

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan – bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen (Mulyono, 2004).

Beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat. Harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Beton yang dengan jumlah semen yang sedikit sampai 7% disebut beton kurus (*lean concrete*). Sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak sampai 15% disebut beton gemuk (*rich concrete*). (Nugraha, Paul. 2007).

Menurut (Mulyono, 2004) secara umum beton dibedakan dalam 2 kelompok yaitu :

2.1.1 Beton Berdasarkan Kelas dan Mutu Beton

Kelas dan mutu beton ini dibedakan menjadi tiga kelas yaitu:

- a. 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.
- b. Beton kelas II adalah untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan-pimpinan tenaga ahli beton kelas II dibagi dalam mutu standar. Pada mutu beton kelas II pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kuat tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.
- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah

pimpinan tenaga–tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara continue.

2.1.2 Beton Berdasarkan Jenisnya

Berdasarkan jenis beton dibagi menjadi 6 jenis yaitu :

- a. Beton ringan agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang umumnya digunakan adalah states, residu, slag, batu bara dan banyak pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440\text{-}1850 \text{ kg/m}^3$. SNI pemberian batasan kriteria beton ringan sebesar 1900 kg/m^3 .
- b. Beton normal beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200\text{-}2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan $20\text{-}40 \text{ Mpa}$.
- c. Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat biasanya digunakan agregat yang berat jenisnya tinggi.
- d. Beton massa (*massa concrete*) dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan massif misalnya untuk bendungan, kanal , pondasi, jembatan dll.
- e. Ferro-cement adalah bahan gabungan yang diperoleh dari campuran beton dengan tulangan kawat ayam/kawat dianyam. Beton jenis ini akan mempunyai kuat tarik yang tinggi dan daktail.
- f. Beton serat (*fibre concrete*) merupakan campuran beton yang ditambah serat, umumnya berupa batangan-batangan dengan panjang 25 mm . bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastic (*poly-propylene*), atau potongan kawat baja. Kelemahannya sulit dikejakan namun lebih banyak kelebihanannya antara lain kemungkinan terjadi segregasi kecil, daktail, dan tahan benturan.

2.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

2.2.1 Kelebihan Beton

- a. Ketersediaan (*availability*) material dasar
Agregat dan air umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen juga pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, jika tersedia. Dengan demikian biaya pembuatan bisa relatif murah karena semua bahan bisa didapat setempat.
- b. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
- c. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*), beton dapat dicetak dengan betuk atau ukuran beberapa pun.
- d. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
- e. Biaya pemeliharaan yang kecil

2.2.2 Kekurangan Beton

- a. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m^3 .
- b. Kekuatan tarik rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semen hidraulis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
- d. Kualitas tergantung acara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
- e. Struktur beton sulit dipindahkan.

2.3 Material Pembentuk Beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan pada beton dengan kebutuhan dan fungsi masing-masing.

2.3.1 Semen

Fungsi semen ialah untuk mengikat butiran-butiran agregat hingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran agregat, semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda.

Secara umum ada dua jenis semen, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bila bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistant*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Sedangkan semen non-hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air

1. Semen Portland

Menurut SNI 15-2049-2004 semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Perbedaan prosentase senyawa kimia akan menyebabkan perbedaan sifat semen. Kandungan senyawa semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Menurut SNI 15-2049-2004 membagi semen Portland menjadi lima jenis yaitu :

- a. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Persyaratan kimia semen portland harus memenuhi persyaratan seperti Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat kimia

| No | Uraian | Jenis Semen Portland | | | | |
|----|---|----------------------|----------------------|-----|------------------|------------------|
| | | I | II | III | IV | V |
| 1 | SiO ₂ , minimum | - | 20.0 ^{b,c)} | - | - | - |
| 2 | Al ₂ O ₃ , maksimum | - | 6.0 | - | - | - |
| 3 | Fe ₂ O ₃ , maksimum | - | 6.0 ^{b,c)} | - | 6.5 | - |
| 4 | MgO, maksimum | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 5 | SO ₃ , maksimum | | | | | |
| | Jika C ₃ A ≤ 8,0 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 2.3 | 2.3 |
| | Jika C ₃ A > 8,0 | 3.5 | d) | 4.5 | d) | d) |
| 6 | Hilang pijar, maksimum | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 3.0 |
| 7 | Bagian tak larut, maksimum | 3.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 8 | C ₃ S, maksimum a) | - | - | - | 35 ^{b)} | - |
| 9 | C ₂ S, minimum a) | - | - | - | 40 ^{b)} | - |
| 10 | C ₃ A , maksimum a) | - | 8.0 | 15 | 7 ^{b)} | 5 ^{b)} |
| 11 | C ₄ AF + 2 C ₃ A atau a) | | | | | |
| | C ₄ AF + C ₂ F , maksimum | - | - | - | - | 25 ^{c)} |

Sumber : SNI 15-2049-2004

Tabel 2.2 Syarat fisika

| No | Uraian | Jenis Semen Portland | | | | |
|----|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | I | II | III | IV | V |
| 1 | Kehalusan: Uji permeabilitas udara, m ² /kg Dengan alat : Turbidimeter, min Blaine, min | 160 280 | 160 280 | 160 280 | 160 280 | 160 280 |
| 2 | Kekekalan : Pemuaian dengan autoclave, maks % | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 3 | Kuat tekan: Umur 1 hari, kg/cm ² , minimum Umur 3 hari, kg/cm ² , minimum Umur 7 hari, kg/cm ² , minimum Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum | - 125 200 280 | - 100 175 - | 120 240 - - | - - 70 170 | - 80 150 210 |
| 4 | Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat: Gillmore - Awal, menit, minimal - Akhir, menit, maksimum Vicat - Awal, menit, minimal - Akhir menit maksimum | 60 600 45 375 | 60 600 45 375 | 60 600 45 375 | 60 600 45 375 | 60 600 45 375 |

Sumber : SNI 15-2049-2004

Sifat pozzolan yang mampu mengikat kalsium-hidroksida, maka kekuatan beton yang dihasilkan terhadap korosi sulfat juga akan menjadi lebih baik. Demikian pula terhadap pengaruh reaksi alkali agregat, menunjukkan ketahanan yang lebih baik dibandingkan semen portland biasa pada kondisi tertentu.

