

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pengertian Beton**

Beton adalah campuran antara semen Portland, agregat, air dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodimuljo, 1996). Sedangkan menurut Nawi (1985 dalam Mulyono, 2005), beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya seperti semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah.

##### **1. Kelebihan dan Kekurangan Beton**

Beton dalam keadaan mengeras mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi. Dalam keadaan segar beton mudah dibentuk sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu beton juga tahan terhadap serangan korosi.

Kelebihan beton antara lain adalah:

- a. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Mampu memikul beban yang berat
- c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil

Kekurangan beton antara lain:

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Berat
- d. Daya pantul suara yang keras

##### **2. Faktor yang Berpengaruh terhadap Mutu dan Keawetan Beton**

Pada umumnya jika berhubungan dengan tuntutan mutu dan keawetan yang diinginkan, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan dalam menghasilkan sebuah beton yang bermutu tinggi (Mulyono, 2005), diantaranya adalah:

**a. Faktor Air Semen (FAS)**

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Dengan demikian ada suatu nilai FAS tertentu yang optimum yang menghasilkan mutu beton maksimum (Mulyono, 2005).

Jika jumlah pasta semen, jenis dan jumlah bahan-bahan tertentu, maka variasi FAS memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Semakin kecil nilai FAS makin kental pastinya, sehingga semakin sukar menerima bahan batuan, dan makin sulit susut pengerasan.
- 2) Semakin besar nilai FAS, makin encer pastinya, sehingga semakin sulit mengikat bahan batuan dan semakin kurang kohesi pada adukannya, makin rendah harganya dan makin besar susut pengerasan.

**b. Kualitas agregat halus**

Walaupun pasir hanya berfungsi sebagai bahan pengisi, akan tetapi sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Pemakaian pasir dalam beton dimaksudkan untuk:

- 1) Menghasilkan kuat tekan beton yang cukup besar.
- 2) Mengurangi susut pengerasan.
- 3) Menghasilkan susunan pampat pada beton.
- 4) Mengontrol *workability* (sifat mudah dikerjakan) pada beton.
- 5) Mengurangi jumlah penggunaan semen Portland.

Selain itu pasir dapat membantu pengikatan kapur karena memungkinkan penetrasi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari udara. Sebagaimana telah diketahui bahwa kapur bakar yang telah padam dapat melakukan pengikatan apabila terjadi kontak terhadap karbondioksida di udara dan

mengembang. Oleh karenanya hal ini akan dapat mengurangi susut pengerasan beton.

Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton yang baik adalah:

- a) Berbentuk bulat.
- b) Tekstur halus (*smooth texture*).
- c) Modulus kehalusan (*fineness modulus*), menurut hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir dengan modulus 2,5 s/d 3,0 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi (dengan fas yang rendah) yang mempunyai kuat tekan dan *workability* yang optimal (Larrard, 1990 dalam Mulyono, 2005).
- d) Bersih.
- e) Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

**c. Kualitas agregat kasar**

Kualitas agregat kasar yang dapat yang dapat menghasilkan beton yang baik adalah:

1) Porositas rendah.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa porositas rendah akan menghasilkan suatu adukan yang seragam (*uniform*), dalam arti mempunyai keteraturan atau keseragaman yang baik pada mutu (kuat tekan) maupun nilai *slump*nya. Akan sangat baik bila bisa digunakan agregat kasar dengan tingkat penyerapan air (*water absorption*) yang kurang dari 1%. Bila tidak, hal ini bisa menimbulkan kesulitan dalam mengontrol kadar air total pada beton segar, dan bisa mengakibatkan kekurangan teraturan (*irregularity*) dan deviasi yang besar pada mutu dan nilai *slump* beton yang dihasilkan. Karenanya, sensor kadar air secara ketat pada setiap group agregat yang akan dipakai merupakan suatu tahapan yang mutlak perlu dikerjakan.

