

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditunjukkan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan mengacu kepada referensi yang digunakan diharapkan pengembangan sistem nanti dapat melahirkan suatu sistem baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

Hasil penelitian (Martin Lerrri, Elhusna, Yuzuar Afrizal 2012), “Perilaku Kuat Tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Semen”. Dalam penelitian ini menggunakan persentase abu cangkang kelapa sawit yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Dan menggunakan perbandingan pasir yaitu antara pasir gunung dan pasir laut, pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Dengan menggunakan 5 buah benda uji pada setiap variabel. Hasil kuat tekan yang didapat yaitu terjadi penurunan kuat tekan beton dengan pasir gunung, penurunan terbesar terjadi pada beton yang menggunakan 20% abu cangkang sawit yaitu sebesar 21,78 MPa atau 40% dari kuat tekan beton normal. Sedangkan pada pasir laut juga mengalami penurunan terbesar pada persentase abu cangkang 20% yaitu sebesar 16,06 MPa atau 45,19% dari beton normal. Jadi dapat ditarik kesimpulan kuat tekan beton menurun seiring dengan meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan. Peneliti memberikan rekomendasi penelitian lebih lanjut dengan memberikan perlakuan dioven terhadap abu cangkang kelapa sawit dan menggunakan abu yang 75% lolos saringan 100 sesuai dengan syarat semen SK-SNI-S-04-1989-F.

Hasil penelitian (Eka Fadli Rasyid Slahaan 2020), “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi”. Dalam penelitian ini menggunakan abu cangkang kelapa sawit dengan persentase sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, dan 20% dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 3 hari, 14 hari, 28 hari. Menggunakan Hasil kuat tekan rata-rata beton

umur 3 hari yaitu sebesar 46,48 MPa, 49,45 MPa, 50,26 MPa, 50,64 MPa, 52,70 MPa, 48,26 MPa Dan 44,42 MPa. Pada umur 14 hari sebesar 55,62 MPa, 58,71 MPa, 60,03 MPa, 59,47 MPa, 63,13 MPa, 57,53 MPa, dan 52,23 MPa. Sedangkan pada umur 28 hari sebesar 58,60 MPa, 60,67 MPa, 61,42 MPa, 62,02 MPa, 64,72 MPa, 60,83 MPa dan 55,81 MPa. Dengan variasi penambahan yang sama pada setiap variable. Jadi total keseluruhan penggunaan benda uji pada penelitian ini yaitu sebanyak 21 benda uji dengan 7 benda uji pada masing-masing variabel. Hasil pengujian slump flow sebesar 63cm, 60cm, 59cm, 58cm, 57cm, dan 55cm.

Hasil penelitian (Syaifullah Sidik, Rafa'na Rahman, Adelina Melati Sukma, dan Ratni Nurwidayanti 2019), "Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal". Dalam penelitian ini mutu beton yang direncanakan adalah dengan mutu beton  $f_c'35$  MPa dengan menggunakan persentase abu cangkang kelapa sawit yaitu sebesar 10%, pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dengan menggunakan 3 benda uji yaitu : 36,5 MPa, 30 MPa, dan 32,6 MPa. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton tertinggi yaitu sebesar 36,5 MPa dan kuat tekan beton terendah yaitu sebesar 30 MPa. Jadi dengan penggunaan abu cangkang kelapa sawit dapat mengurangi limbah bekas pembakaran produksi kelapa sawit yang tidak terpakai menjadi bahan untuk mereduksi penggunaan semen, dan kuat tekan rata-rata beton dengan menggunakan abu cangkang kelapa sawit adalah sebesar 33,03 MPa pada umur 28 hari.

Hasil penelitian (Serwinda 2014), "Pengaruh Penambahan Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton  $f_c'25$  MPa". Dalam penelitian ini beton yang direncanakan adalah dengan mutu  $f_c'25$  MPa, dengan menggunakan persentase sebesar 0%, 10%, 20% dan kuat tekan beton 28 hari saja. Hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan beton umur 28 hari yaitu kuat tekan beton tertinggi terdapat pada persentase 10% yaitu sebesar 33,89 MPa dan kuat tekan beton terendah terdapat pada persentase 30% yaitu sebesar 20,06 MPa. dengan persentase 10% dari berat agregat kasar dapat memberikan peningkatan pada kuat tekan beton sedangkan dengan penambahan cangkang sawit dengan persentase 20% dan 30%

dapat menurunkan kuat tekan beton. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat interaksi atau pengaruh yang nyata antara kuat tekan beton dengan penambahan cangkang sawit terhadap kuat tekan beton  $f_c'25$  MPa. Dalam penelitian selanjutnya penulis memberikan saran untuk menggunakan metode-metode yang berbeda dan data yang berbeda.

Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti mencoba kembali pemakaian Abu Cangkang Kelapa Sawit untuk menaikkan kuat tekan beton dengan mutu  $f_c'25$  MPa, dengan persentase 10%, 15%, dan 20% dan dengan nilai kuat tekan beton yang dikonversikan ke 28 hari dimana pada penelitian sebelumnya belum ada yang secara khusus membahas tentang point-point yang kami gunakan.

## **2.2 Beton**

### **2.2.1 Pengertian Beton**

Menurut SNI 03-2847-2002 beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan tambah 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. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (portland semen), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 60% - 75% sedangkan untuk penggunaan abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) digunakan sebanyak 10% sampai 20% sebagai sebagian bahan dari pengganti semen.

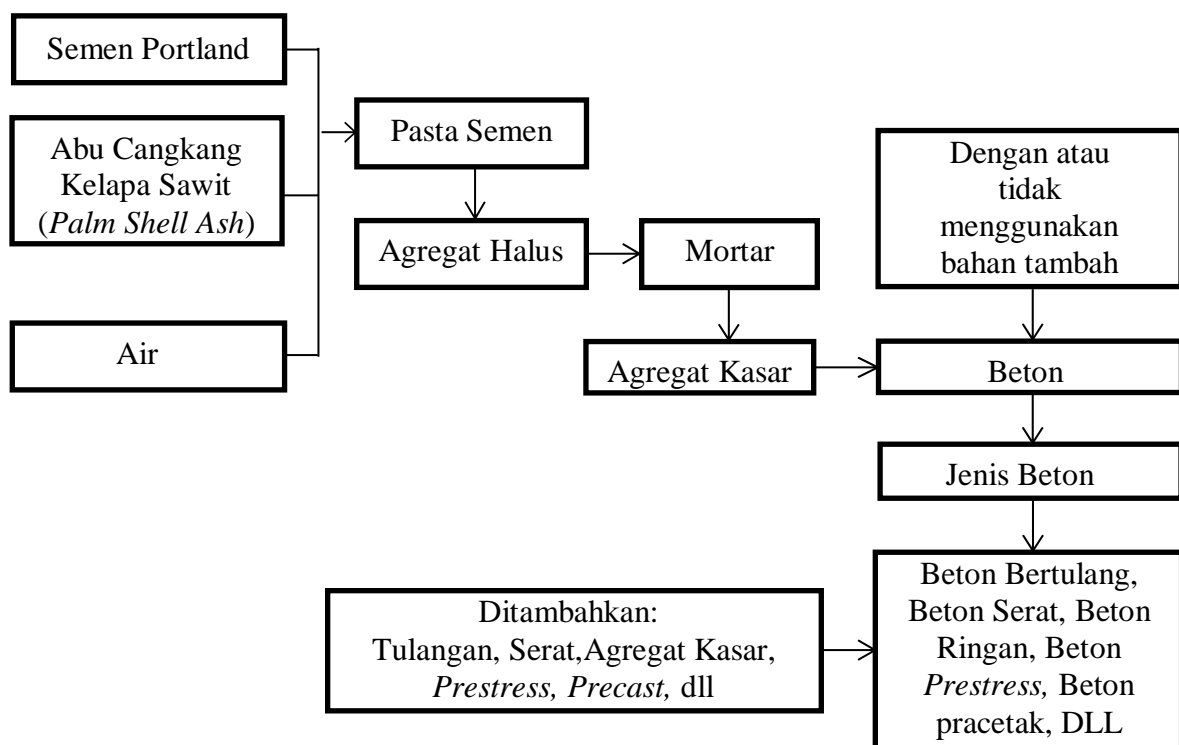
Disamping kualitas bahan penyusunnya kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton berlangsung, seperti disebutkan

oleh (N.Jackson, 1997) : “*The quality of the concrete in the structure depends on the workmanship on site*”.

Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu : (1) Proporsi bahan-bahan penyusunnya, (2) metode perancangan, (3) Perawatan dan (4) Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan. (Ir. Tri Mulyono, M.T. 2004).