Menurut semen tiga roda semen portland PCC (*Portland Composit Cement*) pada umumnya digunakan pada bangunan-bangunan umum. Sama umumnya dengan penggunaan semen Portland tipe 1 dengan kuat tekan yang sama. PCC mempunyai panas hidrasi yang rendah di awal dibandingkan tipe 1. Pada penelitian ini menggunakan semen tipe PCC (*Portland Composit Cement*)

2. Semen Portland PCC (*Portland Composit Cement*)

Menurut SNI 15-7064-2004 semen portland composit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama dengan terak semen Portland dan gips dengan satu atau lebih bahan organik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland atau bubuk bahan anorganik lainnya. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silika, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari masa semen portland composit.

Semen portland composit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

Dalam SNI 15-7064-2004 tercantum syarat kimia yang harus dimiliki semen PCC adalah kandungan SO_3 yang tidak lebih dari 4%.

Sedangkan standard kualitas fisika yang harus dimiliki oleh produk semen PCC sesuai SNI 15-7064-2004 dapat dilihat seperti Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Syarat fisika

| No | Uraian | Satuan | Persyaratan |
|----|---|--|-------------------------------|
| 1 | Kehalalusan dengan alat blaine | m ² /kg | min.280 |
| 2 | Kekekalan bentuk dengan autoclave : - Pemuaian - Penyusutan | % % | maks.0.80 maks.0.20 |
| 3 | Waktu ikatan dengan alat vicat : - Pengikatan awal - Pengikatan akhir | menit menit | min .45 maks.375 |
| 4 | Kekuatan tekan : - Umur 3 hari - Umur 7 hari - Umur 28 hari | Kg/cm ² Kg/cm ² Kg/cm ² | min.125 min.200 min.250 |
| 5 | Pengikatan semu : - Penetrasi akhir | % | min.50 |
| 6 | Kandungan udara dalam mortar | % volume | maks. 12 |

Sumber : SNI 15-7064-2004

2.3.2 Air

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

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, perbandingan semen dengan air atau bisa disebut dengan faktor air semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah

proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kuat tekan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90%. Jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standard/suling.

2.3.2.1 Syarat Umum Air

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 pasal 5.4, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, syarat air yang digunakan dalam perancangan campuran beton yaitu:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan kepada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C109, Metode Uji Kuat Tekan Untuk Mortar Semen Hidrolis).

2.3.3 Agregat

Kandungan Agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi Agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*), dan ekonomis. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. (Mulyono, 2004)

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang digunakan dalam pembuatan beton adalah agregat yang bergradasi heterogen, karena agregat yang bergradasi homogen akan menimbulkan banyak ruang kosong diantara agregat.

2.3.4 Jenis Agregat

2.3.4.1 Agregat Halus

Agregat halus di dalam campuran beton berfungsi sebagai pengisi celah yang terbentuk antara agregat kasar. Agregat halus memiliki ukuran yang beragam. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil desintegrasi alami dari batuan alam dan pasir buatan (*stone crusher*) yang mempunyai ukuran 5.0 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 jenis yaitu :

a. Pasir Galian

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

b. Pasir Sungai

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

c. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang dipeoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan.

Syarat agregat halus untuk beton berdasarkan SK SNI S-04-1989-F adalah sebagai berikut :

1. Butiran tajam, kuat dan keras.
2. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur kena pengaruh cuaca.
3. Kekelan diuji dengan Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika dipakai magnesium sulfat maksimu 15%.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur bagian yang dapat melewati ayakan 0.060 mm. apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung zat organik. Karena mempengaruhi mutu beton . bila direndam dengan larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
6. Harus mempunyai butiran 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, dan 4.
7. Tidak boleh mengandung garam.
8. Gradasi Agregat Halus

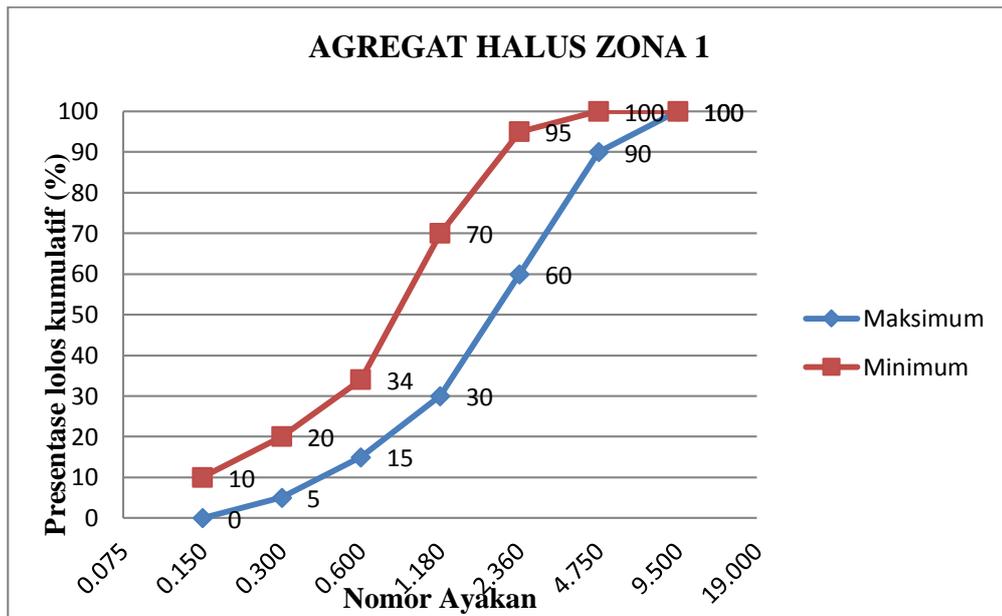
SNI 03-2834-2000 memerikan syarat-syarat untuk agregat halus yang dikelompokan menjadi empat zona (daerah) seperti dalam tabel 2.4 tersebut dijelaskan dengn gambar 2.1 sampai 2.4.

