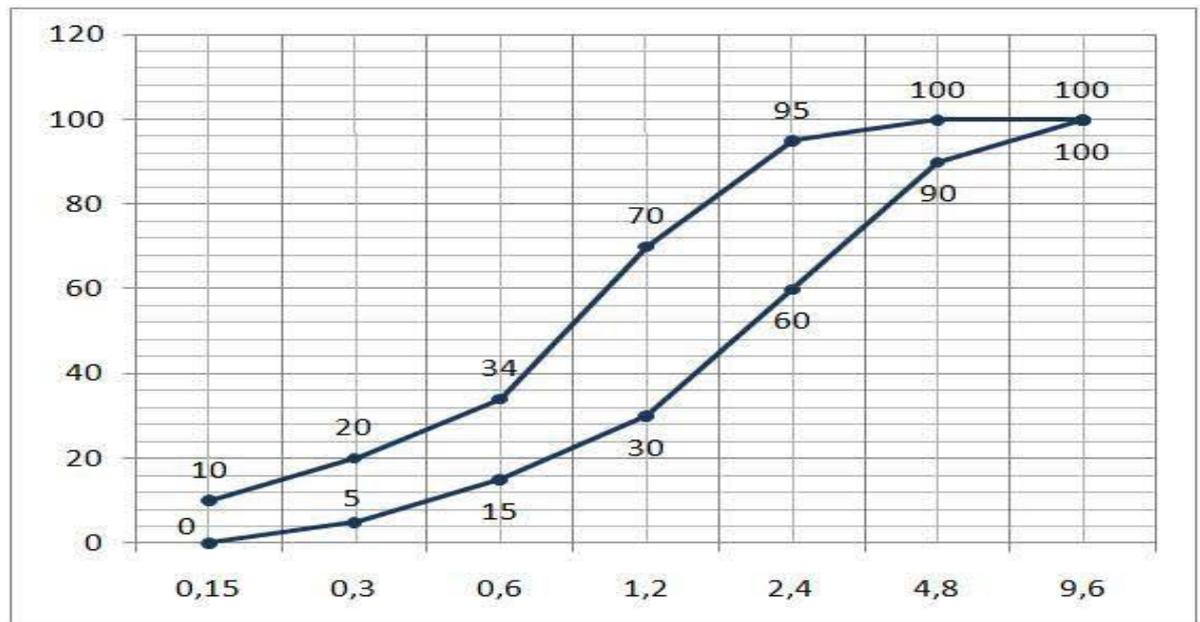
agak halus, dan pasir halus sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2..2 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-2000

| Ukuran Saringan | Pasir Kasar Gradasi 1 | Pasir Sedang Gradasi 2 | Pasir Agak Halus Gradasi 3 | Pasir Halus 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 |
| 0,3 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0,15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

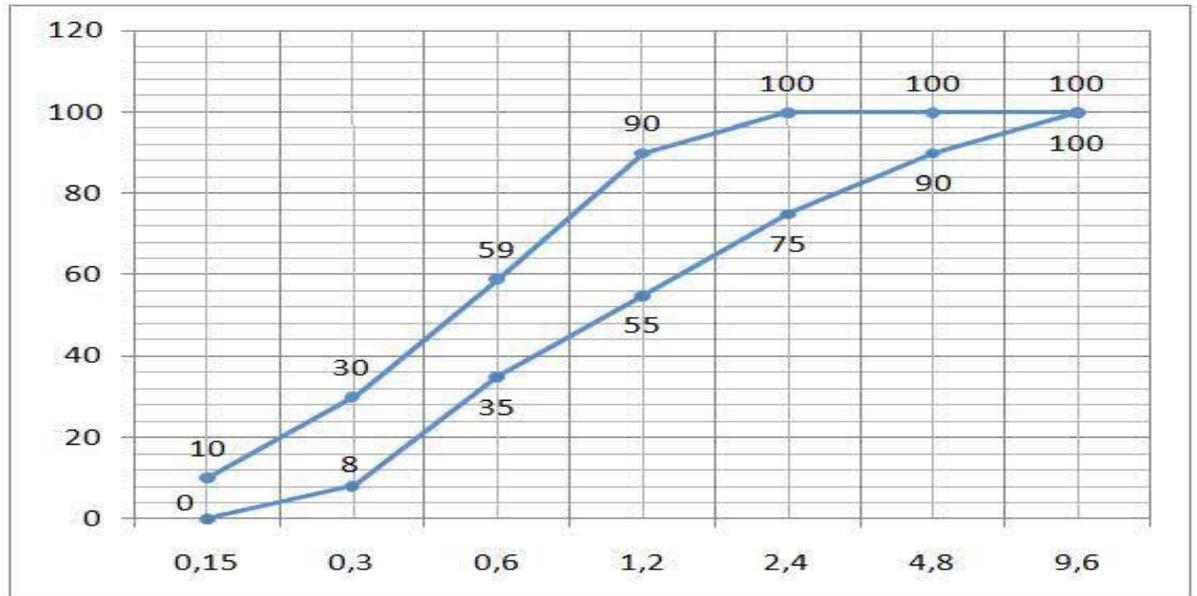
Dari nilai-nilai tabel diatas dapat dibuat grafik pergradasi. Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone I*.



