

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Beton**

Beton merupakan campuran antara bahan agregat halus dan kasar dengan pasta semen (terkadang juga ditambahkan *admixtures*), campuran tersebut apabila dituangkan ke dalam cetakan kemudian didiamkan akan menjadi keras seperti batuan. Proses pengerasan terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu, hal ini menyebabkan kekerasan beton terus bertambah sejalan dengan waktu. Beton dapat juga dipandang sebagai batuan buatan di mana adanya rongga pada partikel yang besar (agregat kasar) diisi oleh agregat halus dan rongga yang ada di antara agregat halus akan diisi oleh pasta (campuran air dengan semen) yang juga berfungsi sebagai bahan perekat sehingga semua bahan penyusun dapat menyatu menjadi massa yang padat (Widodo, 2014)

Beton merupakan satu dari bahan bangunan paling serba guna dan paling sering digunakan baik pada infrastruktur kecil seperti trotoar, saluran drainase, dan lapangan parkir hingga infrastruktur besar seperti gedung pencakar langit, jalan layang, dan bendungan. Beton merupakan bahan bangunan yang kuat, tahan lama, perawatannya mudah, tahan api, mudah diaplikasikan, dapat dibuat sesuai ukuran dan bentuk yang diinginkan, dan murah jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain seperti baja.

Beton mempunyai keunggulan dan kelemahan sebagai bahan konstruksi. Mulyono (2003) dalam Akmalia dkk (2016) mengungkapkan bahwa keunggulan beton sebagai bahan konstruksi adalah harganya yang relatif murah, mampu

menahan beban yang berat, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, biaya pemeliharaan / perawatannya kecil, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan tersedia dimana-mana. Sedangkan kelemahan beton adalah kuat tarik beton yang lemah, sulit untuk dapat kedap air, daya pantul suara yang besar, bentuknya yang sulit diubah serta mempunyai beban yang berat.

## B. Material Penyusun Beton

SNI 03-2834-2000 menjelaskan bahwa beton terbentuk dari campuran antara semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah yang secara keseluruhan membentuk massa padat.

### 1. Semen Hidrolis

Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air (Andriani dkk., 2012). Secara umum semen hidrolis merupakan hasil industri dari campuran kapur atau gamping dengan lempung atau tanah liat. Dan kandungan dari bahan-bahan tersebut mulai dari yang terbanyak secara berurutan adalah kalsium (II) oksida ( $\text{CaO}$ ), silika (IV) oksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium (III) oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi (III) oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan komponen minor lainnya yang salah satunya adalah kalsium (II) sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) (Widojoko, 2010).

Untuk menghasilkan semen hidrolis, bahan baku tersebut dibakar pada suhu 1400 - 1600 °C untuk menghasilkan klingker yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips sampai menjadi serbuk dengan ukuran partikel maksimal 2  $\mu\text{m}$ . Akibat dari proses pembakaran kandungan penyusun utama dari semen bergabung dengan satu sama lain yang kemudian menghasilkan bermacam

campuran fase padat terutama yakni trikalsium silikat ( $C_3S$ ), dikalsium silikat ( $C_2S$ ), trikalsium aluminat ( $C_3A$ ), dan tetrakalsium aluminoferrat ( $C_4AF$ ) (Widojoko, 2010). Campuran fase utama tersebutlah yang bereaksi dengan air sehingga terjadi hidrasi semen.

Secara umum semen hidrolis yang digunakan dalam campuran beton dibagi menjadi empat jenis yakni semen *portland*, semen *portland* pozolan, semen *Portland* komposit, dan semen *portland* campur.

a. Semen *Portland*

SNI 15-2049-2004 mengungkapkan bahwa semen *portland* atau *Ordinary Portland Cement* (OPC) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis. Terak tersebut digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen *portland* terbagi menjadi lima tipe yakni (SNI 15-2049-2004):

- 1) Tipe I: Digunakan untuk konstruksi beton umum yang tidak menuntut persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal seperti rumah pemukiman, gedung bertingkat, perkerasan jalan, dan bantalan rel kereta api.
- 2) Tipe II: Digunakan untuk konstruksi beton pada lokasi tanah dengan air berkadar sulfat antara 0.10 - 0.20% seperti saluran irigasi, pondasi bendungan, dan pilar jembatan sehingga memerlukan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat.