Gradasi agregat halus harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Halus

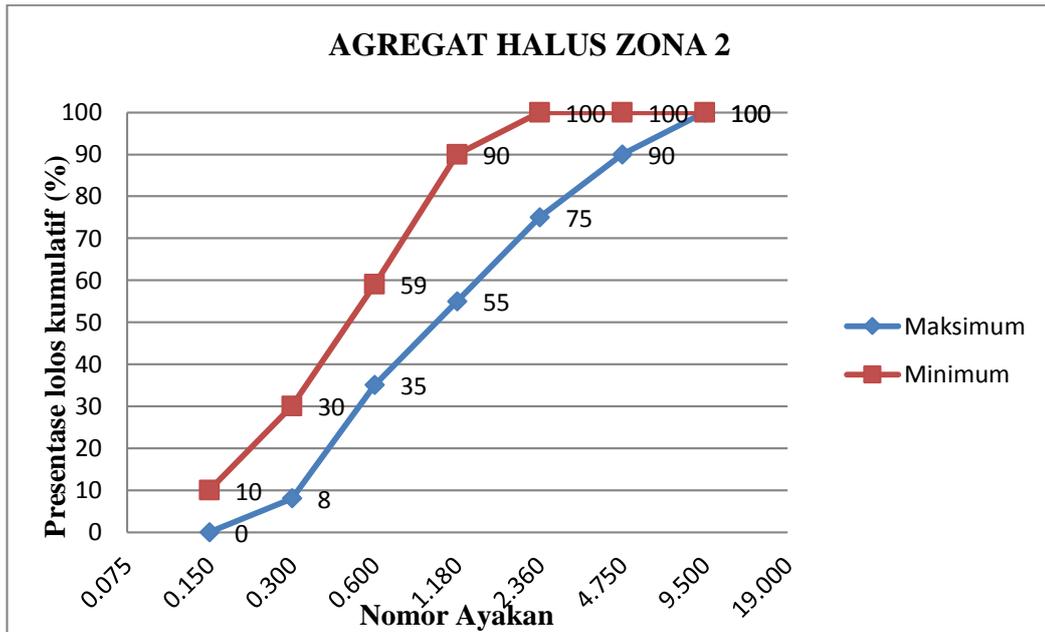
| Lubang Ayakan mm | Persen Butir Yang Lewat Ayakan | | | |
|------------------|--------------------------------|-----------|------------|-----------|
| | Daerah I | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2.4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1.2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 0.6 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 0.3 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0.15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

Sumber : Mulyono, 2004



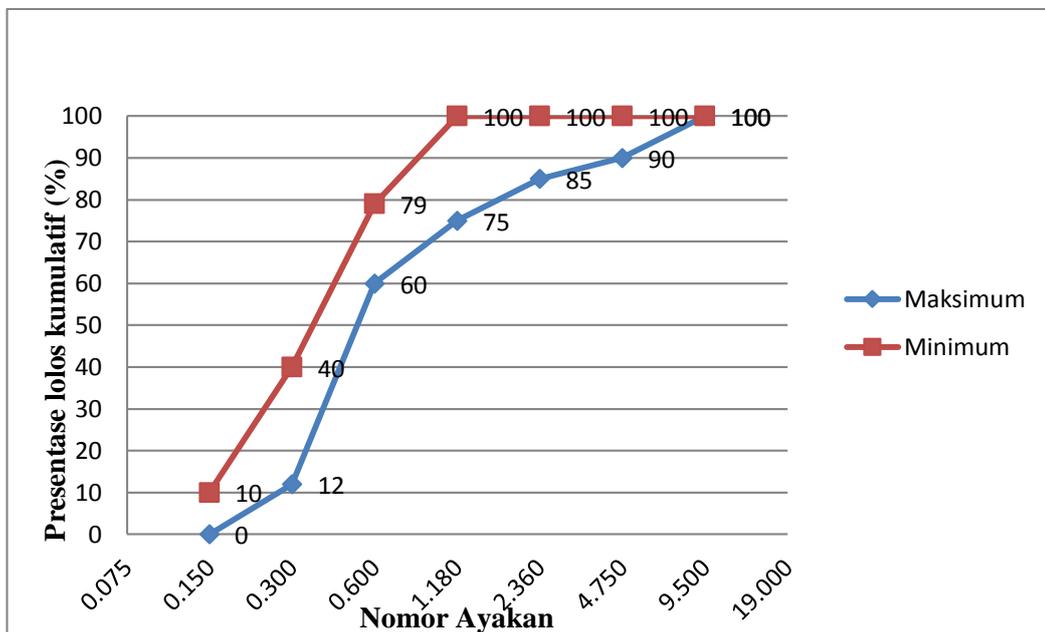
Gambar 2.1 Daerah Gradasi Zona 1 Pasir Kasar

Sumber : SNI 03-2834-2000



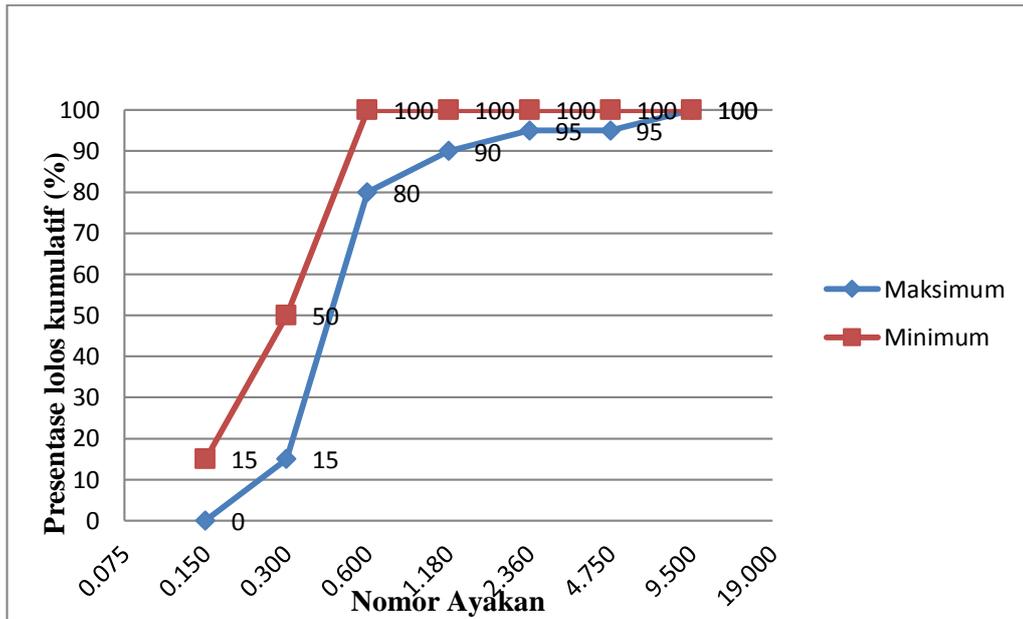
Gambar 2.2 Daerah Gradasi Zona 2 Pasir Agak Kasar

