

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian – Penelitian Terdahulu**

Penelitian – penelitian dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditujukan untuk memberikan batasan – batasan dalam penelitian. Penelitian ini nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengacu kepada referensi yang digunakan, diharapkan pengembangan dari penelitian yang akan datang dapat melahirkan suatu inovasi baru yang belum ada referensi sebelumnya.

Hasil penelitian tentang pemanfaatan limbah *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton. Penelitian dilakukan dengan membandingkan antara beton normal dengan beton yang pemakaian agregat halus nya diganti dengan *bottom ash* limbah dari sisa pembakaran batubara yang diberi beberapa perlakuan berbeda. Nilai hasil pengujian pada umur 56 hari menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan beton normal (tipe A) sebesar 23,64 MPa. Tipe B mengalami penurunan nilai kuat tekan dari beton normal yaitu sebesar 20,35 % dengan nilai kuat tekan sebesar 18,83 MPa. Beton tipe C menghasilkan peningkatan kuat tekan sebesar 5,09 % dari beton normal dengan nilai kuat tekan yang lebih besar diantara tipe lainnya, yaitu sebesar 24,84 MPa. Beton tipe D mengalami penurunan kuat tekan sebesar 3,59 % dari beton normal dengan nilai kuat tekan sebesar 22,79 MPa. Surya Pradita, Alex Kurniawand, Zulfikar Djauhari (2015) meneliti pemanfaatan abu dasar (*bottom ash*) sebagai bahan substitusi pasir pada beton mutu normal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *workability* beton segar yang menggunakan bahan pengganti limbah abu dasar, serta pengaruh abu dasar terhadap sifat mekanis beton (kuat tekan, absorpsi, porositas, dan susut beton), dan untuk menentukan komposisi optimal penggantian abu dasar terhadap agregat halus yang bisa dimanfaatkan pada beton mutu normal.

Hasil penelitian ini mendapati bahwa penggunaan abu dasar pada campuran beton cenderung mengurangi tingkat *workability* pada ketiga jenis mutu beton sehingga membutuhkan penambahan air untuk mencapai standar *workability* yang direncanakan. Penambahan air meningkat sebanding dengan penambahan jumlah abu dasar dalam campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada ketiga jenis mutu beton, maka penggunaan abu dasar pada campuran beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton bila dibandingkan dengan variasi kontrolnya. Dari penelitian ini berdasarkan hasil pengujian kuat tekan didapatkan komposisi campuran beton yang optimum dengan penggunaan abu dasar adalah sebesar 30% pada masing - masing mutu beton.

Penelitian tentang pengaruh *bottom ash* sebagai bahan pengganti sejumlah pasir terhadap kuat tekan, kuat lentur dan modulus elastisitas beton mutu tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan penggunaan variasi pasir dan *bottom ash* yang baik bagi beton mutu tinggi . Pengujian berupa uji kuat tekan dengan silinder beton 10x20 cm, uji kuat lentur dengan balok 10x10x40 cm dan modulus elastisitas beton dengan silinder beton 15x30 cm. Komposisi penggantian pasir dengan *bottom ash* sebanyak 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur optimum diperoleh pada variasi 80% *bottom ash*. Nilai kuat tekan sebesar 39,68 MPa (umur 7 hari) dan 45,41 MPa (umur 28 hari). Nilai kuat lentur sebesar 4,62 MPa (umur 7 hari) dan 5,53 MPa (umur 28 hari). Nilai modulus elastisitas beton optimum diperoleh pada variasi 20% dan 80% *bottom ash* yaitu sebesar 60625,67 MPa dan 59441,67 MPa (umur 28 hari).