2) Bentuk fisik agregat

Dari beberapa penelitian menunjukan bahwa batu pecah dengan bentuk kubikal dan tajam ternyata menghasilkan mutu beton yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bulat (Larrard, 1990, dalam Mulyono, 2005). Hal ini tidak lain adalah karena bentuk kubikal dan tajam bisa memberikan daya lekat mekanik yang lebih baik antara batuan dengan mortal.

3) Ukuran maksimum agregat

Dari beberapa penelitian menunjukan bahwa pemakaian agregat yang lebih kecil (< 15 mm) bisa menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi (Larrard, 1990, dalam Mulyono, 2005). Namun pemakaian agregat kasar dengan ukuran maksimum 25 mm masih menunjukan tingkat keberhasilan yang baik dalam produksi beton mutu tinggi.

4) Bersih.

5) Kuat tekan hancur yang tinggi.

6) Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

**d. Jumlah pasta semen**

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat, dan berakibat kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah dari pada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi rendah.

**e. Penggunaan bahan tambah (*admixture*) dan additive (mineral)**

Bahan mineral mempunyai komponen aktif yang bersifat pozzolan, yaitu dapat bereaksi dengan kapur besar (kalsium hidroksida) yang dilepaskan semen pada saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang

bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. Reaksi *pozzolan* berlangsung dengan lambat sehingga pengaruhnya lebih pada kekuatan akhir dari beton.

### B. Beton Mutu Tinggi

Dalam perkembangan ilmu teknologi, beton telah mengalami perubahan pada kriteria mutu beton yang dihasilkan. Beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan antara 40-80 MPa atau lebih (Mulyono, 2005). Ditinjau dari segi bahan-bahan pembentuk beton, dalam pembuatan beton normal, semen merupakan bahan termahal. Karena jumlah semen yang dipergunakan jauh lebih banyak, maka harga beton mutu tinggi lebih mahal dibandingkan beton normal.

### C. Bahan Penyusun Beton

Beton terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut:

#### 1. Semen Portland Pozzolan

Semen *Portland Pozzolan* adalah suatu semen *hidrolis* yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dengan pozzolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen potland dengan bubuk Portland, atau 40% massa pozzolan.

Pozzolan merupakan bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen. Bahan dasar semen terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semennya (Tjokrodinuljo, 2007). Walaupun kompleks, namun pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting yaitu:

- a. Trikalsium silikat ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.SiO_2$
- b. Dikalsium silikat ( $C_2S$ ) atau  $2CaO.SiO_2$
- c. Trikalsium aluminat ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.Al_2O_3$
- d. Tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$ ) atau  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Unsur  $C_3S$  dan  $C_2S$  merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dari semen, sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, 2007). Bila semen terkena air,  $C_3S$  segera mulai berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur  $C_2S$  bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur  $C_3A$  bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam, semen yang mengandung unsur  $C_3A$  lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan terhadap serangan asam sulfat. Unsur yang keempat dan yang paling sedikit kandungannya dalam semen adalah  $C_3AF$  sehingga kurang begitu berpengaruh terhadap kekerasan semen atau beton. Pada semen biasa susunan kimia tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Susunan Unsur Semen Portland

Oksida	Persen
Kapur ( $CaO$ )	60 – 65
Silika ( $SiO_2$ )	17 – 25
Alumina ( $Al_2O_3$ )	3 – 8
Besi ( $Fe_2O_2$ )	0,5 – 6
Magnesia ( $MgO$ )	0,5 – 4
Sulfur ( $SO_3$ )	1 – 2
Soda/Potash ( $Na_2O + K_2O$ )	0,5 – 1

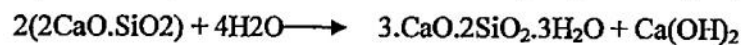
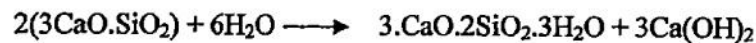
Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007)

Perbedaan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Semen portland di Indonesia [Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam, (SK SNI S-04-1989-F)] semen portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.