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.3 Daerah Gradasi Zona 3 Pasir Halus

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.4 Daerah Gradasi Zona 4 Pasir Agak Halus

Sumber : SNI 03-2834-2000

Keterangan :

- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
- Daerah Gradasi III = Pasir Halus
- Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus

2.3.4.2 Agregat Kasar

Agregat kasar pada umumnya memiliki ukuran minimal 5.0 mm dan ukuran butir maksimum 40 mm. agregat kasar di dalam campuran beton merupakan salah satu sumber kekuatan beton. Mutu agregat kasar harus yang baik agar bisa menghasilkan kuat tekan yang maksimal, selain itu kualitas agregat kasar seperti ukuran, gradasi, kebersihan, kekerasan dan bentuk butir agregat juga harus diperhatikan guna mendapatkan beton yang berkualitas baik. Berikut adalah penjelasan tentang jenis agregat

Syarat agregat kasar untuk beton adalah sebagai berikut :

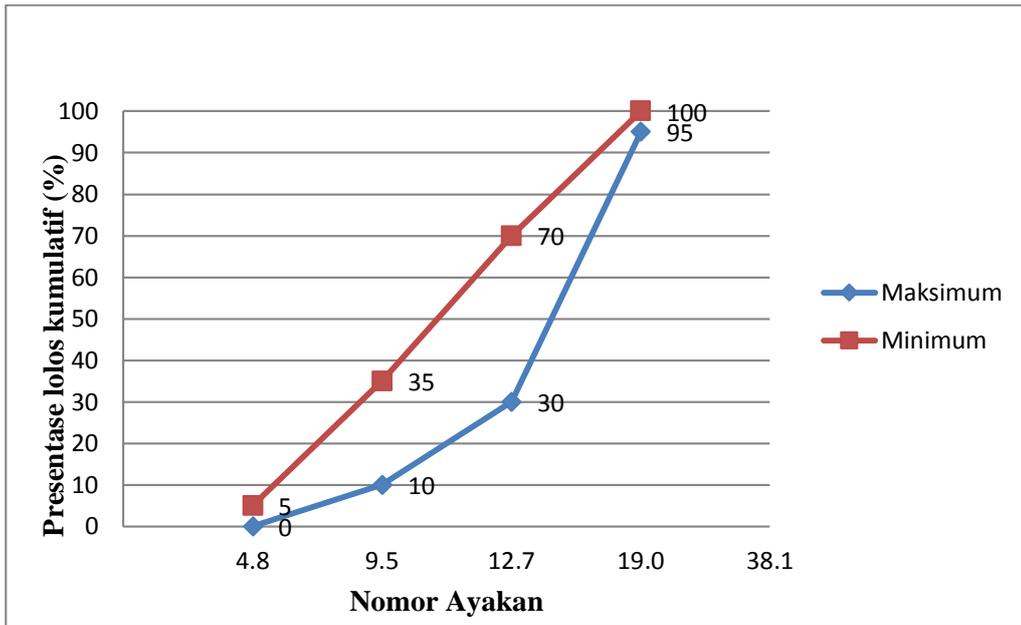
1. Butiran tajam kuat dan keras
2. Bersifat kekal, tidak pecah, dan tidak hancur karena pengaruh cuaca

3. Kekakalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12%, dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur bagian yang dapat melewati ayakan 0.060 mm. apabila lumpur yang terkandung lebih dari 1% maka krikil harus di cuci.
5. Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton
6. Harus mempunyai besar butir gradasi yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan 6.0-7.1 dan harus memenuhi syarat.
7. Tidak boleh mengandung garam.
8. Gradasi agregat kasar
SNI 03-2834-2000 memerikan syarat-syarat untuk agregat kasar yang dikelompokkan menjadi tiga zona (daerah) seperti dalam tabel 2.5 tersebut dijelaskan dengan gambar 2.5 sampai 2.7.

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Kasar

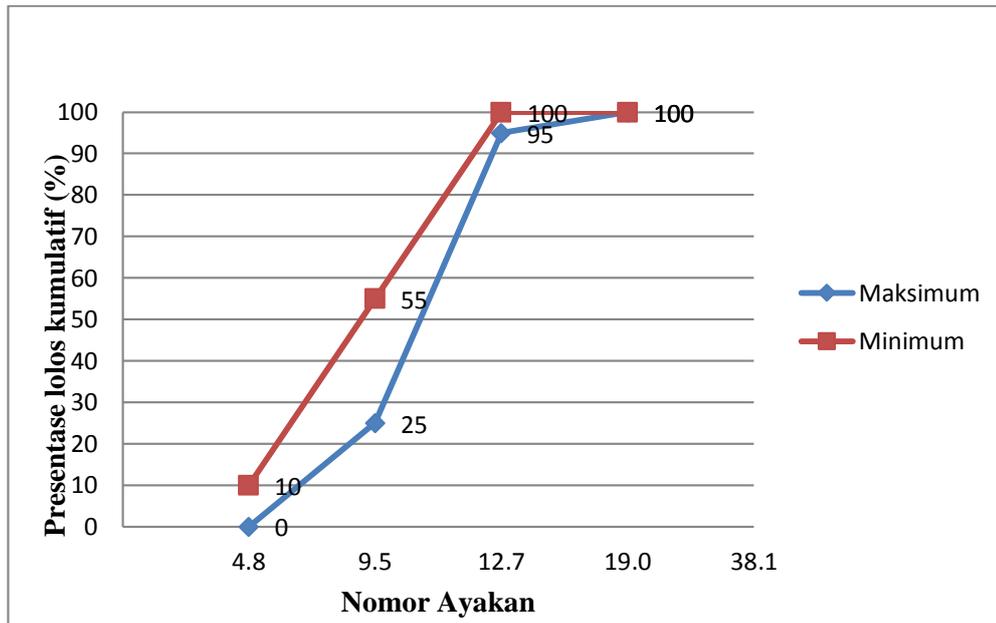
| Lubang Ayakan mm | Persen Butir Lewat Ayakan, besar Butir Maks | | |
|---------------------|---|--------|---------|
| | 40 mm | 20 mm | 12.5 mm |
| 40 | 95-100 | 100 | 100 |
| 20 | 30-70 | 95-100 | 100 |
| 12.5 | - | - | 90-100 |
| 10 | 10-35 | 25-55 | 40-85 |
| 4.8 | 0-5 | 0-10 | 0-10 |