Penelitian tentang pengaruh limbah *bottom ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan tetes debu pada pembuatan beton terhadap nilai kuat tekan beton. Dari hasil penelitian tersebut, untuk proporsi campuran penggunaan variasi *bottom ash* yang optimum terjadi pada variasi *bottom ash* 5% dengan nilai kuat 24,93 Mpa. Secara ekonomis bisa dikatakan limbah *bottom ash* sebagai campuran agregat halus karena nilai kuat tekan yang dimiliki 24,93 Mpa sudah mencapai 24 Mpa, atau 24 Mpa sesuai dengan SNI 2834-2000. Dan pengaruh penggunaan variasi campuran *bottom ash* dan molase (tetes debu), *bottom ash* yang melebihi 5% penggunaannya dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. Sedangkan

molasse (tetes debu) maksimal 4% yang bisa memperlambat pengerasan dengan hasil di 28 hari maksimal.

Penelitian tentang Analisa penambahan *bottom ash* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Peneliti ini bertujuan mengetahui pengaruh tambahan limbah batu bara (*bottom ash*) terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dengan beberapa variasi tambahan. Pengambilan data atau pengujian sample dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Metro dengan metode SK SNIT-15-1990-03. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, penambahan *bottom ash* yang ideal adalah pada persentase 0.09% karena memiliki kuat tekan dan berat beton yang sesuai rencana. Kuat tekan maksimum yang dapat dicapai dari semua komposisi campuran yang digunakan terdapat pada penambahan *bottom ash* sebesar 0.09% pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 292.144 Kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan *bottom ash* pada persentase 0.09% selalu menghasilkan nilai kuat tekan beton lebih tinggi dari pada beton normal atau beton tanpa campuran.

Penelitian tentang kualitas beton dengan memanfaatkan *bottom ash* limbah bahan bakar pada industry. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kuat tekan beton menggunakan *bottom ash*, dengan 3 variasi kadar semen = 280 kg, 300 kg dan 320 kg untuk tiap m<sup>3</sup> beton. Hasil pengujian bahwa kuat tekan beton *bottom ash* untuk tiap jenis campuran dan umur 7, 14 dan 28 hari berturut-turut 60.12kg/cm<sup>2</sup>, 95.14 kg/cm<sup>2</sup> dan 68.36 kg/cm<sup>2</sup> untuk kadar semen 280 kg/m<sup>3</sup> beton, 62.91 kg/cm<sup>2</sup>, 94.88 kg/cm<sup>2</sup> dan 97.58 kg/cm<sup>2</sup> untuk kadar semen 300 kg/m<sup>3</sup> beton, 152.43 kg/cm<sup>2</sup>, 181.31 kg/cm<sup>2</sup> dan 169.50 kg/cm<sup>2</sup> untuk kadar semen 320 kg/m<sup>3</sup> beton. Dari ketiga jenis campuran tersebut ternyata kuat tekan umur 28 hari mengalami penurunan, maka perlu dipertimbangkan bila beton dipakai untuk konstruksi.

## **2.2 Beton**

### **2.2.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses penggerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1999:1).

Fungsi dari masing-masing komponen pada pembuatan beton adalah sebagai berikut :

1. Semen sebagai bahan pengikat agregat dengan komposisi didalam beton sebanyak 15-20 % dari volume beton.
2. Air sebagai pereaksi bagi semen agar dapat mengikat agregat. Banyak penggunaan air dibandingkan dengan volume beton berkisar 8-10%.
3. Agregat sebagai bahan pengisi rongga-rongga dalam beton dengan jumlah 60-70 % dari volume beton.

Adapun keuntungan dan kerugian dari penggunaan beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah sebagai berikut : (Mc Cormac, 2004).

Keuntungan penggunaan beton adalah sebagai berikut :

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya mengalami keruntuhan.
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding basement, dan tiang tumpuan jembatan.

5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Kerugian penggunaan beton adalah sebagai berikut :

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentuk panjang.
5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengaduknya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani seteliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti lain seperti baja dan kayu lapis.