Gambar 2.2 Gradasi Pasir Kasar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

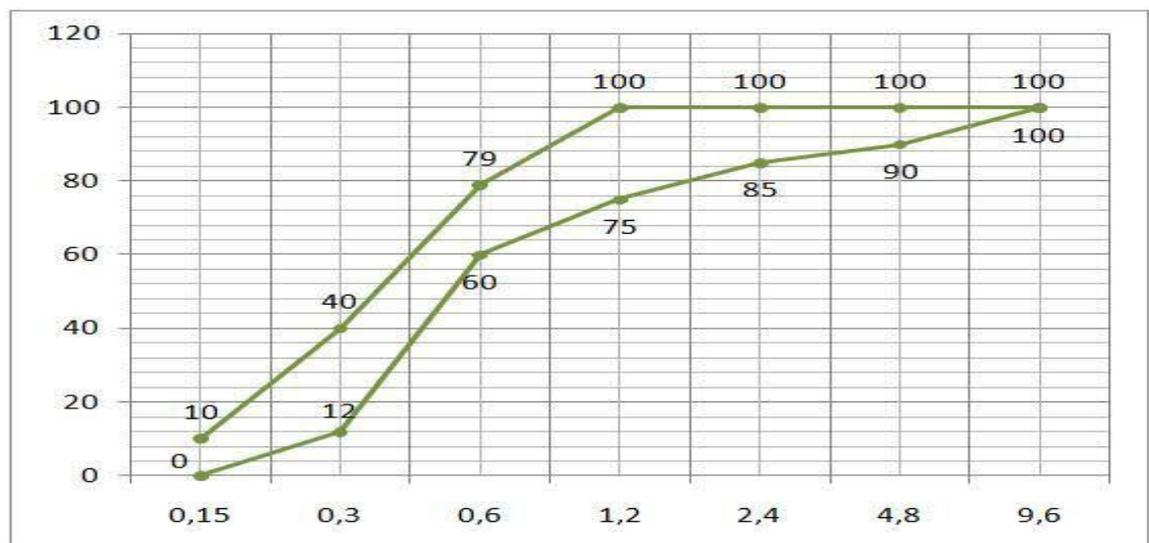
Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi menurut SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone II*.



Gambar 2.3 Gradasi Pasir Sedang

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

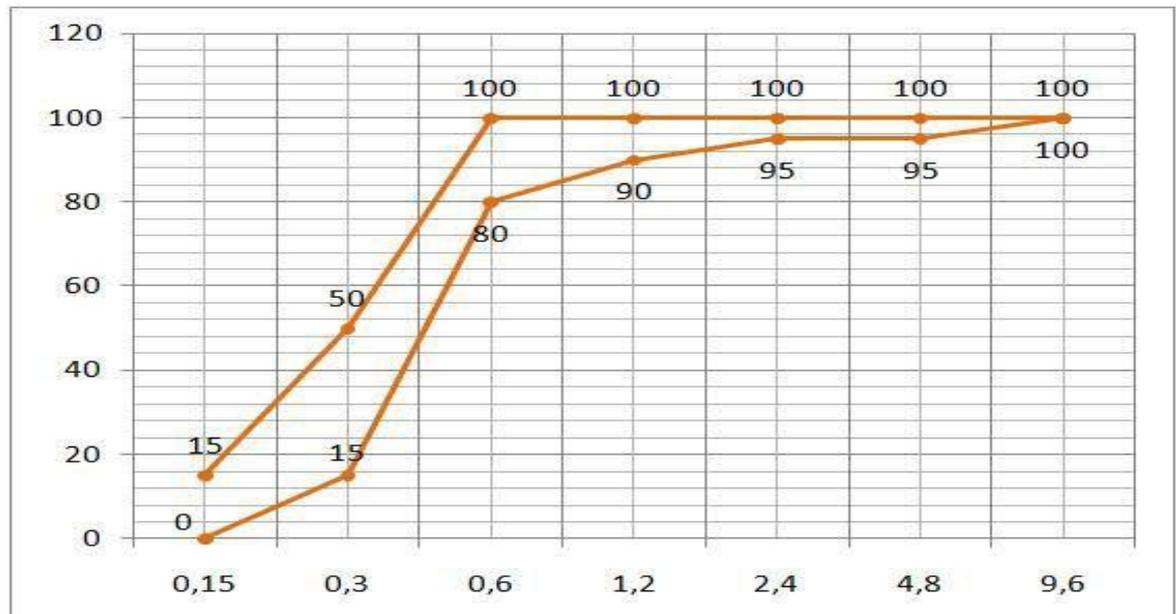
Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone III*.