- 3) Tipe III: Digunakan untuk konstruksi beton yang memerlukan kuat tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi seperti gedung pencakar langit, jalan beton, dan konstruksi bawah air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.
- 4) Tipe IV: Memiliki tingkat panas hidrasi rendah sehingga semen *portland* tipe ini memiliki proses kenaikan kekuatan yang lebih lama ketimbang semen *portland* tipe I. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi beton masif yang memerlukan kenaikan panas hidrasi yang harus diminimalkan seperti bendungan gravitasi besar. Pada saat proses pembangunan konstruksi tersebut kenaikan temperatur akibat hidrasi semen yang masif akan mengakibatkan retakan bahkan kehancuran pada konstruksi beton itu sendiri.
- 5) Tipe V: Digunakan untuk konstruksi pada tanah atau lingkungan air yang mengandung sulfat melebihi 0.20% seperti instalasi pengelolaan limbah pabrik, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

b. Semen *Portland Pozolan*

Menurut SNI 15-0302-2004 semen *portland* pozolan atau *Portland Pozzolan Cement* (PPC) adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dan pozolan halus. Semen *Portland Pozolan* yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, di mana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen *portland*. Jenis-jenis dan masing-masing penggunaan dari semen *portland* pozolan adalah (SNI 15-0302-2004):

- 1) Jenis IP-U: Digunakan untuk semua tujuan pembuatan campuran beton.
- 2) Jenis IP-K: Digunakan untuk semua tujuan pembuatan konstruksi beton di lingkungan berkadar sulfat sedang, dan dengan kebutuhan tingkat panas hidrasi sedang.
- 3) Jenis P-U: Digunakan untuk pembuatan konstruksi beton yang tidak disyaratkan memiliki kekuatan awal tinggi.
- 4) Jenis P-K: Digunakan untuk pembuatan beton yang tidak disyaratkan memiliki kekuatan awal tinggi, memiliki ketahanan terhadap sulfat sedang, dan dengan kebutuhan tingkat panas hidrasi rendah.

c. Semen *Portland* Komposit

Menurut SNI 15-7064-2004 semen *portland* komposit atau *Portland Composite Cement* (PCC) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 - 35% dari massa semen *portland* komposit. Semen *portland* komposit dapat digunakan secara luas untuk konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding, beton pracetak, beton pratekan, panel beton, dan bata beton.

d. Semen *Portland* Campur

Menurut SNI 15-3500-2004 semen portlan campur atau *Mixed Cement* adalah pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama dari terak semen *portland* dan

gips dengan satu atau lebih bahan anorganik yang bersifat tidak bereaksi (*inert*).

Semen *portland* campur dapat digunakan untuk semua tujuan dalam pembuatan adukan mortar dan beton untuk konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus dengan kuat tekan karakteristik ( $f'c$ ) setinggi-tingginya 20 MPa (200 kg/m<sup>3</sup>) pada umur 28 hari.

## 2. Agregat

Dalam SK SNI T-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsi agregat hanya sebagai pengisi, akan tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting. Karena itu, perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan (Mulyono, 2005 dalam Firdausia, 2018). Adapun fungsi agregat dalam beton adalah:

- 1) Menghemat penggunaan semen *portland*.
- 2) Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
- 3) Mengurangi susut pengerasan pada beton.
- 4) Mencapai susunan beton yang padat, dengan degradasi yang baik maka akan didapat beton yang padat.
- 5) Mengontrol *workability* beton, dengan degradasi agregat yang baik (gradasi menerus), maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan.

a. Agregat Halus

Dalam SNI 03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara ‘alami’ dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. Dalam campuran beton normal agregat halus menempati sebanyak 15 - 80% dari agregat campuran. Fungsi agregat halus dalam campuran beton berbagai mutu adalah sebagai bahan pengisi dan penguat. Syarat-syarat agregat halus untuk campuran beton menurut SK SNI S-04-1989-F adalah:

- 1) Agregat halus butirannya tajam, kuat, dan keras.
- 2) Agregat halus bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Agregat halus bersifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
  - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
  - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 5) Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan NaOH 3%, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- 6) Agregat halus tidak boleh mengandung garam.
- 7) Agregat halus harus mempunyai variasi gradasi yang baik, sehingga rongganya sedikit. Agregat halus memiliki modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah

susunan butir menurut zona 1, 2, 3, atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) sisa di atas ayakan 4,8 mm maksimal 2% dari berat
  - b) sisa di atas ayakan 1,2 mm maksimal 10% dari berat
  - c) sisa di atas ayakan 0,3 mm maksimal 15% dari berat
- 8) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya (bergradasi). Adapun gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 diperlihatkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Percentase Lolos Saringan (%)			
	Gradasi No.1	Gradasi No.1	Gradasi No.1	Gradasi No.1
9.6	100 - 100	100 - 100	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 : SNI 03-2834-2000

b. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2847-2000 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butir antara 5 mm sampai 40 mm. Dalam campuran beton normal agregat kasar menempati sebanyak 20 - 85% dari agregat campuran. Fungsi agregat halus dalam campuran beton adalah sebagai bahan pengisi dan

penguat. Syarat-syarat agregat kasar untuk campuran beton menurut SK SNI S-04-1989-F adalah:

- 1) Agregat kasar butirannya tajam, kuat, dan keras.
- 2) Agregat kasar bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Agregat kasar bersifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut
  - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
  - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka pasir harus dicuci.
- 5) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Agregat kasar tidak boleh mengandung garam.
- 7) Agregat kasar harus mempunyai variasi gradasi yang baik, sehingga rongganya sedikit. Agregat halus memiliki modulus kehalusan antara 6,0-7,1 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
  - a) sisa di atas ayakan 38 mm harus 0% dari berat
  - b) sisa di atas ayakan 4,8 mm 90%-98% dari berat
  - c) selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan minimal 10% dan maksimal 60% dari berat
- 8) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya (bergradasi). Adapun gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 diperlihatkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Percentase Lelos Saringan (%)		
	Ukuran Maksimum 10 mm	Ukuran Maksimum 20 mm	Ukuran Maksimum 40 mm
76	-	-	100 - 100
38	-	100 - 100	95 - 100
19	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

Dalam SII 0052-80 terdapat persyaratan tambahan yakni kekerasan agregat kasar untuk campuran beton yang diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Persyaratan Kekerasan Agregat Kasar

Mutu Beton	Bagian Hancur (Lelos Ayakan 2 mm) dengan Bejana Rudellof (%)		Bagian Hancur (Lelos Ayakan 1.7 mm) dengan Mesin Los Angeles (%)
	Fraksi Butir 19 - 30 mm	Fraksi Butir 9.5 - 19 mm	
B <sub>0</sub>	22 - 30	24 - 32	40 - 50
B <sub>0</sub> , K-125, K-175, dan K-225	14 - 22	16 - 24	27 - 40
Di atas K-225	< 14	< 16	< 27

Sumber: SII 0052-80

### 3. Air

Air sangat diperlukan pada pembuatan beton, bahkan air merupakan bahan dasar pembuatan beton. Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan (Firdausa, 2018).

Syarat-syarat air yang dapat digunakan dalam campuran beton menurut SNI 03-2847-2002 adalah:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan. Adapun syarat kandungan ion klorida maksimum diperlihatkan pada Tabel 3.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
  - 1) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
  - 2) 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.

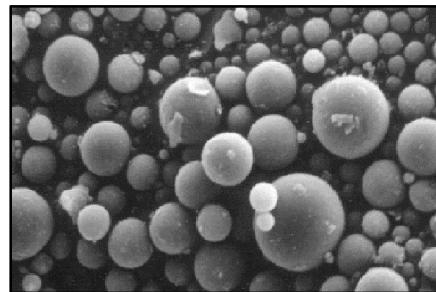
**Tabel 4.** Kandungan Ion Klorida Maksimum untuk Perlindungan Baja Tulangan Terhadap Korosi

Jenis Komponen Struktur	Ion Klorida Terlarut ( $\text{Cl}^-$ ) pada Beton Persen terhadap berat semen
Beton prategang	0,06
Beton bertulang yang terpapar lingkungan klorida selama massa layannya	0,15
Beton bertulang yang dalam kondisi kering atau terlindung dari air selama masa layannya	1,00
Konstruksi beton bertulang lainnya	0,30