### 2.2.2 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan karakteristik dan parameter pembentuknya.

#### A. Berdasarkan berat satuannya

Klasifikasi beton berdasarkan berat satuannya adalah sebagai berikut :

- 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  $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

### B. Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton

Klasifikasi beton berdasarkan tingkat kekerasan beton adalah sebagai berikut :

- 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

### C. Berdasarkan Mutu Beton dan Penggunaan

Mutu beton dan penggunaan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaan

| 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 siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.   |
|             | 10 - < 15       | K125 - < K175                           | Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.  |

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

### D. Berdasarkan Cara Pembuatan Beton

Klasifikasi beton berdasarkan cara pembuatan beton adalah sebagai berikut :

1. Beton cast in-situ, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur
2. Beton pre-cast, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.

#### E. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)

Klasifikasi beton berdasarkan tegangan beton (beton pra-tegang) adalah sebagai berikut :

1. Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
2. Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
3. Beton *post-tensioned*, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.

### 2.2.3 Syarat-syarat Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

#### a. Kekuatan Desak

Kekuatan desak yang dicapai pada umur beton 28 hari harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencana persyaratan menurut karakteristik umum beton yang direncanakan.

#### b. *Workability*

Untuk memenuhi *workability* yang cukup guna pengangkutan, pencetakan dan pemadatan beton sepenuhnya dengan peralatan yang tersedia dalam pengerjaan pembentukkan beton yang diinginkan.

c. *Durability*

Durabilitas atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak. Semakin besar kekuatan desak maka semakin awet betonnya.

d. Penyelesaian akhir dari permukaan beton

Kohesi yang kurang baik merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik apabila beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan pasir dan variasi warna dapat juga mendatangkan kesukaran di dalam menambal bidang horizontal menjadi suatu penyelesaian akhir yang harus padat.

## 2.3 Bahan-Bahan Campuran Beton

### 2.3.1 Semen

Semen merupakan suatu bahan perekat kimia yang memberikan perkerasan terhadap material campuran lain menjadi suatu bentuk yang tahan lama dan kaku.

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

A. Semen Portland (*portland cement*)

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

B. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik ialah kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen porland-pozzolan, dan lain-lain. Jenis-jenis semen portland menurut ASTM C.150-2004 dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Jenis-Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150-2004

| Jenis Semen | Sifat Pemakaian | Kadar Senyawa (%) |            |            |             | Panas Hidrasi<br>7 Hari (J/g) |
|-------------|-----------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------------------------|
|             |                 | <i>C3S</i>        | <i>C2S</i> | <i>C3A</i> | <i>C4AF</i> |                               |
| I           | Normal          | 50                | 24         | 11         | 8           | 330                           |
| II          | Modifikasi      | 42                | 33         | 5          | 13          | 250                           |



Lanjutan Tabel 2.2 Jenis-Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150-2004

| Jenis Semen | Sifat Pemakaian         | Kadar Senyawa (%) |            |            |             | Panas Hidrasi<br>7 Hari (J/g) |
|-------------|-------------------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------------------------|
|             |                         | <i>C3S</i>        | <i>C2S</i> | <i>C3A</i> | <i>C4AF</i> |                               |
| III         | Kekuatan Awal<br>Tinggi | 50                | 24         | 11         | 8           | 330                           |
| IV          | Panas Hidrasi<br>Rendah | 26                | 50         | 5          | 12          | 210                           |
| V           | Tahan Sulfat            | 10                | 40         | 9          | 9           | 220                           |

(Sumber : ASTM C.150-2004)

Menurut spesifikasi semen standard sesuai ASTM C150-92 spesifikasi ini mencakup delapan tipe semen portland, yaitu :

A. Tipe I

Untuk kegunaan dimana spesifikasi khusus pada tipe lain tidak dibutuhkan.

B. Tipe I A

*Air entraining cement* untuk kegunaan yang sama dengan tipe I dimana kandungan udara (*Air entraining*) diinginkan.

a. Tipe II

Untuk penggunaan umum, lebih khusus ketika ketahanan sulfat moderat atau panas hidrasi moderat dibutuhkan.

b. Tipe II A

*Air entraining cement* untuk kegunaan yang sama dengan tipe II, dimana kandungan udara dibutuhkan.