Gambar 2.4 Pasir Agak Halus

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memasuki *zone IV*.



Gambar 2.5 Gradasi Pasir Halus

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang di peroleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Kadar bagian yang lemah bisa diuji dengan goresan batang tembaga, maksimum 5%.
- b. 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.
- c. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.

- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- e. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- f. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. apabila melebihi maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum menggunakannya.

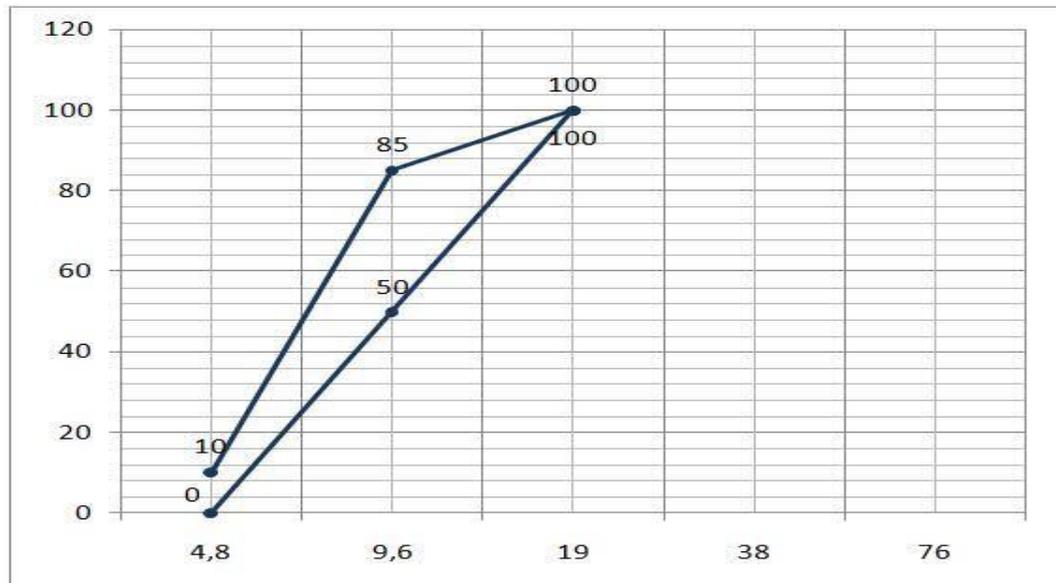
Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar dibagi menjadi tiga kelompok menurut gradasinya, dapat dilihat pada Tabel 213 berikut ini.

Tabel 2.3 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 | 95-10 | 35-70 |
| 9,6 | 50-85 | 30-60 | 10-40 |
| 4,8 | 0-10 | 0-10 | 0-5 |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

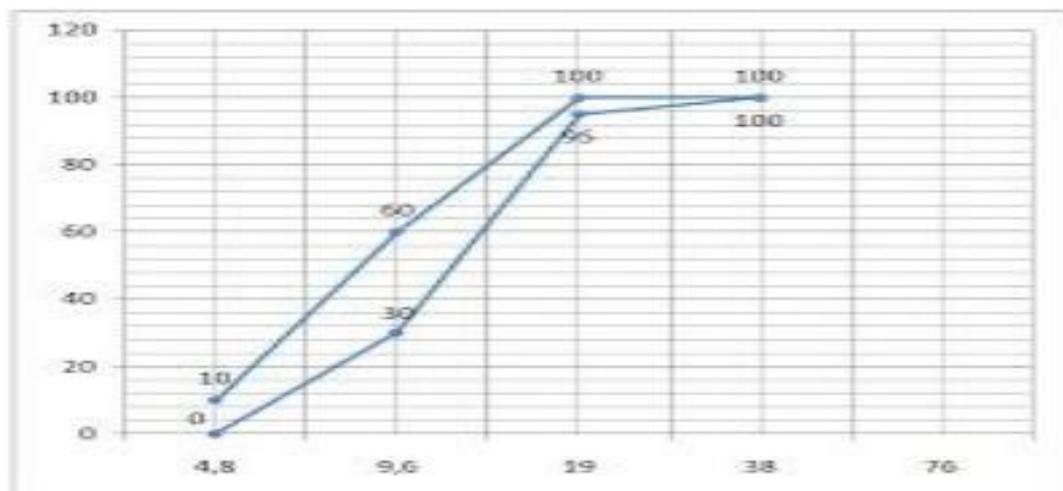
Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memiliki ukuran maksimal 10 mm.