- b. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Hasil utama yang terjadi pada semen Portland adalah  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  merupakan sisa dari reaksi antara  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_2\text{S}$  dengan air. Kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

## 2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortal atau beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% volume beton. Pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Jika dilihat dari sumbernya agregat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat alami (pasir alami dan kerikil) dan agregat buatan (*split*, *fly ash*, pecahan genteng, dan lain-lain). Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam menurut proses terbentuknya, yaitu: pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut. Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau menggali terlebih dahulu, bentuknya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam akan tetapi harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pasir sungai dapat diperoleh langsung dari dasar sungai yang umumnya berbutir halus dan bulat akan tetapi pasir ini daya lekatnya lemah. Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai butirannya halus, bulat dan mengandung fragmen kerang-kerangan. Untuk agregat pecah (kerikil maupun pasir) didapatkan dengan cara meledakan, atau memecahkannya dengan mesin (Tjokrodimuljo, 2007).

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi butir agregat, karena apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran butiran bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun beton diinginkan mempunyai kemampuan yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

Cara membedakan jenis agregat yang paling baik banyak dilakukan adalah didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam prakteknya agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu :

- a. Batu, jika ukuran butirannya lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, jika butirannya antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, jika butirannya antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), berdasarkan berat jenisnya agregat juga dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Agregat normal

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 juga dapat disebut beton normal.

2. Agregat berat

Berat jenis agregat ini lebih dari 2,8 misalnya magnetik ( $Fe, O_4$ ), atau sebuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi (sampai 5) yang efektif sebagai dinding pelindung/perisai radiasi sinar X.



### 3. Agregat ringan

Agregat ini mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton ringan kurang dari  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Beton biasanya dipakai untuk elemen-non-struktural, akan tetapi mungkin pula untuk elemen struktural-ringan. Kebaikannya ialah berat sendiri yang rendah sehingga struktur pendukungnya dan fondasinya lebih kecil. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan, misalnya:

- a. Agregat ringan alami misalnya: *diatomite, pumice, volcanic cinder*.
- b. Agregat ringan buatan misalnya: tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*sintered fly-ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*)

Agregat kasar menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia perlu diuji terhadap keausan (dengan menggunakan mesin *Los Angeles*). Persyaratan mengenai ketahanan agregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Persyaratan Kekerasan Agregat Kasar beton

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan mesin <i>Los Angeles</i> , Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (Sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10 Mpa - 20 MPa)	40
Kelas III ) Diatas 20 MPa)	27

Sumber: (Tjokrodinuljo, 2007)

### 3. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, selain itu untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam

beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan, akan tetapi dalam kenyataannya jika nilai FAS kurang dari 35% beton segar akan tidak dapat dikerjakan dengan sempurna sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan syarat-syarat kekentalan (*consistency*) agar dapat dicapai suatu kelecakan (*capillary poreous*) di dalam beton yang sudah mengeras.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air yang digunakan sebagai pencampur beton meliputi kandungan lumpur maksimal 2 gr/lt, kandungan garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) maksimal 15 gr/lt, tidak mengandung chlorida lebih dari 0,5 gr/lt serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gr/lt. Secara umum air yang digunakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton, apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodinuljo, 2007).

#### 4. Bahan Tambah

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok pada beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton yang bertujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Proses kerja bahan tambah dalam beton akan memberikan pengaruh dispersi (penyebaran, penolakan, pembubaran) pada butir pasta semen sehingga antara butiran saling tolak menolak yang disebabkan oleh pemberian muatan negatif dalam jangka waktu tertentu yang memungkinkan air dengan bebas memobilisir material lainnya, dengan demikian adukan beton menjadi lebih mudah dikerjakan.

Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain :

- a. Mempercepat pengerasan.
- b. Menambah kelecakan (*workability*) beton segar.
- c. Menambah kuat tekan beton.
- d. Meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton.

e. Mengurangi retak-retak pengerasan, dan lain-lain.

Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), bahan tambah dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu :

- a. Bahan kimia tambahan (chemical admixture) untuk beton ialah bahan tambah (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F).
- b. Pozolan (*pozzolana*) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi satu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan menambah ketahanan beton atau mortar terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Penambahan pozolan juga dapat meningkatkan kuat tekan beton karena adanya reaksi pengikatan kapur bebas ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) oleh silikat atau aluminat menjadi *tobermorite* ( $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain *silica fume*, *fly ash*, tras alam dan abu sekam padi (*Rich husk ash*).
- c. Serat (*fibre*) merupakan bahan tambah yang berupa asbestos, gelas / kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan

ketahanan beton terhadap beban kejut (*impact load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton, misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway* serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

#### 5. Additif Limbah AAT

Jenis bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah AAT yang merupakan hasil dari industri pabrik Gula yang berada di Bantul, D.I. Yogyakarta. Hasil pengujian Sebelumnya AAT mengandung unsur  $SiO_2$  70,97%,  $Al_2O_3$  0,33%,  $Fe_2O_3$  0,36%,  $K_2O$  4,82%,  $Na_2O$  0,43%,  $MgO$  0,82%,  $C_5H_{10}O_5$  22,27%,  $C_7H_{10}O_3$ ,  $C_5H_8O_4$ .

#### D. Hasil Penelitian Terdahulu

AAT yang dahulunya hanya digunakan sebagai abu gosok, sudah mulai dimanfaatkan dalam industri bahan bangunan, seperti :

1. Di Mesir telah diadakan penelitian bahwa AAT dapat dimanfaatkan sebagai komponen penyusun dalam pembuatan keramik (Elkader, 1986).
2. Telah dicobakan pemanfaatan AAT sebagai campuran semen dengan perbandingan 1 semen : 12 AAT, dan ternyata memberi hasil yang lebih kuat, ringan dan tahan terhadap kondisi agresif, dan tentu saja biaya lebih ekonomis (Wahid, 2002).
3. Telah dicoba dalam pembuatan panil gypsum, dimana AAT dipakai sebagai bahan tambah mampu menghasilkan panil gypsum yang memiliki kuat lentur yang baik (Sri Murni, 1998).
4. Penelitian dilakukan pada campuran beton dengan komposisi AAT 0%, AAT 10%, AAT 20% sebagai pengganti semen. Hasil Tes Tekan, Tes Tarik, dan Uji Porositas pada penelitian beton telah membuktikan bahwa AAT telah berfungsi sebagai pozzolan dengan kuat tekan terbesar, kuat tarik terbesar dan porositas terkecil ada pada beton dengan 10% AAT (Ghozi, 2001).

5. Penelitian sejenis mengenai pemanfaatan AAT pernah ditulis oleh Gerry, (2013) dengan judul Pengaruh Pemanfaatan AAT Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas.

Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Substitusi parsial semen dengan AAT tidak memberikan pengaruh peningkatan kuat tarik lentur beton.
2. Substitusi parsial semen dengan AAT memberikan kenaikan pada modulus elastisitas kecuali pada Substitusi AAT 15% dengan penurunan 0,45% dibandingkan tanpa AAT dan modulus elastisitas terbesar diberikan oleh substitusi AAT 20% dari berat Semen dengan kenaikan sebesar 23,27%.
3. Modulus elastisitas dari hasil pengujian laboratorium lebih besar dari modulus elastisitas yang diperoleh dari rumus hubungan kuat tekan beton dengan modulus elastisitas menurut SNI dan ACL.
4. Kuat tekan yang dihasilkan dengan substitusi parsial semen dengan AAT memberikan nilai lebih besar dari kuat tekan yang direncanakan dan peningkatan terbesar terjadi pada pada prosentase AAT 5%.
5. Semakin besar substitusi AAT maka semakin rendah workability campuran beton atau atau campuran beton semakin sulit untuk dikerjakan.
6. Secara keseluruhan dengan mempertahankan penggunaan air dalam campuran beton diperoleh prosentase optimal pada substitusi AAT 5% dari berat semen karena memberi peningkatan modulus elastisitas dan kuat tekan serta memiliki *workability* yang cukup baik dibandingkan prosentase yang lebih dari 5%