C. Tipe III

Untuk kegunaan dimana kekuatan awal tinggi dibutuhkan.

a. Tipe III A

*Air entraining cement* untuk kegunaan yang sama dengan tipe III, dimana kandungan udara dibutuhkan.

b. Tipe IV

Untuk kegunaan dimana panas hidrasi rendah dibutuhkan.

c. Tipe V

Untuk kegunaan dimana ketahanan sulfat yang tinggi dibutuhkan.

### 2.3.2 Air

Menurut Mulyono (2003), Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya 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% berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,45. Kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton serta akan didapatkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dengan semen 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 ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil.

Air merupakan salah satu bahan dasar yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran. Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras. Untuk bereaksi dengan semen

Portland, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30 persen dari berat semen. (Tjokrodinuljo, 2007).

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

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Sebaiknya menggunakan air bersih yang dapat diminum.
3. Air yang dapat digunakan sebaiknya diuji dulu sehingga dapat diketahui jenis dan kadar ineral yang terkandung didalamnya. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri.

Persyaratan Air untuk campuran beton (SNI 03-6861.1-2002) adalah sebagai berikut :

- a. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- b. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Kandungan klorida (Cl) < 0,50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
- f. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,05 gram/liter.

Pengaruh dan Ukuran air adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah air mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (workability) beton segar, kualitas beton segar dan kekuatan beton.
- b. Jumlah air ditentukan oleh perbandingan berat terhadap berat semen (fas) dan tingkat kemudahan pengerjaan. Nilai fas < 0,35 menyebabkan beton segar sulit dikerjakan (tanpa bahan tambah).

- c. Kelebihan air (berdasarkan fas) dari yang dibutuhkan untuk reaksi kimia dengan semen dipakai sebagai pelumas. Penambahan air (dari jumlah air berdasarkan fas) dengan tujuan meningkatkan kemudahan pengerjaan akan mengakibatkan kualitas beton turun dan betonnya porous.

Pada penelitian ini kami menggunakan 3 macam air yaitu :

- a. Air Normal / Air Netral

Air normal ini merupakan air bersih yang biasa di gunakan untuk pengecoran seperti pada umumnya, untuk penggunaan pada penelitian ini kami menggunakan air bersih yang tersedia di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya

- b. Air Asam

Air Asam merupakan kondisi di mana air tersebut memiliki kadar keasaman yang tinggi biasanya nilai pH nya kurang dari 5. Pada penelitian ini kami menggunakan air asam yang berasal sungai yang ada di jalan lintas Palembang-Indralaya.

- c. Air Basa

Air Basa merupakan air yang memiliki nilai pH 8-14, dalam penelitian ini kami menggunakan air basa yang merupakan larutan dari Natrium Hidroksida atau NaOH.

### **2.3.3 Agregat Kasar dan Agregat Halus**

Agregat adalah butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kira – kira 60-75% volume beton diisi oleh agregat Agregat sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji.

Agregat yang dipakai harus memenuhi syarat-syarat adalah sebagai berikut :

- a. kerikil harus berupa butiran keras dan tidak berpori.
- b. Agregat harus bersih dari unsur organik.
- c. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.
- d. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam.

Agregat yang mempunyai butir-butir besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang disebut abu batu. Agregat halus yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan pasir yang berasal dari tanjung raja, alasan kami menggunakan pasir tanjung raja dikarenakan pasir di aliran sungai ogan masih terjaga kualitasnya sehingga menghasilkan butiran-butiran pasir yang cukup kasar atau gradasi pasir tanjung raja berada di gradasi zona kedua.

Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton, kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kecelean.