Gambar 2.6 Gradasi Agregat Kasar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memiliki ukuran maksimal 20 mm.



Gambar 2.8 Gradasi Agregat Kasar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Berikut ini merupakan gambar grafik gradasi berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai batas-batas gradasi agregat halus yang memiliki ukuran maksimal 40 mm.



Gambar 2.8 Gradasi Agregat Kasar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya yang paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25 persen berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil (Kardiyono Tjokrodinuljo,1996). Pemakaian air yang memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Air harus bersih, tidak mengandung lumpur dari 2 gram/liter, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
5. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.

2.3 Bottom Ash

Abu Dasar (*Bottom Ash*) adalah limbah bekas pada pembakaran batubara di dalam *boiler* akan menghasilkan limbah berupa debu (*ash*). menurut ukurannya limbah debu dibagi menjadi dua yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). *Bottom ash* adalah limbah abu yang ukurannya lebih besar dari pada *fly ash*, sehingga *bottom ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran(*boiler*). Daya dukung dan stabilitas tanah, pemilihan penggunaan *bottom ash* didasarkan atas ketersediaan *bottom ash* yang cukup melimpah dari pembakaran batubara dan beberapa kandungan kimia yang ada pada *bottom ash* seperti Si, Al, Ti, Ca, dan Fe memiliki peranan dalam mengikat partikel-partikel negatif yang ada pada permukaan tanah. *Bottom ash* kurang diperhatikan untuk penelitian-penelitian dibandingkan dengan Abu terbang (*fly ash*) yang sering digunakan dalam teknologi bahan. Hal ini mengakibatkan pemanfaatan limbah *bottom ash* yang semula kurang mendapatkan perhatian mempunyai nilai manfaat dan ekonomi, dengan pengolahan limbah tersebut akan mengurangi pencemaran terhadap lingkungan sekitar. Usaha stabilisasi dengan menggunakan *bottom ash* diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat CBR/*compaction* yang akan berpengaruh pada daya dukung tanah pondasi suatu struktur bangunan yang akan berdiri dilokasi tanah ekspansif tersebut. (Yuda Purnama dan Macfud Ridwan, 2018).

2.4 Serat Botol Plastik

Plastik sendiri merupakan salah satu jenis anorganik yang mana tidak semua jenis ini dapat didaur ulang. Botol plastik bekas atau Polyethylene Terephthalate (PET) merupakan salah satu jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan mudah. Dalam dunia konstruksi penggunaan bahan alternatif yang berasal dari limbah sudah mulai dilakukan termasuk untuk bahan tambah dalam pembuatan beton khususnya produk beton ringan seperti misalnya bata ringan, panel dinding dan lain-lain. Untuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk memperkuat lentur dalam pembuatan panel beton ringan, limbah botol plastik bekas harus diproses menjadi serat dengan cara dipotong dengan ukuran panjang 3 cm dan lebar 1-2 mm. Serat tersebut nantinya yang akan digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperkuat kuat lentur pada panel beton. (Yogi Meidianto Rusmansah dan Yogie Risdianto, 2020).

2.5 *Workability*

Segala aspek yang berhubungan dengan beton segar dan peranan dari pada saat penelitian material penyusunan hingga sampai *finishing* disebut dengan *workability*.

Workability beton dapat didefinisikan sebagai cara mudah dimana beton dapat dipindahkan dari *mixer* hingga struktur yang akan dibebankan kepada campuran beton tersebut. *Workability* ini mempresentasikan sebagai kemampuan beton untuk dicampur, dipindahkan, dan sebagainya dengan kehilangan sifat homogenitasnya (menyatunya campuran semua material yang menyusun beton tersebut) secara minimum.

Workability biasa dibagi menjadi tiga karakteristik independen yang umum digunakan, yaitu:

1. *Consistency*, *workability* tergantung dari komposisi penyusun beton segar tersebut, karakter fisik dari campuran semen dan agregat.
2. *Mobility*, peralatan untuk pencampuran (*mixing*), perpindahan tempat (*transporting*) dan pemadatan (*compacting*), ukuran dan jarak dari perkerasan beton.