Sumber : SNI 03-2847-2002

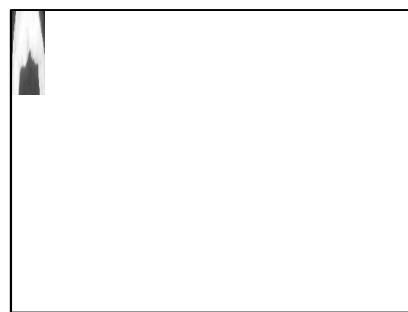
### C. Abu Terbang

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah hasil dari pembakaran batu bara yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Kebanyakan dari abu terbang memiliki sifat *pozzolanic* yakni kandungan silikat ( $\text{SiO}_2$ ) atau alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pada abu terbang yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) sehingga menjadi suatu bahan perekat atau pengikat pada campuran beton. Ketika abu terbang bertemu dengan kapur yang merupakan salah satu hasil dari reaksi semen dengan air, maka akan menghasilkan silikat terhidrasi (CSH) seperti yang terbentuk dari reaksi semen dengan air sehingga akan menambah kekuatan mekanik pada beton *American Coal Ash Association* (2003). *American Coal Ash Association* (2003) menyatakan bahwa abu terbang terdiri dari partikel-partikel berukuran antara 10 dan 100 mikron yang dapat dilihat dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Partikel *fly ash* pada perbesaran 2000 kali  
(Sumber: *American Coal Ash Association*, 2003)

Untuk abu terbang yang berasal dari Pabrik Spiritus Madukismo dapat dilihat dalam Gambar 2.



**Gambar 2.** Abu terbang dari Pabrik Spiritus Madukismo

Dalam *ACI Manual of Practice 1993 Parts I 226.3R-3* dikemukakan bahwa ada 3 jenis abu terbang, yaitu:

1. Kelas C

Abu terbang yang mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batu bara.

- Kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 50\%$
- Kadar CaO mencapai 10%

2. Kelas F

Abu terbang yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batu bara.

- a. Kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$
  - b. Kadar CaO  $< 5\%$
3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomik, *opaline chertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran.

Dalam *National Precast Concrete Association USA* (2008) diungkapkan bahwa kelebihan dan kekurangan dari penggunaan abu terbang pada campuran beton adalah sebagai berikut:

a. Kelebihan Penggunaan Abu Terbang pada Campuran Beton

Bentuk partikel abu terbang bulat, berukuran sangat kecil, dan memiliki sedikit partikel reaktif akan menambah kelecanan (*workability*) atau setidaknya akan menghasilkan kelecanan yang sama dengan jumlah kebutuhan air yang lebih sedikit pada campuran beton segar, hal tersebut juga akan meningkatkan kekuatan mekanik pada beton keras. Penggunaan abu terbang juga dapat mengurangi *bleeding* atau timbulnya air dengan jumlah banyak ke permukaan beton segar yang telah dibentuk dan dapat mengurangi pemisahan (*segregation*) partikel pada campuran beton.

b. Kekurangan Penggunaan Abu Terbang pada Campuran Beton

Abu terbang yang memiliki kualitas rendah akan menghasilkan permeabilitas terhadap air dan zat kimia agresif yang lebih tinggi pada beton. Penggunaan abu terbang juga akan memberikan dampak peningkatan kekuatan

yang lebih lama karena sifat *pozzolanic* dari abu terbang yang membutuhkan waktu hidrasi yang sangat lama.

#### D. Porositas Semu Beton

Porositas semu adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler tersebut akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas semu juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton. (Nugroho, 2010).

Porositas semu juga dapat ditimbulkan karena pori atau rongga yang ada di dalam butiran agregat yang terbentuk oleh adanya udara yang terjebak dalam butiran agregat ketika pembentukan atau dekomposisi mineral. Gradasi atau ukuran butiran agregat juga dapat berpengaruh terhadap nilai porositas semu beton karena dengan ukuran yang seragam maka porositas semu akan semakin besar sedangkan dengan ukuran yang tidak seragam porositas semu beton akan berkurang. Hal ini dikarenakan butiran yang kecil dapat mengisi rongga di antara butiran yang lebih besar sehingga porositas semu beton semakin berkurang. Nilai porositas semu dapat dicari dari hasil pengurangan berat jenuh kering muka (SSD) beton dan berat kering oven beton yang dibagi oleh berat kering beton.

## **E. Sorptivitas Beton**

Sorptivitas adalah suatu kejadian pengangkutan cairan dalam zat padat berpori akibat permukaan tegangan yang bekerja di kapiler dan merupakan fungsi dari viskositas, kepadatan dan tegangan permukaan cairan dan juga struktur pori dari benda padat berpori. Sorptivitas dapat dijadikan tolak ukur sebagai tingkat penyerapan air (Pitroda, 2014).