### 2.2.2 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 tulangan baja yang akan terbentuk beton bertulang. Proses terjadinya beton dapat kita lihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



**Gambar 2.1** Proses Terjadinya Beton  
(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2022)

### 2.2.3 Klasifikasi Beton

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

- 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.
6. 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 | $f_c'$<br>(Mpa) | $\sigma_{bk}'$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 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)

#### 2.2.4 Sifat Beton Segar

Menurut mulyono (2004), dalam pengerjaan beton segar. Ada tiga sifat yang penting yang harus diperhatikan, antara lain *workability* (pengerjaan), *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

### 1. 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 :

- a. Jumlah air pencampur
- b. Semakin banyak air maka semakin mudah juga untuk dikerjakan
- c. Kandungan semen
- d. Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya akan lebih tinggi
- e. Gradasi campur pasir kerikil
- f. Jika memenuhi syarat dan sesuai standar, akan lebih mudah dikerjakan
- g. Bentuk butiran agregat kasar
- h. Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan
- i. Butir maksimum
- j. Cara pemadatan dan alat pemadat

### 2. *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.

### 3. *Bleeding* (Naiknya Air)

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*). *Bleending* ini dipengaruhi oleh :

a. Susunan butiran agregat

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

b. Banyaknya air

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

c. Kecepatan hidrasi

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

d. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

## 2.3 Bahan-Bahan Penyusun Beton

### 2.3.1 Semen Portland (PC)

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling Klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SNI 15-2049-1994.

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut.

Adapun sifat-sifat semen adalah sebagai berikut :

#### 1. Sifat Kimia Semen

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdock dan



K.M.Brook,1999). Sifat kimia serta komposisi semen sesuai Teknologi Beton (Tri Mulyono,2004).

## 2. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik semen portland yaitu :

### a. Kehalusan Butir

Semakin halus semen, maka pembukaan butirnya akan semakin luas, sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.

Pada umumnya semen memiliki kehalusan sedemikian rupa sehingga kurang lebih 80% dari butirannya dapat menembus ayakan 44 mikron. Makin halus butiran semen, makin cepat pula persenyawaannya. Makin halus butiran semen, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar. Makin besar luas permukaan butir ini, makin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menentukan kehalusan butir semen. Cara yang paling sederhana dan mudah dilakukan ialah dengan mengayakannya.

### b. Berat Jenis

Berat jenis pada bubuk semen pada umumnya berkisaran antara 3,10 sampai 3,30. Biasanya rata-rata berat jenis ditentukan 3,15. Berat jenis semen penting untuk diketahui, karena semen portland yang tidak sempurna pembakarannya dan atau dicampur dengan bubuk batuan lainnya, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dari pada angka tersebut. Untuk mengukur baik atau tidaknya atau tercampur atau tidaknya suatu bubuk semen dengan bahan lain, dipakai angka berat jenis 3,00. Dengan demikian jika kita menguji semen dan hasilnya menunjukkan bahwa berat jenisnya kurang dari 3,00 kemungkinan semen itu tercampur dengan bahan lain (tidak murni) atau sebagian semen itu telah mengeras.

### c. Waktu Pengerasan Semen

Waktu pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (*initial setting*) dan waktu pengikatan akhir (*final setting*). Waktu

pengikatan awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga mengeras. Pengikatan awal untuk semua jenis harus diantara 60-120 menit.

d. Kekekalan Bentuk

Pasta semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.

e. Pengerasan Awal Palsu

Adakalanya semen portland menunjukkan waktu pengikatan awal kurang dari 60 menit, dimana setelah semen dicampur dengan air segera nampak mulai mengeras (adonan menjadi kaku). Hal ini mungkin terjadi karena adanya pengikatan awal palsu, yang disebabkan oleh pengaruh gips yang dicampurkan pada semen bekerja tidak sesuai dengan fungsinya. Seharusnya fungsi gips dalam semen adalah untuk menghambat pengerasan, tetapi dalam kasus diatas ternyata gips justru mempercepat pengerasan. Hal ini terjadi karena gips dalam semen telah terurai. Biasanya pengerasan palsu ini hanya mengacau saja, sedangkan pengaruh terhadap sifat semen yang lain tidak ada. Jika terjadi pengerasan palsu, adonan dapat diaduk lagi. Setelah pengerasan palsu berakhir, jika adonan diaduk lagi adonan semen akan mengeras seperti biasa.

f. Pengaruh Suhu

Pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 35°C dan berjalan dengan lambat pada suhu dibawah 15°C.