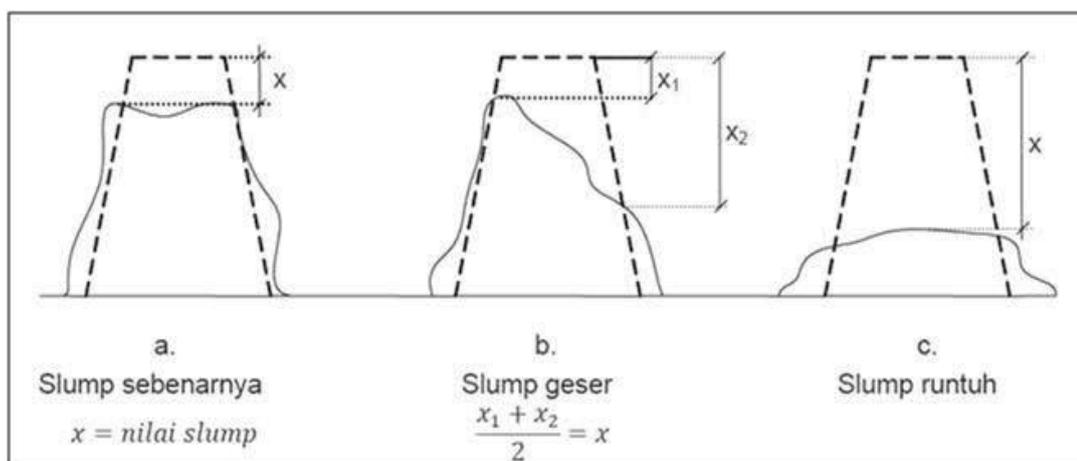
3. *Compactibility*, besar serta bentuk dari struktur yang menjadi beban. Untuk kemudahan pekerjaan (*workability*) yang baik maka diperlakukan porsi semen yang tinggi, jumlah material bermutu yang cukup, sedikitnya agregat bertipe *coarse*, dan jumlah air yang tinggi. Komposisi partikel yang seimbang sangat dibutuhkan untuk mendapatkan sifat plastis dalam campuran beton.

2.6 Pengujian Beton Segar

2.6.1 Slump Test

Menurut SNI 1972:2008, *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 *yeild stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antara partikellnya 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 1972:2008 tentang metode pengujian *slump* beton semen *portland*.



Gambar 2.9 *slump*

(Sumber SNI 1972:2008)

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* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.
2. *Slump* geser terjadi bila separuh puncaknya tergeser dan tergelincir ke bawah paada 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.

Nilai-nilai *slump* untuk berbagai pekerjaan beton dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 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)

Unsur-unsur yang mempengaruhi nilai *slump* antara lain (Tri Mulyono, 2005):

1. Jumlah air pencampur

Semakin banyak air semakin mudah dikerjakan.

2. Kandungan semen

Jika faktor air semen 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.

2.6.2 Bobot Isi Beton

Bobot isi beton adalah berat beton segar per-satuan isi. Bobot isi beton didefinisikan sebagai perbandingan antara berat adukan beton dengan volume adukan secara matematis. Penentuan berat volume beton segar dipengaruhi oleh jumlah air pengaduk dan berat jenis agregat gabungan yang dipakai. Pengujian bobot isi penting dilakukan karena jika bobot isi beton nyata tidak sesuai dengan yang direncanakan, maka harus ada koreksi jumlah bahan aduk yang digunakan. Berat isi ini perlu diketahui untuk mengkonversikan proporsi bahan campuran beton berat ke satuan volume.

Berdasarkan SNI 03-1973-1990, nilai rendeman lebih besar dari 1,00 menunjukkan suatu kelebihan beton yang digunakan, sedangkan jika rendeman kurang dari 1,00 menunjukkan kekurangan campuran dari volume rancangan. Tujuan pengukuran bobot isi ini adalah untuk menghitung/mengetahui nilai bobot isi rata-rata dan nilai rendeman dari beton segar hasil rancangan.

2.7 Berat Jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya

| Jenis Beton | Berat jenis | Pemakaian |
|----------------------|-------------|-----------------|
| Beton sangat ringan | <1,00 | Non struktur |
| Beton ringan | 1,00-2,00 | Struktur ringan |
| Beton normal (biasa) | 2,30-2,50 | struktur |
| Beton berat | >3,00 | Permisi sinar X |

(Sumber : IR. Kardiyono Tjokrodinuljo, M.E.)

Berat jenis beton secara teoritis (B_j)

Dimana :

W_A , B_{jA} = berat dan berat jenis air

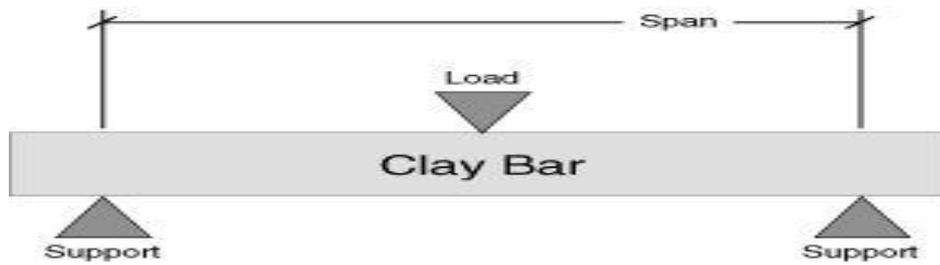
W_k , B_{jk} = Berat dan Berat jenis Kerikil W_s , B_{js} = berat dan Berat jenis