Sorptivitas menjadi salah satu indikator penting dalam menentukan proses transportasi materi yang dikatakan baik dinilai dari kecepatan penyerapan air ke dalam pori-pori beton. Sorptivitas adalah salah satu parameter untuk mengevaluasi kinerja proses transportasi materi dari beton dihasilkan dengan menilai kualitas dan daya tahan dalam waktu jangka panjang. (Akmalia dkk., 2016). Nilai koefisien sorptivitas dapat dihitung dengan nilai penyerapan beton dibagi oleh akar waktu.

## **F. Penelitian Relevan**

Penelitian yang dilakukan oleh Rajamane dan Ambily (2013) dengan judul “*Fly Ash as a Sand Replacement Material in Concrete – A Study*”, bertujuan untuk memodifikasi abu terbang sebagai material pengganti dari sebagian pasir yang berbasis pada metode *Cementing Efficiency* abu terbang (k) untuk menentukan nilai *Water-binder (wb) ratio* atau Faktor Air Binder (*FAB*). Penelitian ini menggunakan abu terbang sebagai pengganti pasir dengan variasi 0%, 20%, 40% dan 60% dari total kebutuhan agregat halus. Penggantian sebagian pasir dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan berat kebutuhan semen benda uji A dengan menggunakan metode yang berbasis pada *cementing efficiency* abu terbang. Dengan cara tersebut, Rajamane dan Ambily (2013) dapat menghasilkan rancangan campuran beton yang

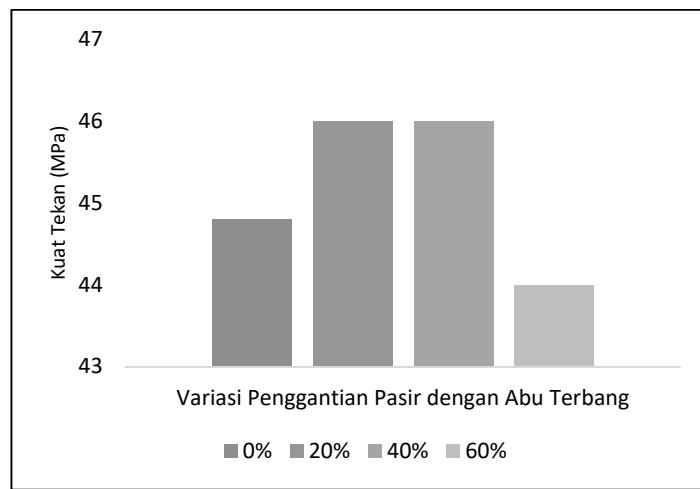
lebih ekonomis. Rancang campur beton yang diperlihatkan pada Tabel 12 menunjukkan bahwa jumlah kebutuhan semen dan agregat berkurang akan tetapi jumlah kebutuhan air meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan abu terbang sebagai pengganti sebagian pasir. Kemudian, dengan pengurangan kebutuhan semen dan agregat ini dapat menghasilkan beton yang jauh lebih ringan. Pengukuran tingkat kemudahan pengerjaan dilakukan dengan cara pemedatan dengan meja penggetar. Rajamane dan Ambily (2013) menjelaskan bahwa sebagian jumlah abu terbang dapat diasumsikan sebagai *binder* yang kemudian dapat meningkatkan jumlah pasta, sehingga campuran benda uji B, C, dan D memiliki tingkat kelayakan pengerjaan yang lebih tinggi ketimbang benda uji A.

**Tabel 5.** Rancang Campur Beton dalam Penelitian Rajamane dan Ambily (2013)

Bahan (kg/m <sup>3</sup> )	Benda Uji			
	A	B	C	D
Semen portland	562	528	506	485
Abu terbang	0	106	203	291
Pasir	562	422	304	194
Agregat kasar	1123	1056	1013	970
Air	196	219	228	239
<i>Superplasticizer</i>	0.84	0.95	1.06	1.16

(Sumber: Rajamane dan Ambily, 2013)