### 2.3.2 Air

Air didalam adukan beton adalah memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan. Kualitas air yang digunakan untuk mencampur beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri.

Air yang berlebihan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika beton menggunakan air yang tidak memenuhi syarat, kekuatan beton

pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling.

Pada umumnya air yang diminum dapat digunakan sebagai air pengaduk pada beton. Adapun jenis-jenis air yang dapat digunakan untuk air pengaduk beton sebagai berikut :

1. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
2. Air tanah, biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.
3. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan dan air reservoir. Air sungai atau air danau dapat digunakan sebagai pencampur beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau air genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.
4. Air laut, mengandung 30.000 – 36.000 mg/liter garam (3%-36%) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam di atas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.
  - a. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :
    - a) Sifat *workability* adukan beton.
    - b) Besar kecilnya nilai susut beton.
    - c) Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu,
    - d) Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.
  - b. Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan, sebagai berikut :
    - a) Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.

- b) Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 5 gram/liter.
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### 2.3.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### 1. Agregat Halus (pasir alami dan buatan)

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4.8mm (SII.0052,1980) atau 4.75mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Syarat mutu agregat halus menurut SK SNI-S-04-1989-F yaitu :

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras.
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.  
Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
  - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
  - Jika dipakai Maknesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0.060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% makan pasir harus dicuci.
- d. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

- e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Salah satunya daerah susunan butir menurut zone 1,2,3, atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
- Sisa diayakan 4,8 mm, mak 2% dari berat
  - Sisa diatas ayakan 1,2 mm, mak 10% dari berat
  - Sisa diatas ayakan 0,30 mm, mak 15% dari berat
- f. Tidak boleh mengandung garam.

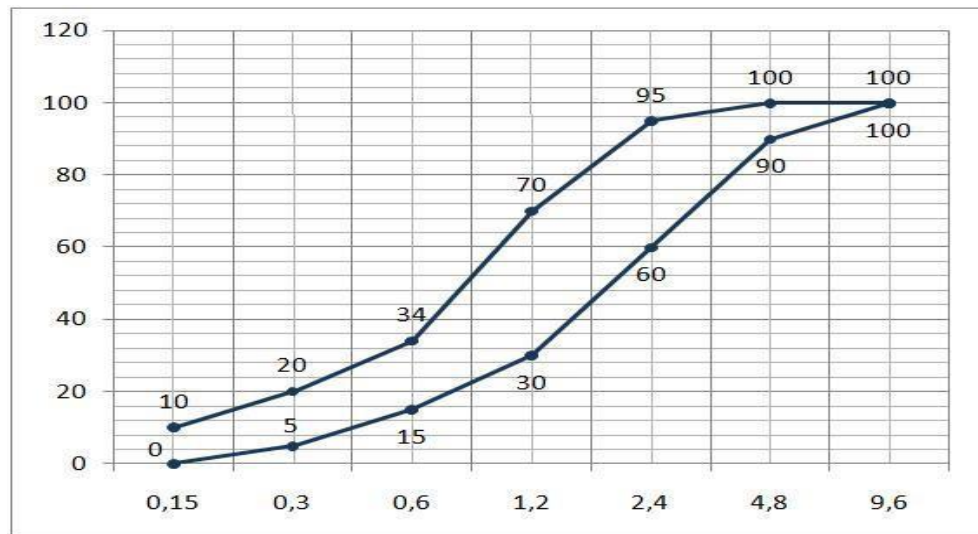
Menurut SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasi, yaitu pasir kasar, pasir sedang, pasir agak halus, dan pasir halus sebagai mana ditunjukkan pada Tabel 2.2, sebagai berikut :