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Bentuk butiran pasir harus tajam, kuat dan keras.
2. Kandungan lumpur pada pasir lebih dari 5% berat keringnya.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

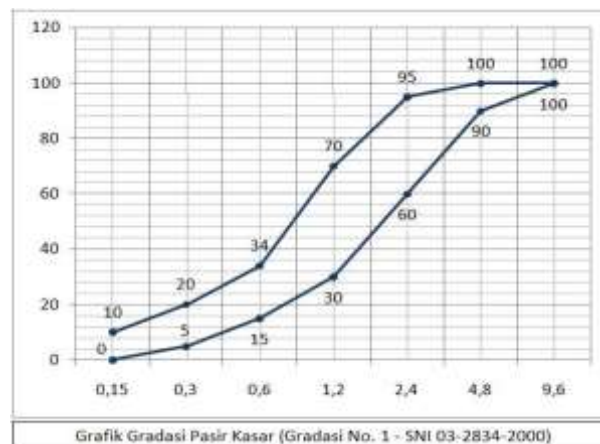
Tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 bisa dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini :

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

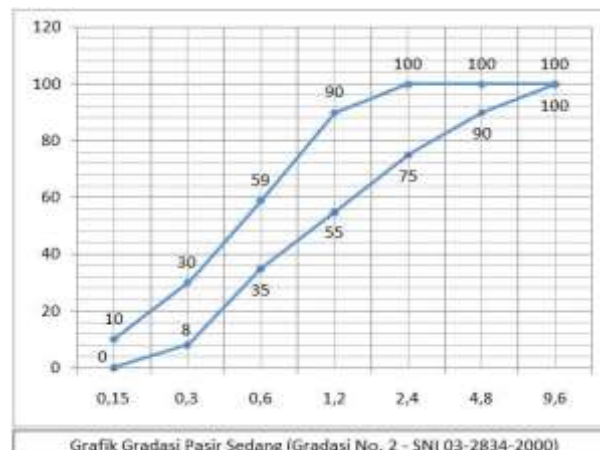
| Ukuran Saringan | SNI 03-2834-2000 |              |                  |             |
|-----------------|------------------|--------------|------------------|-------------|
|                 | Pasir Kasar      | Pasir Sedang | Pasir Agak Halus | Pasir Halus |
|                 | Gradasi 1        | Gradasi 2    | Gradasi 3        | Gradasi 4   |
| 9,6             | 100-100          | 100-100      | 100-100          | 100-100     |
| 4,8             | 90-100           | 90-100       | 92-100           | 95-100      |
| 2,4             | 60-95            | 75-100       | 85-100           | 95-100      |
| 1,2             | 30-70            | 55-90        | 75-100           | 90-100      |
| 0,6             | 15-34            | 35-59        | 60-79            | 80-100      |
| 0,3             | 5-20             | 8-30         | 12-40            | 15-50       |
| 0,15            | 0-10             | 0-10         | 0-10             | 0-15        |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

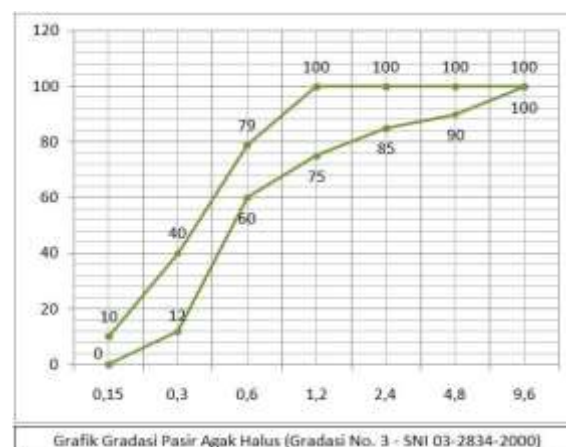
Pasir zona 1, zona 2, dan zona 3 ditunjukkan pada gambar 2.1, 2.2, 2.3, berturut-turut berikut ini :