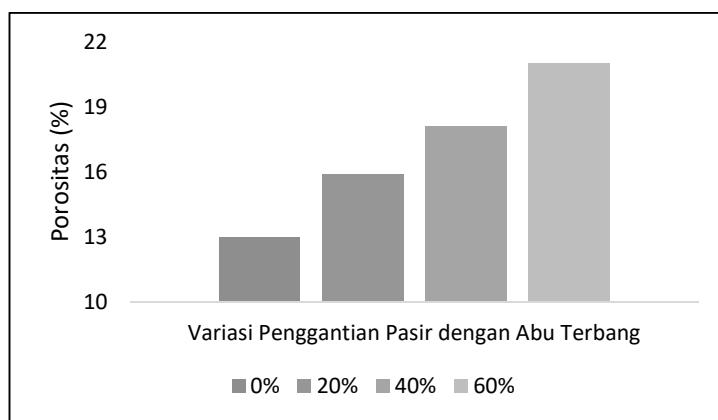
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan meningkat pada persentase penggantian agregat halus terhadap abu terbang 20% dan 40%, sedangkan persentase 60% menurun yang ditunjukkan pada Gambar 3



**Gambar 3.** Kuat tekan berbanding variasi penggantian pasir dengan abu terbang

(Sumber: Rajamane dan Ambily, 2013)

Selanjutnya, pada penelitian tersebut didapatkan hasil porositas dari beton dengan abu terbang meningkat di setiap persentase penggantian agregat halus dengan abu terbang yang ditunjukkan pada Gambar 4.

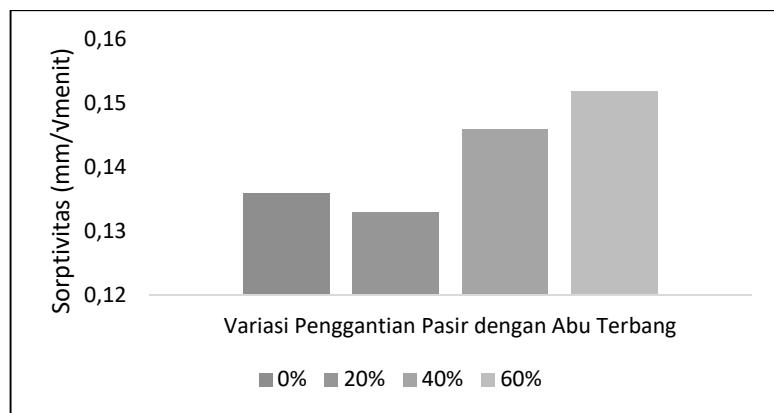


**Gambar 4.** Porositas berbanding variasi penggantian pasir dengan abu terbang

(Sumber: Rajamane dan Ambily, 2013)

Selanjutnya, pada penelitian tersebut didapatkan hasil sorptivitas dari beton dengan abu terbang menurun pada persentase penggantian pasir dengan abu terbang

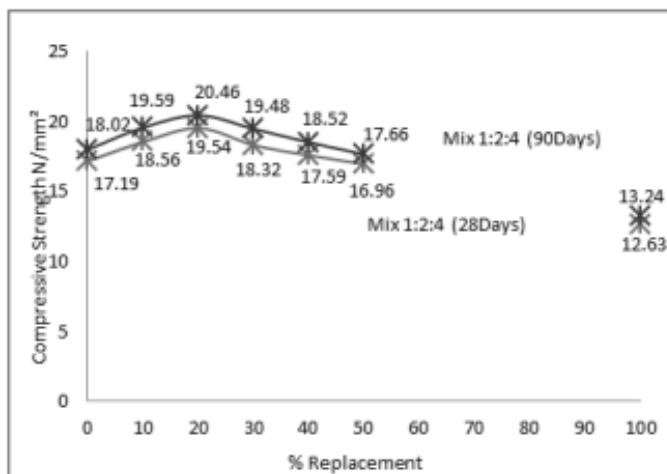
20%, lalu meningkat pada persentase 40% dan 60% yang ditunjukkan pada Gambar 5.