**Tabel 2.2** 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        |

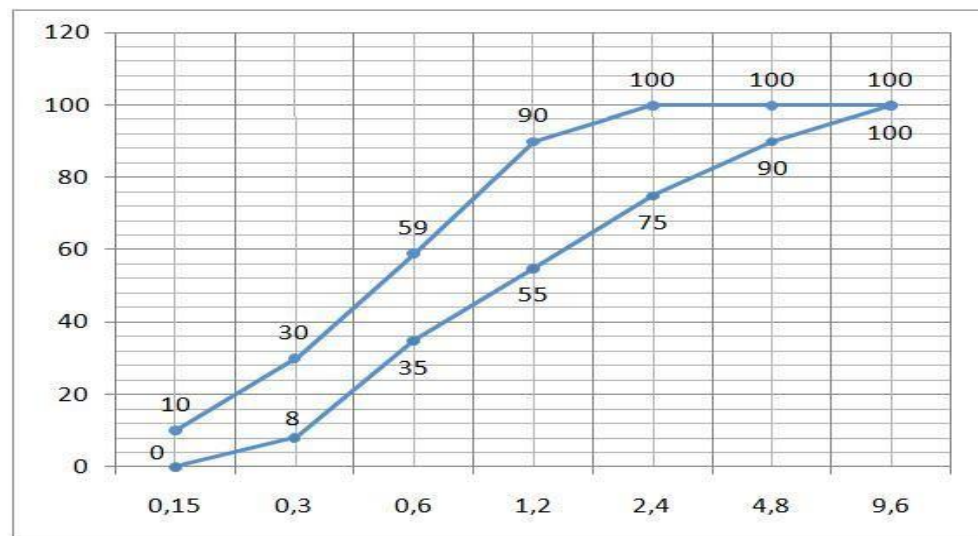
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

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



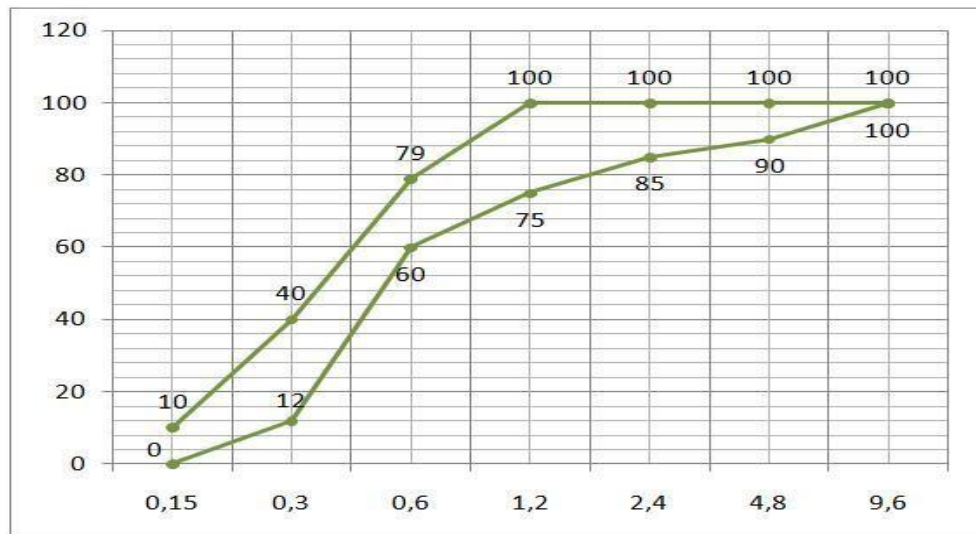
**Gambar 2.2** Gradasi Pasir Kasar (Gradasi *zone 1* berdasar SNI-03-2834-2000)

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



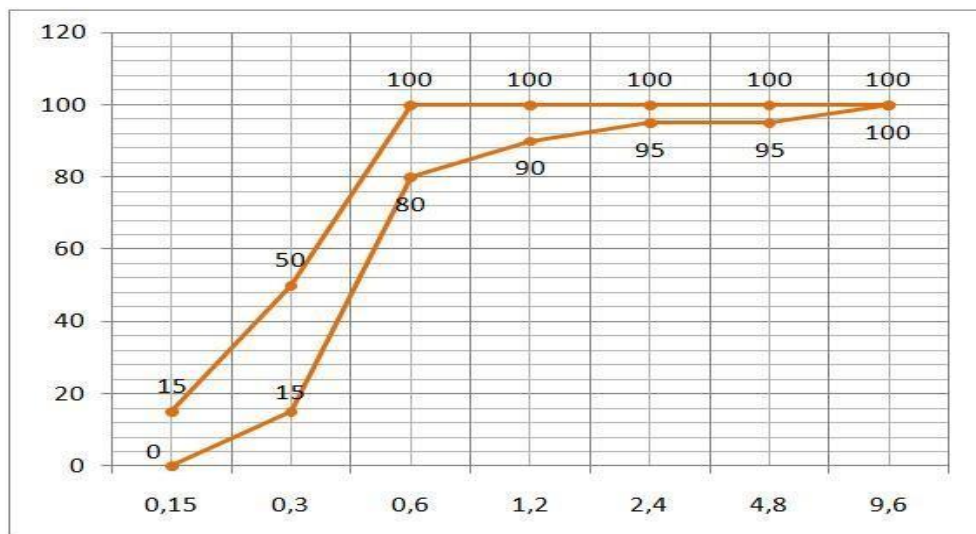
**Gambar 2.3** Gradasi Pasir Sedang (Gradasi *zone 2* berdasar SNI-03-2834-2000)