Gambar 2.1 Gradasi Pasir Zona 1



Gambar 2.2 Gradasi Pasir Zona 2



Gambar 2.3 Gradasi Pasir Zona 3

#### b Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir minimal 5 mm dan ukuran maksimum 40 mm. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian kali ini berasal dari Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan tepatnya di aliran Sungai Lematang, alasan kami menggunakan split lahat dikarenakan split yang langsung diambil di dasar Sungai Lematang kualitasnya sangat baik dan memiliki kadar lumpur yang cukup rendah sehingga bagus untuk digunakan dalam campuran beton. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan, syarat-syarat agregat kasar yang akan dicampur sebagai adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan atang tembaga, maksimum 5%.
2. Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, Contohnya zat-zat reaktif dan alkali.
5. Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih. Gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

| Lubang<br>Ayakan<br>(mm) | %Berat Butir yang Lewat Ayakan |                     |                     |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
|                          | Ukuran Maks<br>10mm            | Ukuran Maks<br>20mm | Ukuran Maks<br>40mm |
| 76                       | -                              | -                   | 100-100             |
| 38                       | -                              | 100-100             | 95-100              |
| 19,6                     | 100-100                        | 95-100              | 35-70               |
| 4,8                      | 0-10                           | 0-10                | 0-5                 |

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

#### 2.3.4 *Bottom Ash*

*Bottom ash* adalah limbah abu yang dihasilkan pada saat pembakaran batubara yang mengendap. Ukuran *bottom ash* lebih besar dari *fly ash*, sehingga *bottom ash* jatuh ke dasar tungku pembakaran. *Bottom ash* mempunyai sifat pozzolan yang cocok apabila digunakan dalam pembuatan beton. Penampilan fisik *bottom ash* mirip dengan pasir sungai alami, dan gradasinya bervariasi seperti pasir halus dan



pasir kasar. Ukuran partikel *bottom ash* membuat para peneliti tertarik untuk menggunakan sebagai pengganti dalam produksi beton (Sing dan Siddique,2015).

Ukuran partikel yang lebih besar dari *fly ash* mengakibatkan *workability* campuran yang menggunakan *bottom ash* lebih buruk daripada campuran yang menggunakan semen dan *fly ash*. Secara umum pozzolan abu batu bara berhubungan dengan kehalusan partikel, dalam hal ini *bottom ash* memiliki partikel yang lebih besar dan kasar dari *fly ash* dimana dipercaya akan menyebabkan reaksi pozzolan yang tidak efektif (Kim, 2015). Beton yang menggunakan *bottom ash* sebagai campuran agregat halus hasilnya lebih stabil dan memiliki ketahanan terhadap penetrasi ion klorida daripada beton tanpa *bottom ash* (Sing dan Siddique, 2015). Berdasarkan hasil uji karakteristik *bottom ash* teraktivasi fisik memiliki kadar air (*moisture*) sebesar 0,54%, kadar abu (*ash content*) sebesar 94,35%, kadar zat terbang (*volatile matter*) sebesar 4,89% dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) sebesar 0,76%.

## **2.4 Pengujian**

### **2.4.1 Material**

#### **A. Analisa Saringan**

Analisa saringan agregat ialah penentuan persen-tase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka prosentase di-gambarkan pada grafik pembagian butir. Berdasarkan SNI 03-1968-1990 Berat minimum benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Agregat halus terdiri dari ;

- a. Ukuran maksimum 4,76 mm : berat minimum 500 gram
- b. Ukuran maksimum 2,38 mm : berat minimum 100 gram Agregat kasar antara lain terdiri dari ;
- c. Ukuran maksimum 3,5" : berat minimum 35 kg
- d. Ukuran maksimum 2,5" : berat minimum 25 kg

#### B. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Berat jenis, yaitu perbandingan antara masa dan volume suatu bahan dan penyerapan yaitu tingkat dan kemampuan suatu bahan menyerap sejumlah zat cair yang masuk melalui pori-pori seluruh permukaan agregat.