Sumber : Mulyono, 2004



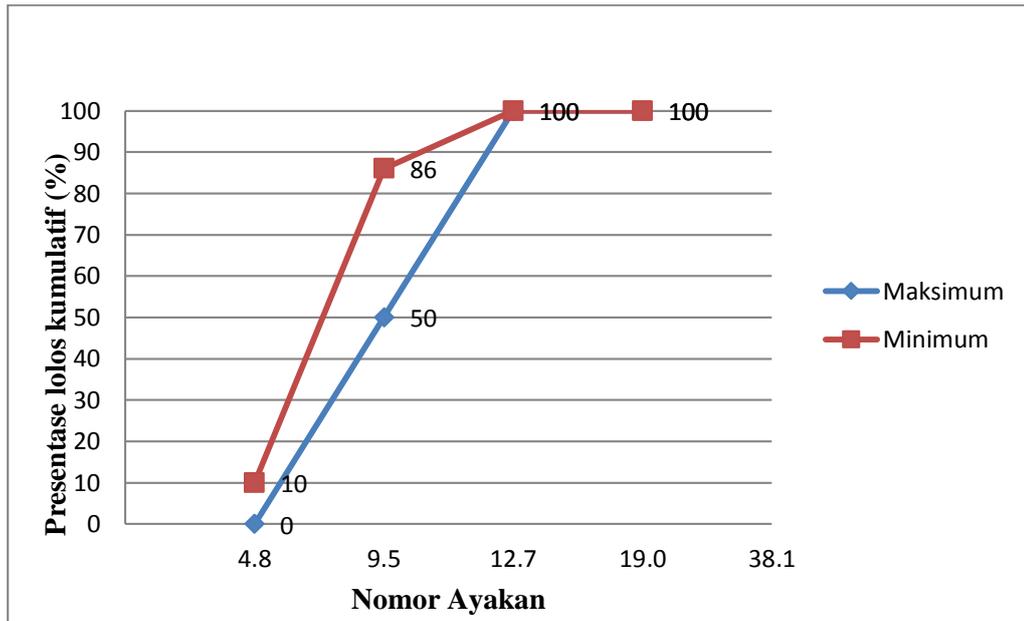
Gambar 2.5 Gradasi Agregat Kasar 40 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.6 Gradasi Agregat Kasar 20 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.7 Gradasi Agregat Kasar 10 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

9. Gradasi Campuran

Gradasi yang baik kadang sulit didapatkan langsung dari suatu tempat (quarry). Dalam praktek biasanya dilakukan pencampuran agar didapatkan gradasi yang saling mengisi antara agregat kasar dan agregat halus. Standard SNI 03-2834-2000 memerlukan syarat-syarat untuk agregat kasar gabungan yang dikelompokkan seperti dalam Tabel 2.6 tersebut dijelaskan dengan Gambar 2.5 sampai 2.7.

Tabel 2.6 persen butir lewat ayakan (%) Untuk agregat dengan butir 40 mm

| Lubang Ayakan (mm) | Kurva 1 | Kurva 2 | Kurva 3 | Kurva 4 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| 38 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 | 50 | 59 | 67 | 75 |
| 9.6 | 36 | 44 | 52 | 60 |
| 4.8 | 24 | 32 | 40 | 47 |
| 2.4 | 18 | 25 | 31 | 38 |
| 1.2 | 12 | 17 | 24 | 30 |
| 0.6 | 7 | 12 | 17 | 23 |
| 0.3 | 3 | 7 | 11 | 15 |
| 0.15 | 0 | 0 | 2 | 5 |

Sumber : Mulyono, 2004

Tabel 2.7 persen butir lewat ayakan (%) Untuk agregat dengan butir 20 mm

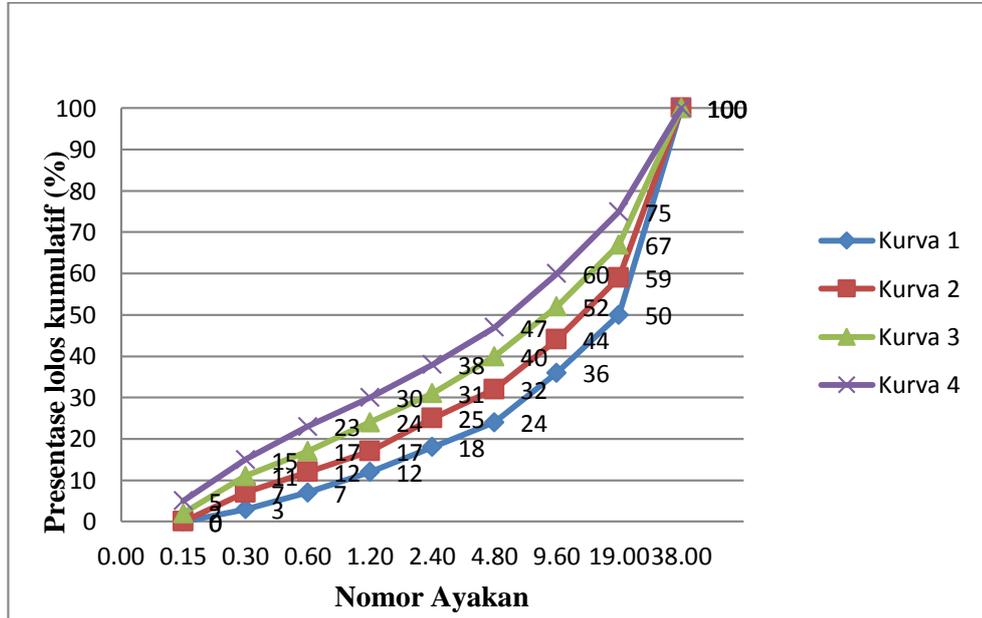
| Lubang Ayakan (mm) | Kurva 1 | Kurva 2 | Kurva 3 | Kurva 4 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| 38 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9.6 | 45 | 55 | 65 | 75 |
| 4.8 | 30 | 35 | 42 | 48 |
| 2.4 | 23 | 28 | 35 | 42 |
| 1.2 | 16 | 21 | 28 | 34 |
| 0.6 | 9 | 14 | 21 | 27 |
| 0.3 | 2 | 3 | 5 | 12 |
| 0.15 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Sumber : Mulyono, 2004