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)

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812.1976).

Syarat mutu agregat kasar menurut SK SNI S-04-1989-F yaitu :

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras.
- b. Bersifat kekal tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.  
Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
  - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%.
  - Jika dipakai Maknesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka agregat harus dicuci.
- d. Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6-7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
  - Sisa diatas ayakan 38 mm, harus 0% dari berat
  - Sisa diatas ayakan 4,8 mm, 90%-98% dari berat
  - Selisih antara sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan, mak 60% dan min 10% dari berat.
- f. Tidak boleh mengandung garam.

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar dibagi menjadi tiga kelompok menurut gradasinya, dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

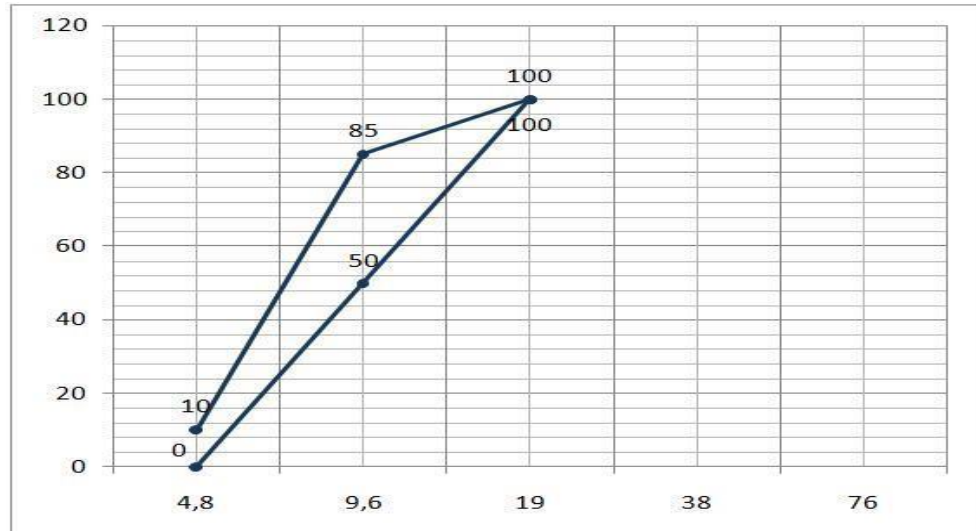
**Tabel 2.3** Gradasi Agregat Kasar Menurut SNI 03-2834-2000

| 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                         | 95-100            | 35-70             |
| 9,6                | 50-85                           | 30-60             | 10-40             |
| 4,8                | 0-10                            | 0-10              | 0-5               |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