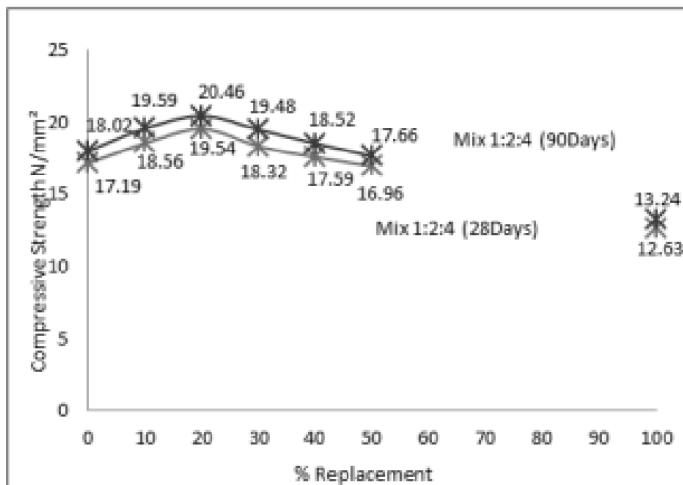
**Gambar 5.** Sorptivitas berbanding variasi penggantian pasir dengan abu terbang  
(Sumber: Rajamane dan Ambily, 2013)

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Thomas dan Nair (2015) dengan judul “*Fly Ash as a Fine Aggregate Replacement in Concrete Building Blocks*”, mempelajari tentang efek abu terbang sebagai pengganti sebagian agregat halus pada blok beton. Penelitian ini menggunakan abu terbang sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50, dan 100% dari total kebutuhan agregat halus. Pada penelitian tersebut menggunakan 2 tipe rancang campur dengan perbandingan 1:2:4 dan 1:4:8 pada semen, agregat halus, dan agregat kasar. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kelayakan abu terbang sebagai sumber alternatif pengganti sebagian agregat halus pada blok beton. Pada penelitian ini ditinjau karakteristik kuat tekan dan porositas blok beton. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada kuat tekan beton didapatkan hasil yang serupa pada kedua tipe rancang campur antara 1:2:4 dan 1:4:8. Kuat tekan beton bertambah pada persentase penggantian agregat halus terhadap abu terbang 10% dan 20% kemudian

menurun pada persentase 30%, 40%, 50%, dan 100% yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

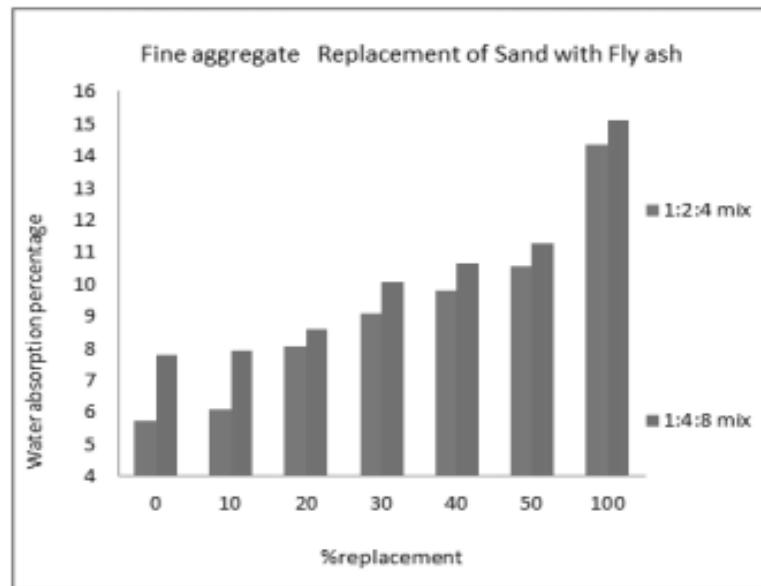


**Gambar 6.** Kuat tekan berbanding dengan persentase penggantian pasir dengan abu terbang rancang campur tipe 1:2:4  
(Sumber: Thomas dan Nair, 2015)



**Gambar 7.** Kuat tekan berbanding dengan persentase penggantian pasir dengan abu terbang rancang campur tipe 1:4:8  
(Sumber: Thomas dan Nair, 2015)

Selanjutnya, pada penelitian tersebut didapatkan hasil porositas dari beton dengan abu terbang meningkat di setiap persentase penggantian agregat halus dengan abu terbang yang ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Porositas berbanding persentase penggantian agregat halus dengan abu terbang  
 (Sumber: Thomas dan Nair, 2015)

Hasil tersebut dapat disebabkan oleh besarnya nilai rasio rongga dari partikel abu terbang dibandingkan dengan agregat halus. Adanya udara yang terperangkap pada permukaan abu terbang dapat menimbulkan rongga yang mengakibatkan besarnya nilai porositas.