Tabel 2.8 persen butir lewat ayakan (%) Untuk agregat dengan butir 10 mm

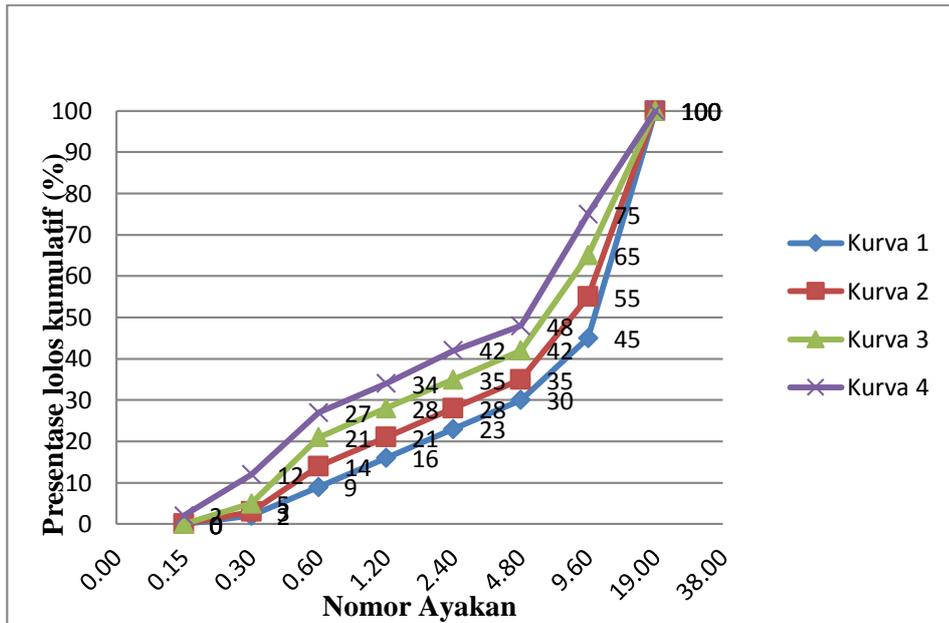
| Lubang Ayakan (mm) | Kurva 1 | Kurva 2 | Kurva 3 | Kurva 4 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| 38 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9.6 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.8 | 30 | 45 | 60 | 75 |
| 2.4 | 20 | 33 | 46 | 60 |
| 1.2 | 16 | 26 | 37 | 46 |
| 0.6 | 12 | 19 | 28 | 34 |
| 0.3 | 4 | 8 | 14 | 20 |
| 0.15 | 0 | 1 | 3 | 6 |

Sumber : Mulyono, 2004



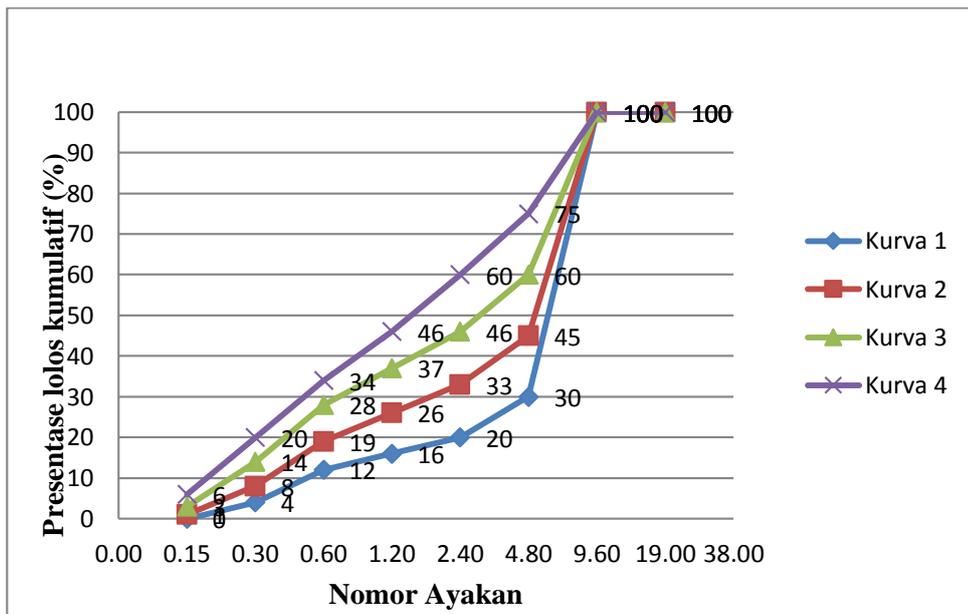
Gambar 2.8 Gradasi Campuran Agregat Kasar 40 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.9 Gradasi Campuran Agregat Kasar 20 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.10 Gradasi Campuran Agregat Kasar 10 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3.5 Limbah Batu Tabas

Batu tabas adalah batu *Scoria Basaltik* yang dihasilkan dari letusan gunung berapi yang memiliki kontur hitam, ringan dengan permukaan tajam. Batu tabas yang merupakan hasil letusan Gunung Agung memiliki komposisi berupa magma

intermedier basa. Berdasarkan peta geologi Bali, batu tabas merupakan hasil letusan Gunung Agung yang berada disebelah timurnya (Darsana, 2005)