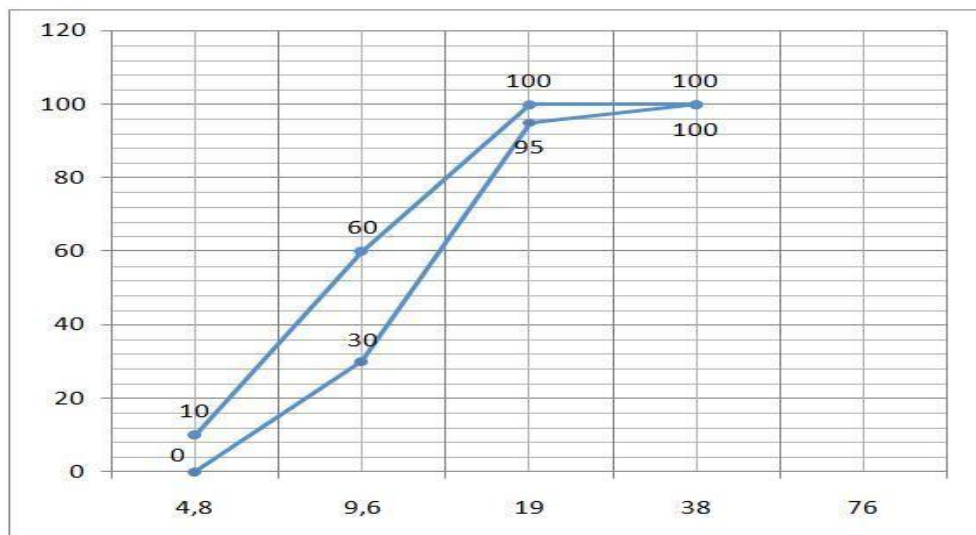


Berikut ini merupakan gambar grafik batas-batas gradasi agregat kasar yang memiliki ukuran maksimal 10 mm.



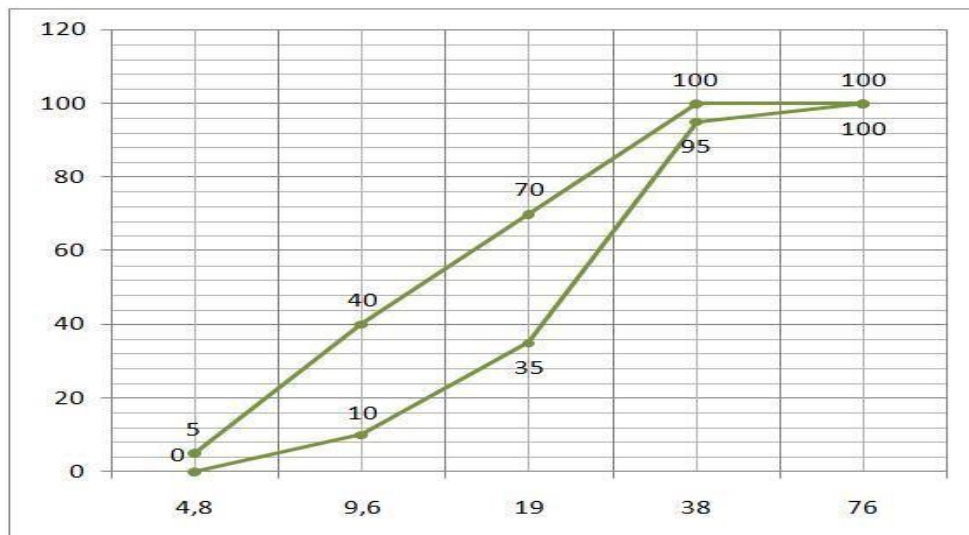
**Gambar 2.6** Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 10 mm berdasar SNI-03-2834-2000)

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 kasar yang memiliki ukuran maksimal 40 mm.



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

#### 2.3.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Menurut Tjokrodimuljo (2009), bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam 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 admixture* 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.

### **2.3.5 Abu Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Shell Ash*)**

Abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) adalah limbah padat yang berasal dari pembakaran cangkang kelapa sawit yang dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada proses penggilingan minyak sawit.

Pemrosesan buah kelapa sawit menjadi ekstrak minyak sawit menghasilkan limbah padat yang sangat banyak dalam bentuk serat, cangkang, dantan dan buah kosong. Setiap 100 ton tandan buah segar yang diproses akan menghasilkan lebih kurang 20 ton cangkang, 7 ton serat, dan 25 ton tandan kosong. Cangkang selanjutnya digunakan lagi sebagai bahan bakar yang menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Pembakaran dalam ketel uap dengan menggunakan cangkang kelapa sawit ini akan menghasilkan abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) dengan ukuran butiran yang sangat halus.