Semen W_P , B_{jP} = Berat dan Berat jenis Pasir

2.8 Kuat Tekan Lentur

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Balok uji beton dapat berpenampang persegi atau bujur sangkar dengan panjang total balok empat kali lebar penampangnyo. Beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji akan didapatkan dengan menggunakan beban terpusat tunggal (SNI 03-4154-1996). Kuat lentur dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$f_{lt} = \frac{Pl}{BH^2}$$



Gambar 2.10 Perletakan Pengujian Kuat Lentur Balok

Di mana:

f_{lt} = kuat lentur (Mpa)

P = beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (Kn)

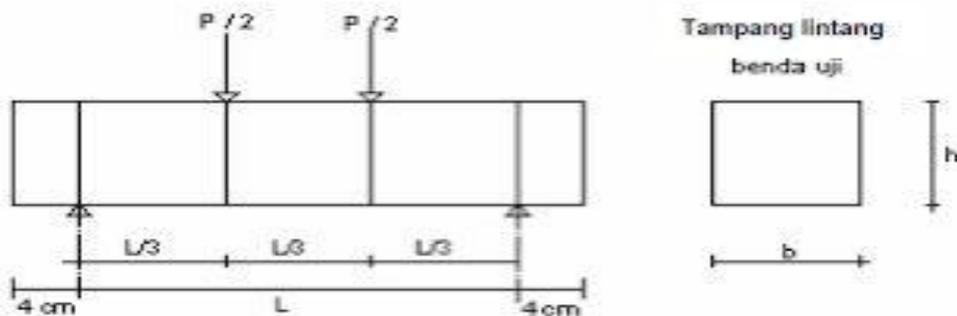
l = panjang bentang di antara kedua blok tumpuan (mm)

B = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

H = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

Pada SNI 4431-2011, sistem pembebanan pada pengujian kuat lentur beton dengan dua titik pembebanan.

Garis-garis perletakan pembebanan dapat dilihat pada gambar 2.5



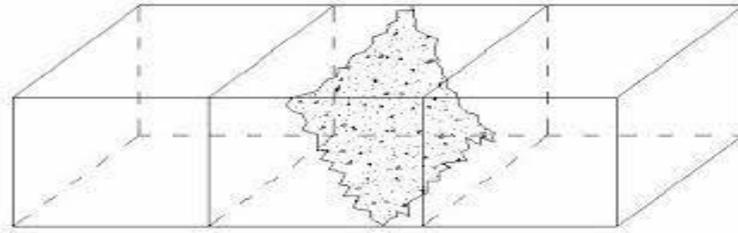
Gambar 2.11 Garis-garis Perletakan Pembebanan

(Sumber : SNI 4431-2011)

Rumus-rumus yang digunakan untuk pengujian kuat lentur beton dengan dua titik pembebanan sebagai berikut:

1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2}$$

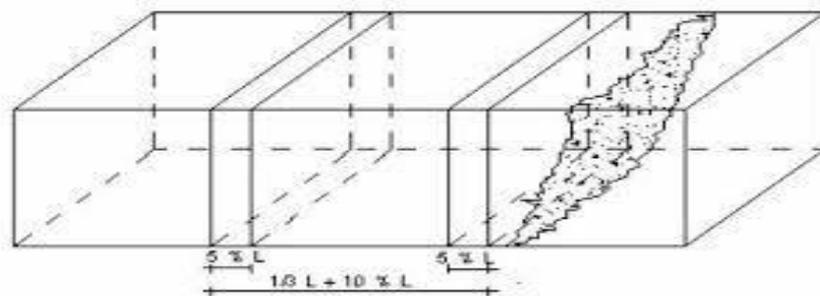


Gambar 2.12 Patah pada 1/3 Bentang Tengah

(Sumber : SNI 4431-2011)

2. Untuk pengujian dimana bidang patahnya terletak diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antar titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2}$$



Gambar 2.13 Patah di Luar Bentang Tengah dan Garis Patah Pada <5% Dari Bentang

(Sumber : SNI 4431-2011)

2.9 Dinding Panel

Dinding adalah bagian vertikal bangunan dan berfungsi untuk membatasi ruang dengan ruang lain dan bisa juga berfungsi sebagai penerima beban. Menurut SNI 03-3430-1994, dinding terdiri dari dua macam, yaitu dinding bata (non-struktural) dan struktur dinding. Dinding bata adalah dinding yang terbuat dari susunan beton-blok terikat satu sama lain dengan mortar untuk membentuk daerah dinding. Sementara itu, struktur dinding adalah dinding yang direncanakan, dihitung dan digunakan untuk mendukung berat gravitasi dan beban lateral. Dinding panel adalah salah satu komponen non struktural dari suatu bangunan

konstruksi. Dinding panel terbuat dari bahan semen dan pasir yang dicampur dengan bahan tambah sehingga lebih ringan. Pada umumnya dipasaran dinding panel memiliki berat 1/5 beton normal dengan struktur homogen (tanpa rongga vertikal dan horizontal di dalamnya). Dinding panel juga dapat mengurangi resiko gempa.