Hasil pengamatan petrografis, menunjukkan bahwa kondisi fisik sayatan batu tabas dibawah mikroskop termasuk batu *scoria basaltic* yakni material yang berupa letusan gunung api berkomposisi basa. Pada tabel 2.9 dijelaskan Komposisi kimia yang terkandung dalam batu tabas sebagai berikut:

Tabel 2.9 Komposisi Kimia Serbuk Batu Tabas

| Senyawa | Komposisi Kimia |
|--------------------------------|-----------------|
| SiO ₂ | 62,83 % |
| Al ₂ O ₃ | 13,59 % |
| CaO | 8,13 % |
| MgO | 3,36 % |
| Na ₂ O | 3,56 % |
| K ₂ O | 2,39 % |
| Fe ₂ O ₃ | 5,00 % |

Sumber :Sunaryo (2007)

Darsana (2005) menyebutkan bahwa keberadaan batu tabas yang diketahui hingga saat ini tersebar di beberapa tempat di Kabupaten Karangasem, yaitu di:

1. Kecamatan Kubu : Dusun Bantas, Dusun Tigaron
2. Kecamatan Abang : Dusun Umaanyar, Desa Ababi
3. Kecamatan Bebandem : Dusun Paon, Desa Budakeling
4. Kecamatan Selat : Dusun Batu Asah, Desa Sebudi

Pada umumnya batu tabas digunakan oleh masyarakat bali sebagai ornament dalam bangunan bali. Selama ini hasil pemotongan batu tabas yang tidak sesuai dengan ukuran kemudian akan dibuang dan akan menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan. Untuk itu, limbah batu tabas saya gunakan sebagai bahan alternatif pengganti substitusi agregat kasar dalam campuran beton.

2.3.6 Limbah Pecahan Genteng

Genteng merupakan bagian utama dari suatu bangunan sebagai penutup atap rumah. Jenis genteng bermacam-macam, ada genteng beton, genteng tanah liat, genteng keramik, genteng seng dan genteng kayu (*sirap*). Keunggulan genteng

tanah liat (lempung) selain murah, bahan ini tahan segala cuaca, dan lebih ringan dibandingkan dengan genteng beton. Sedangkan kelemahannya, genteng ini bisa pecah karena kejatuhan benda atau menerima beban tekanan yang besar melebihi kapasitasnya. Kualitas genteng sangat ditentukan dari bahan dan suhu pembakaran, karena hal tersebut akan menentukan daya serap air dan daya tekan genteng. Komposisi kimia tanah liat yang di analisa dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Komposisi Kimia Genteng Tanah Liat

| Senyawa | Komposisi Kimia (%) |
|---------|---------------------|
| C | 0,33 |
| O | 46,91 |
| Al | 22,05 |
| Si | 13,42 |
| S | 0,23 |
| Ca | 0,21 |
| Fe | 14,78 |

Sumber : (Prameswari, B. 2008)

Hartono dan Namara, 1993. Menyebutkan tanah liat merupakan hasil pelapukan dari batuan keras (batuan beku) yang disebabkan oleh alam. Tanah lempung memiliki susut kering tinggi, identic dengan jumlah air yang diperlukan untuk menimbulkan keplastisannya. Kadar air yang terkandung pada tanah liat merupakan factor penting dalam produksi genteng, karena sifat plastis yang ditimbulkan oleh tanah liat (lempung) tergantung dari penambahan air. Genteng tidak akan mengalami perubahan bentuk lagi (memadat dan setrukturnya menjadi kaku) setelah mengalami proses pembakaran.

Pada umumnya genteng digunakan sebagai penutup atap rumah . Selama ini hasil kegagalan produksi atau pecahan genteng dengan berbagai ukuran akan dibuang di sembarang tempat sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan. Untuk itu, limbah pecahan genteng akan dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton. Mekanisme prosedur yang dilalui limbah genteng dihancurkan secara manual, melewati saringan 2,4 mm dan tertahan di 0,075 mm. Penyaringan ini bertujuan untuk menetapkan gradasi sesuai dengan rancangan gradasi agregat yang direncanakan

2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Tekan Beton

Kesempurnaan semua sifat dasar beton dicapai tidak meninggalkan segi ekonomisnya, Karena penggunaan beton yang diharapkan adalah yang berkualitas baik, mempunyai kuat tekan tinggi, serta murah dari segi ekonomisnya.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas beton untuk mencapai kekuatan beton yang maksimal harus dipertimbangkan hal-hal yang mempengaruhinya meliputi :

2.4.1 Faktor Air Semen

- Faktor air semen ialah angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dan berat semen di dalam campuran adukan beton
- Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh air semen yang digunakan

2.4.2 Umur Beton

- Kekuatan beton (kuat lekat, kuat tekan, kuat tarik) bertambah tinggi dengan bertambahnya umur.
- Laju kenaikan beton mula-mula cepat, akan tetapi semakin lama laju kenaikan semakin lambat. Oleh karena itu dipakailah sebagai standar kekuatan beton yang 28 hari.

2.4.3 Sifat Agregat

- Pengaruh agregat terhadap kuat tekan beton terutama adalah bentuk tekstur, ukuran, bj agregat.
- Pengaruh kekuatan agregat pada beton sangat berpengaruh besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi dari kekuatan pasta semen, kecuali beton dengan agregat ringan.

2.5 Beton Segar (*Fresh Concrete*)

Beton segar adalah gabungan antara semen, agregat (halus dan kasar), dan air yang saling mengikat dan belum mengeras masih bersifat lunak dan dapat membentuk dengan mudah.

2.5.1 Slump

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Besarnya nilai *slump*, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan beton segar adalah visual beton, jenis dan sifat keruntuhan saat pengujian *slump* dilakukan. Pengujian *slump* beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan untuk mengetahui *workability* beton dapat diukur dengan melakukan *slump* test. Ada 3 (tiga) jenis *slump* test, yaitu :

1. *Slump* Runtuh (*Collapse Slump*), terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair.
2. *Slump* Geser (*Shear Types of Slump*), terjadi bila separuh puncak kerucut adukan beton tergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring.
3. *Slump* Sejati (*True Slump*), yaitu penurunan umum dan seragam tanpa adukan beton yang pecah.