Penyerapan adalah suatu kemampuan agregat menyerap air sampai keadaan jenuh dan besarnya penyerapan sangat dipengaruhi oleh porositas. Agregat adalah material yang berasal dari alam maupun buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran konstruksi perkerasan jalan. Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1969-2008. Nilai berat jenis yang memenuhi spesifikasi nilai minimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-31970-2008 adalah 2,50. Nilai penyerapan agregat halus sebesar 0,62% dan memenuhi spesifikasi nilai maksimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 3 %..

#### C. Bobot Isi Gembur & Padat

Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditempatinya. Kondisi padat senilai 1,46 kg/m<sup>3</sup>. Menurut SNI 03 - 1973 – 2008 batas minimum nilai berat isi untuk agregat halus dan kasar 0,4 – 1,9 kg/m<sup>3</sup>, maka agregat dalam penelitian memenuhi syarat berat isi campuran pengujian beton.

#### D. Kadar Air

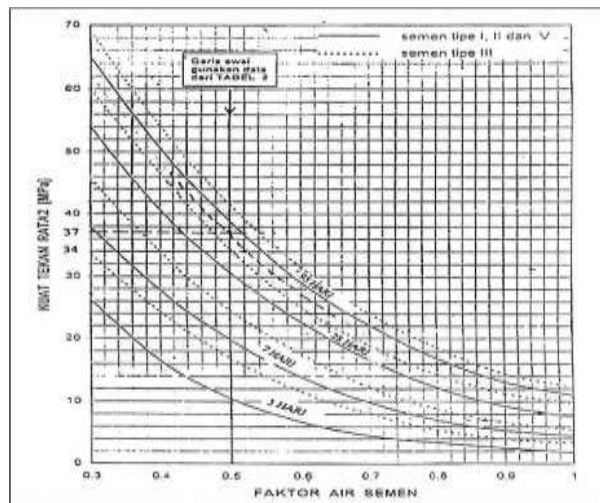
Kadar air adalah persentase kandungan air pada suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Anonim, 2010). Berdasarkan SNI 03-1971-1990 Kadar air agregat kasar sebesar 2,1568%, dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air yaitu 3% - 5%. Hal ini disebabkan material yang diperiksa telah kering terkena sinar matahari langsung sebelum dilakukan penelitian.

### E. Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus (pasir) bertujuan untuk menentukan besarnya (persentase) kadar lumpur dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton. Kandungan lumpur  $< 5\%$  merupakan ketentuan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI 1982), kandungan lumpur bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

### F. Berat Jenis Semen

Pada berat jenis semen adalah suatu perbandingan antara massa jenis semen dengan sebuah massa jenis air. Atau hal lain yakni hasil dari perbandingan antara berat benda dengan sebuah volume benda. Untuk berat jenis ini sangatlah diperlukan karena dapat berpengaruh pada banyak tidaknya bahan yang digunakan dan keberhasilan dalam sebuah pembangunan. Menurut ketentuan SNI 15-2531-1991 berat jenis semen yakni antara  $3,00 - 3,20 \text{ t/m}^3$ , jadi berat jenis semen tersebut memenuhi standart ketentuan yang di tetapkan. Berikut grafik hubungan antara kuat tekan beton dan FAS beton dapat dilihat pada Gambar 2.4.



(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Gambar 2.4 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan FAS Beton

### 2.4.2 *Mix Desain Beton*

*Mix Design* dalam beton adalah pekerjaan merancang dan memilih material bermutu tinggi untuk kepentingan produksi beton serta menentukan dalam mutu dan kekuatan beton itu sendiri. Pekerjaan *mix design* tentu bukan pekerjaan sederhana dituntut untuk cermat dalam memilih material yang akan digunakan sebagai beton cor nantinya, atas dasar kondisi dilapangan khususnya kondisi eksposur dan lain-lain. Satu lagi, juga harus menentukan cost of material efisien mungkin perencanaan *mix design* beton adalah guna mendapatkan jumlah ukuran perbandingan yang sesuai seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Rancangan adukan beton juga memiliki maksud memperoleh beton yang tepat dengan bahan dasar tersedia.