2.10 Perawatan Beton

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 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. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1996). keretakan pada permukaan beton tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan beton, terutama penurunan kuat tekan dan kuat lentur.

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

- a. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
- b. Beton direndam didalam air.
- c. Beton dilindungi dengan karung basah, *film plastic*, atau kertas perawatan tanah 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-cetak. Temperatur perawatan uap ini sekitar 150 °F.

2.11 Prosedur Pengujian di Laboratorium

2.11.1 Pengujian Analisa Saringan dan Berat Jenis Penyerapan Agregat

Dalam pengujian ini terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan Langkah-langkah kerja sesuai dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan akan menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut :

a. Pengujian Analisa saringan agregat

Analisa saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari suatu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir :

$$MHB = \frac{\text{jumlah \% kumulatif agregat tertinggal}}{100} \dots\dots\dots(2.1)$$

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Berat jenis adalah perbandingan relative antara masa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap kedalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan laut partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya. Pengujian berat jenis penyerapan agregat halus dilakukan berdasarkan rumus SNI 03-1969-1990 sebagai berikut :

1. Berat jenis kering (*bulk dry specific gravity*)

$$= \frac{B_2}{(B_3=500)-B_1} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD specific gravity*)

$$= \frac{500}{(B_3+500)-B_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{500-B_2}{B_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

B₁ : Berat Piknometer + Air + Benda Uji

B₂ : Berat Uji kering oven

B₃ : Berat Piknometer + Air

B_3 : Berat Piknometer + Air

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1971-1990 sebagai berikut :

4. Kadar air agregat

$$= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-4142-1996 sebagai berikut :

1. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots\dots\dots(2.6)$$

2. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots\dots\dots(2.7)$$

3. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

W_1 = berat kering benda uji + wadah (gram)

W_2 = berat wadah (gram)

W_3 = berat kering benda uji awal (gram)

W_4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram)

W_5 = berat kering benda uji setelah pencucian (gram)

W_5 = % bahan lolos saringan nomor 200 (0.075 mm)

- c. Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat kasar yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat.

Pengujian berat jenis penyerapan agregat kasar dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1969-1990 sebagai berikut :

1. Berat jenis kering (*bulk dry specific gravity*)

$$= \frac{B_k}{(W_2 + B_j) - w_1} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD specific graffity*)

$$= \frac{B_j}{(W_2+B_j)-W_1} \dots\dots\dots(2.10)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{B_j-B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven

B_j = Berat benda uji dalam keadaan SSD

W₁ = Berat piknometer + air + benda uji

W₂ = Berat piknometer + air

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1971-1990 sebagai berikut :

4. Kadar air agregat

$$= \frac{W_1-W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-4142-1996 sebagai berikut :

5. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots\dots\dots(2.13)$$

6. Berat kering benda uji setelah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots\dots\dots(2.14)$$

7. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 = \frac{W_3-W_5}{W_3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

W₁ = Berat benda kering benda uji + wadah (gram)

W₂ = Berat wadah (gram)

W₃ = Berat kering benda uji awal (gram)

W₄ = Berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram)

W₅ = Berat kering benda uji setelah pencucian

W₅ = % bahan lolos saringan no. 200 (0.075 mm)

2.11.2 Pengujian bobot isi agregat

Standar metode pengujian ini yaitu untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5mm – 40 mm, agregat halus terbesar 5 mm. pengujian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara ditusuk. Dalam kondisi gembur hanya dimasukkan langsung tanpa ditusuk. Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga-rongga udara, berbeda dengan bobot isi padat yang dipadatkan dengan cara ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa factor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No. 52 – 1980, berat isi untuk agregat beton diisyaratkan harus lebih dari 1,2 – 1,5 gr/cm². Pengujian bobot isi agregat dilakukan berdasarkan rumus dari PEDC Bandung sebagai berikut :

a. Bobot isi gembur

$$= \frac{\text{berat silinder} + \text{agregat gembur}}{\text{volume bejana silinder}} \dots\dots\dots(2.16)$$

b. Bobot isi padat

$$= \frac{\text{berat silinder} + \text{agregat padat}}{\text{volume bejana silinder}} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.11.3 Pengujian Kekerasan Agregat kasar

Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambahan. Dengan ketentuan demikian perlu dilakukan terlebih dahulu percobaan kekerasan agregat kasar untuk mengetahui agregat tersebut bisa atau tidaknya digunakan untuk membuat beton dengan berat isi 2200-2500 kg/m³ (beton normal). Untuk memeriksa agregat kasar, kerikil alam dan batu pecah. Dilakukan sama seperti pengujian

pada pasir ditambah dengan pemeriksaan kekerasan dan ketahanan aus.