2.6 Beton Keras

Beton keras adalah batuan dengan rongga antara butiran yang besar (agregat kasar) yang diisi dengan butiran yang kecil (agregat halus) dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (pasta semen) yang saling terkait dengan kuat dan terbentuklah satu kesatuan yang tahan lama.

2.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton normal adalah 20 - 40 MPa.

Kekuatan tekan beton bertambah dengan naiknya umur beton sampai umur 28 hari. Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehinggalah memperkecil frekwensinya terjadinya beton dengan kuat tekan yang rendah dari $f'c$ seperti yang telah disyaratkan.(Mulyono, 2004)

2.6.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton benda uji silinder beton ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar. Salah satu kelemahan beton adalah mempunyai kuat tarik yang kecil dibandingkan tekannya yaitu sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya.

2.7 Penelitian yang sudah pernah dilakukan

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan limbah batu tabas dan limbah pecahan genteng sebagai pengganti agregat diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Kadek Yoga Sukma Aryawan (2017) Penggunaan Limbah Batu Tabas Sebagai Agregat Dalam Campuran Beton. Penelitian ini secara umum menunjukkan penurunan terhadap nilai *slump* dan berat volume seiring penggantian agregat halus alami dengan agregat halus dari limbah batu tabas. Hasil pengujian nilai *slump* menunjukkan bahwa nilai *slump* dengan penggantian kadar agregat halus alami dengan agregat halus dari limbah batu tabas sebesar 0%, 25% dan 50% menghasilkan nilai *slump* yang relatif konstan yaitu sebesar 10 mm, penurunan yang terjadi relatif konstan dan sangat kecil. Nilai *slump* pada penggantian kadar agregat halus dengan agregat halus limbah batu tabas sebesar 75% sampai 100% tidak dapat diukur karena campuran beton sangat kaku. Kuat tekan beton meningkat seiring penggantian agregat halus alami dengan agregat halus limbah batu tabas dari kadar 0% sampai kadar 50%. Selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan, namun pada penggunaan 75% agregat halus limbah batu tabas, kuat tekan yang dihasilkan lebih tinggi terhadap kadar 0%. Kuat tarik belah beton meningkat seiring penggantian agregat halus alami dengan agregat halus dari limbah batu tabas sampai kadar 75%, kecuali pada kadar 25% terjadi penurunan yang relatif sangat kecil.
- b. I Made Alit Karyawan Salain, Yenni Ciawi, Mayun Nadiasa, Anak Agung Gede Sutapa, Ni Putu Trisna Kartika Dewi (2017) Penggunaan Limbah Batu Tabas Sebagai Agregat Halus Dalam Campuran Beton, dirancang menggunakan perbandingan berat 1 semen Portland Pozzolan : 2 agregat halus

: 3 agregat kasar dengan factor air semen sebesar 0,5. Lima campuran beton dibuat masing-masing dengan mengganti agregat halus alami dalam campuran beton dengan limbah batu tabas sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Untuk masing-masing campuran dibuat benda uji sebanyak 10 buah: 5 buah benda uji kubus ukuran 150x150x150 mm untuk uji kuat tekan dan 5 buah benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk uji kuat tarik belah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat volume beton yang dibuat dengan agregat halus limbah batu tabas 4% lebih ringan dibandingkan yang dengan agregat halus alami. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang dibuat dengan agregat limbah batu tabas umumnya lebih rendah dibandingkan yang dengan agregat alami, namun pada penggunaan campuran agregat halus alami dan limbah batu tabas dapat dihasilkan kekuatan yang lebih baik dari yang dengan agregat halus limbah batu tabas. Beton dengan 100% agregat halus limbah batu tabas menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton berturut-turut sebesar 75% dan 84% dari yang dihasilkan beton dengan 100% agregat halus alami.

- c. Danny Aji Prabowo, Boedi Wibowo (2013) Penambahan limbah produksi pabrik genteng pada campuran beton dengan rasio terhadap agregat halus. Pada penelitian ini menunjukkan tambahan LPGB mempunyai pengaruh yang dapat menaikkan kuat tekan beton. Pada mutu K500 dengan proporsi limbah 10% menghasilkan kuat tekan sebesar 811 kg/cm² dibandingkan dengan komposisi 5% limbah sebesar 673 kg/cm². Hal ini menunjukkan kenaikan sebesar 17% disertai perbandingan korelasi antar pengikat dan pengisi dengan variasi penambahan limbah, menunjukkan bahwa rasio korelasi semakin naik, disertai dengan penambahan kuat tekan beton.
- d. Warsiti (2010) Analisis Kuat Tekan Beton Campuran Pecahan Genteng Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Beton Mutu Sedang, Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa. Pada persentase campuran pecahan genteng 10 % terhadap agregat kasar tidak akan mempengaruhi besarnya kuat tekan beton, dengan kata lain bahwa persentase pecahan genteng yang dianjurkan untuk campuran beton sebesar 10 % dari agregat kasar bila menginginkan kuat tekan beton yang dihasilkan tetap (sama). Hubungan antara persentase pecahan genteng terhadap

kuat tekan beton adalah berbanding terbalik artinya semakin besar (banyak) persentase pecahan genteng semakin kecil kuat tekan beton yang terjadi.

- e. Soemantoro, Safrin, Rika (2011) Pemanfaatan Limbah Genteng Sebagai Bahan Alternatif Agregat Kasar Pada Beton, berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan variasi campuran 0%, 25% , 50%, 75%, dan 100% pecahan genteng Karang pilang, pada pengujian kuat tekan, hasil yang diperoleh dari variasi campuran limbah genteng pada umur 28 hari adalah 0% = 298,06 Kg/cm³, 25% = 212,31 kg/cm³, 50% = 232,73 Kg/cm³, 75% = 222,52 Kg/cm³, 100 % = 179,65 Kg/cm³. Terlihat ada penurunan yang signifikan seiring dengan bertambahnya campuran limbah genteng sebagai pengganti kerikil. Hal ini disebabkan karena kekerasan dari pecahan limbah genteng lebih rendah dibandingkan kerikil/ batu pecah.