Salah satu persyaratan mendasar dalam memilih serta menentukan jumlah material campuran diantaranya :

- a. Menentukan kuat tekan minimum yang didapat dari hasil pertimbangan struktural.
- b. Menentukan kebutuhan peralatan yang memudahkan dalam proses untuk keperluan pemadatan disesuaikan dengan peralatan pemadatan yang tersedia.
- c. Menentukan faktor air semen maksimum atau kandungan semen maksimum untuk memberikan ketahanan yang cukup sesuai kondisi-kondisi lokasi pengerjaan.
- d. Menentukan kandungan semen secara maksimum untuk menghindari penyusutan, keretakan akibat siklus temperature dalam masa beton.

### 2.5 *Slump Test*

Menurut SNI 03-1972-1990 *Slump* beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

- a. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
- b. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
- c. Kemampuan alir beton segar (*Flowability*).

- d. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobilty*).
- e. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).
- Penetapan nilai slump dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Penetapan Nilai *Slump* Adukan Beton

| Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)          | Nilai <i>Slump</i> (cm) |     |
|---|-------------------------|-----|
|   | Maks                    | Min |
| Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak betulang                | 12,5                    | 5   |
| Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah | 9                       | 2,5 |
| Pelat, balok, kolom, dinding                                      | 15                      | 7,5 |
| Perkerasan jalan  | 7,5                     | 5   |
| Pembetonan masal (beton massa)                                    | 7,5                     | 2,5 |

(Sumber : Tjukrodumuljo, 2007)

## 2.6 Kuat Tekan Beton

Kekuatan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton dapat mencapai  $1000 \text{ kg/cm}^2$  atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan.

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar  $200\text{kg/cm}^2$  sampai  $500\text{kg/cm}^2$ . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran  $15\text{cm} \times 30 \text{ cm}$ . Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan (*compression testing machine*) sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau  $\text{kg/cm}^2$ .

Menurut SNI 03-6468-2000, untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dapat dipilih untuk umur 28

hari atau 56 hari. Campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan  $f_c'$ .

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- $\sigma$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>).  
 $P$  = Beban maksimum (N).  
 $A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>).

## 2.7 Perawatan Beton

Perawatan beton diartikan semua kegiatan yang bertujuan agar strukrur tetap memenuhi atau mempunyai keadaan yang baik. *Curing* atau perawatan merupakan perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses finishing beton selesai. Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Metode perawatan beton antara lain :

1. Metode tanpa perawatan beton dibiarkan di alam terbuka
2. Metode tanpa perawatan tetapi disimpan di dalam ruangan
3. Metode perawatan dengan merendam benda uji selama 24 jam.

Perawatan beton dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut :

Tabel 2.6 Perawatan Beton

| No. | Kode             | Kuat Tekan |         |
|-----|------------------|------------|---------|
|     |                  | 14 Hari    | 28 Hari |
| 1.  | BN               | 3          | 3       |
| 2.  | BN + BA 25% PH 7 | 3          | 3       |
| 3.  | BN + BA 50% PH 7 | 3          | 3       |

Lanjutan Tabel 2.6 Perawatan Beton

| No. | Kode                    | Kuat Tekan |         |
|-----|-------------------------|------------|---------|
|     |                         | 14 Hari    | 28 Hari |
| 4.  | BPH ASAM                | 3          | 3       |
| 5.  | BPH ASAM + BA 25% PH 14 | 3          | 3       |
| 6.  | BPH ASAM + BA 50% PH 14 | 3          | 3       |
| 7.  | BPH BASA                | 3          | 3       |
| 8.  | BPH BASA + BA 25% PH 3  | 3          | 3       |
| 9.  | BPH BASA + BA 50%       | 3          | 3       |

(Sumber : Hasil Penelitian, 2022)

Keterangan :

- BN : Beton Normal  
 BA : *Bottom Ash*  
 BPH ASAM : Beton pH Asam  
 BPH BASA : Beton pH Basa