Pengujian kekerasan agregat ini dihitung menggunakan rumus :

Dari BS 812-110-1990 sebagai berikut :

$$ACV = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.18)$$

ACV = Persen agregat hancur

M1 = berat benda uji semula

M2 = berat agregat tertahan saringan 2.36 mm

2.11.4 Pengujian berat jenis semen

Semen *Portland* merupakan bahan perekat hidrolis, yang dibuat dari campuran bahan yang mengandung oksigen utamanya : kalsium, silika, alumina, dan besi. Umumnya semen *Portland* dibuat dalam satu industry berteknologi modern dengan pengaturan komposisi dan lamanya. Semen *Portland* dalam penyimpanan memungkinkan dalam pengurangan mutu. Salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengindikasikan kepada hal tersebut dengan pengujian berat jenisnya.

Berat jenis semen *Portland* pada umumnya berkisar antara 3,10 – 3,20 dengan angka rata-rata 3,15 untuk semen tipe I sampai V. pengujian berat jenis semen dilakukan berdasarkan rumus dari PEDC Bandung sebagai berikut:

a. Berat jenis semen

$$= \frac{\text{berat semen (w)}}{v_2 - v_1} \dots \dots \dots (2.19)$$

Keterangan :

W = Berat benda uji (gram)

V₂ = Volume akhir (ml)

V₁ = Volume awal (ml)

2.11.5 Pengujian Konsistensi semen

Konsistensi normal semen adalah suatu kondisi pasta semen dalam keadaan standar basah yang artinya merata dari ujung ke ujung lainnya. Maksud dari konsistensi normal semen itu sendiri untuk menentukan

waktu mulainya pengikatan semen mulai dari dicampurnya semen dengan air. Konsistensi semen akan tercapai jika jarum vicat yang digunakan dalam praktikum ini menembus pasta semen 10 mm pada detik ke-3 dihitung mulai dari jarum dilepaskan. Pengujian konsistensi semen dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-6826-2002 sebagai berikut :

- a. Konsistensi semen

$$W \frac{W_a}{W_s} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan :

W = Konsistensi dinyatakan dalam kadar air pasta (%)

W_a = berat air (gram)

W_s = berat semen kering (gram)

2.11.6 Perencanaan Campuran Beton

Tujuan perancangan campuran beton adalah untuk meenentukan proporsi bahan baku betony aitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas, penyelesaian akhir yang sesuai dengan spesifikasi. Proporsi yang dihasilkan oleh rancangan pun harus optimal, dalam arti penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria teknis.

Perancangan campuran beton merupakan suatu hal kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena itu, sifat dan karakteristik masing-masing bahannya tersebut akan menyebabkan produksi beton yang dihasilkan cukup bervariasi. Selanjutnya perlu diketahui beberapa faktor lainnya yang mempengaruhi pekerjaan pembuatan rancangan campuran beton, diantaranya adalah kondisi dimana pekerjaan dilaksanakan, kekuatan beton yang direncanakan, kemampuan pelaksana, tingkat pengawasan, peralatan yang digunakan, dan tujuan peruntukan bangunan.

2.11.7 Metode Perencanaan campuran beton

Dalam praktek ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain seperti metode DOE yang dikembangkan oleh *department of environment* di Inggris dan metode ACI (*American Concrete Institute*). Metode rancangan campuran beton dengan cara DOE ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh departemen pekerjaan umum dan dimuat dalam standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Sedangkan SNI 7656 : 2012, "tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton serat dan beton massa" mengacu pada ACL. Secara garis besar kedua metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan table, tetapi pada prosedur terdapat perbedaan.

2.11.8 Kuat Lentur Dinding Panel Beton

Kuat Lentur Beton SNI 03-4154-1996 adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Kuat tarik lentur adalah kemampuan beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

Dinding panel adalah beton dengan panjang yaitu tinggi 8 cm, lebar 20 cm dan panjangnya 60 cm. Kuat Tekan Beton SNI 03-1974-1990 memberikan pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15.



Gambar 2.14 Dinding Panel beton dengan dua titik pembebanan

$$f_{lt} = \frac{Pl}{BH^2}$$

Keterangan :

f_{lt} = kuat lentur (Mpa)

P = beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (Kn)

l = panjang bentang di antara kedua blok tumpuan (mm)

B = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

H = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)