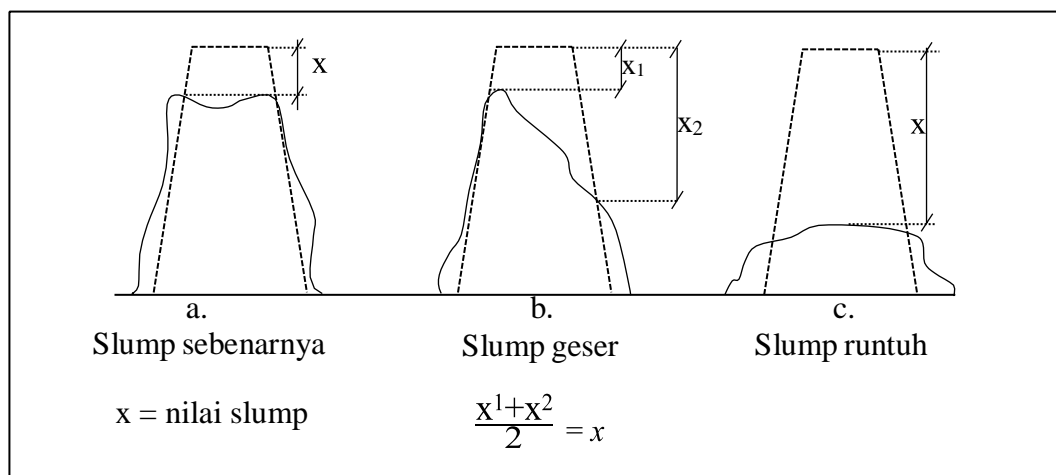
Limbah abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) memiliki unsur yang bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan mortar. Abu sawit memiliki pozzolan dan mengandung unsur silika yang cukup banyak berkisar 31,45% sedangkan semen portland hanya 20-25% (Tri Mulyono, 2004). Sampai saat ini limbah cangkang sawit berupa abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) belum banyak dimanfaatkan, hanya menjadi sampah yang dapat merusak lingkungan. Untuk itu harus ada upaya memanfaatkan limbah abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) tersebut dalam rangka meminimalkan dampak yang ditimbulkannya. Abu yang hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat yang tidak dimanfaatkan, bahkan berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kesehatan. Salah satu upaya tersebut adalah memanfaatkan abu cangkang kelapa sawit (*palm shell ash*) sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk meningkatkan kuat tekan beton.

## 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 abraham. *Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* berat 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 Potland.



**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* sebenarnya. 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.

#### **2.4.2 Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji adalah suatu proses untuk menjaga tingkat kelembapan dan temperature ideal untuk mencegah hidrasi terjadi secara berkelanjutan. Perawatan benda uji secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembapan dan suhu beton, segeralah setelah proses finishing beton selesai dan waktu total setting tercapai.

Tujuan pelaksanaan perawatan beton adalah memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembapan yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga menyebabkan retak.

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

1. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
2. Beton direndam dalam air.
3. Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan.

Menurut SNI 03-2493-1991, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Penutupan setelah penyelesaian

Untuk menjaga penguapan air dari beton segar, benda uji setelah diselesaikan atau dilicinkan harus ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan mudah digunakan, tetapi juga harus dapat

menjaga kelembapan sampai saat contoh uji dilepas dari cetakan. Bila digunakan lembaran plastik tersebut dihamparkan melebihi permukaan dari seluruh benda uji untuk menjaga kelembapannya. Permukaan cetakan bagian luar harus dijaga jangan sampai berhubungan langsung dengan air selama 24 jam pertama setelah beton dicetak, sebab dapat merubah air dalam adukan dan menyebabkan rusaknya benda uji.

2. Pelepasan benda uji cetakan

Lepaslah benda uji dari cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih 48 jam setelah pencetakan.

3. Perawatan benda uji

Jika tidak ditentukan dengan cara lain, rendamlah seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan. Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan. Untuk percetakan ulang, perlakuan kondisi perawatan harus sama seperti yang diuraikan diatas.

Kondisi perawatan seperti ini juga dapat dilakukan dengan cara merendam di dalam air yang jenuh kapur juga dapat disimpan di dalam ruang lembab atau dalam lemari lembab, benda uji harus dijaga dari tetesan air atau aliran air dari luar.

### **2.4.3 Uji Kuat Tekan Beton**

Uji kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Untuk benda uji dengan dimensi yang berbeda nilai kuat tekan beton didapat dengan mengkonversi hasil beton dengan menggunakan faktor kali yang telah tersedia pada (SNI 03-1974-1990).

Berdasarkan SNI 1974 : 2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi

kuat tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang.

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari hasil pengujian dapat menggunakan rumus berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

$f'c$  : Kuat tekan beton (MPa)

$P$  : Beban Maksimum (N)

$A$  : Luas Penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Nilai kuat tekan beton diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari beton tersebut untuk menahan tekanan atau beban hingga mengalami keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan beton bisa digunakan untuk memperkirakan kekuatan besarnya beban yang akan ditempatkan di atas sebuah konstruksi beton tanpa mengakibatkan konstruksi tersebut rusak.