

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian Samsudin dan Hartantyo (2017), yang berjudul “Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton”. Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi mempunyai kandungan silika yang dominan yaitu sebesar 93 % dan hampir sama kandungan silika yang terdapat pada *microsilica* buatan pabrik. Dengan sifatnya tersebut apabila dicampurkan ke dalam campuran beton akan memperbaiki karakteristik beton. Dalam penelitian ini abu sekam padi ditambahkan ke dalam adukan beton $f_c' K-175$ Kg/cm² dengan variasi penambahan abu sekam 0%, 8%, 10%, dan 12% , persentasi berat abu sekam ini diambil berdasarkan berat semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang dicapai dari campuran abu sekam padi dalam beton K-175 Kg/cm². Rancangan adukan beton menggunakan metode ASTM. Benda uji yang dibuat untuk masing-masing penambahan persentase abu sekam adalah sebanyak 3 sampel, dengan ukuran cetakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Berdasarkan tabel 4.22 di peroleh hasil bahwa terjadi penurunan kekuatan pada setiap penambahan kadar abu sekam padi. Di ketahui kuat tekan beton normal umur 28 hari yaitu 226,47 kg/m² dan kuat tekan terendah terdapat pada penambahan abu sekam padi 12% umur 28 hari yaitu 129,41 kg/m² .

Hasil penelitian Trimurtiningrum (2021), yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Workabilitas, Resapan dan Kekuatan Tekan Beton”. Semen adalah salah satu material utama penyusun beton yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan. Produksi semen berkontribusi terhadap lepasnya gas emisi CO₂ pada atmosfer. Berbagai inovasi dilakukan untuk membuat beton lebih ramah lingkungan, dengan tujuan untuk mengurangi kebutuhan semen. Abu sekam padi adalah hasil olahan limbah pertanian padi yang mempunyai sifat pozzolan sehingga berpotensi sebagai alternatif bahan semen. Variasi prosentase abu sekam padi yang digunakan adalah sebesar 0%; 4%; 6%; 8% dan 10% terhadap berat semen untuk menggantikan proporsi semen dalam campuran beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa workabilitas berkurang dan

nilai resapan cenderung meningkat seiring bertambahnya prosentase abu sekam padi pada campuran. Kuat tekan maksimum diperoleh campuran yang mengandung 8% abu sekam padi yaitu sebesar 25,03 MPa.

Hasil penelitian Suhirkam, dkk yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan *Superplasticizer* Terhadap Kekuatan Beton Mutu K-500”. Dewasa ini perkembangan beton sangat pesat, sehingga kriteria mengenai beton juga berubah sesuai dengan perkembangan jaman dan kemajuan tingkat mutu beton yang dapat dicapai. Karena itu banyak sekali bangunan yang menggunakan beton sebagai bahan utamanya, apalagi bangunan tingkat tinggi atau bangunan yang mempunyai bentang lebar akan membutuhkan beton yang mempunyai kekuatan tekan yang tinggi. Kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kualitas bahan pembentuknya, kepadatan dan rasio air semen, sehingga pengaruh kadar air dalam pembuatan beton mutu tinggi sangat penting. Dengan demikian menggunakan bahan tambah *superplasticizer* yang dapat mengurangi penggunaan air diharapkan meningkatkan kekuatan tekan beton tetapi memudahkan dalam pekerjaannya. Penggunaan bahan tambah mineral (*additive*) untuk mendapatkan beton mutu tinggi saat ini sudah merupakan bahan yang penting. Bahan tambah mineral merupakan bahan tambah yang mengandung pozzollan. Pozzollan adalah bahan tambah yang kandungan utama silika dan alumina. Abu sekam padi yang mempunyai kandungan silika yang tinggi dapat dimasukkan sebagai pozzollan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton mutu K – 500. Dalam penelitian ini persentase pemakaian abu sekam padi sebesar 2,5 % ; 5% ; 7,5 % dan 10 % terhadap semen. Benda uji beton berbentuk kubus berukuran (15x15x15) cm untuk kuat tekan dan benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm digunakan untuk uji kuat tarik belah. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa kuat tekan dan kuat tarik pada beton yang menggunakan abu sekam padi kekuatannya meningkat bila dibandingkan dengan beton normal (beton tanpa abu sekam padi).

2.2 Pengertian Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen *portland* atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (additif) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air.

Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi, 2016).

Beton adalah suatu bahan bangunan yang telah digunakan secara luas. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air dan agregat pada perbandingan tertentu, dimana dalam jangka waktu tertentu akan mengeras (Rosida, 2007 dalam Supriadi,2016). Defenisi beton menurut SNI-03-2834-2000, adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atautanpa bahan tambah membentuk massa padat. beton disusun dari agregat kasar atau agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Pengaplikasian material beton untuk konstruksi bangunan telah banyak dilakukan. Beton yang dihasilkan tersebut harus memenuhi syarat kekuatan sesuai yang ditentukan dalam perencanaan. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan atau durabilitas.

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

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :
 - a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.
 - b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahanbahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.
 - c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu. Adapun pembagian kelas beton, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2 1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	'bk (kg/cm ²)	σ'bk (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	Bo	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K>225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono. T, 2004 dalam Anwar, 2011.)

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :
 - a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440 – 1850 kg/m³ , dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

- b. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

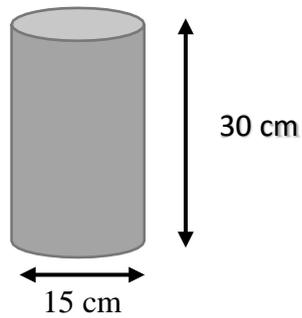
f. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

2.3 Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 2016).

Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2 1Benda Uji Kuat Tekan Beton

Cara menentukan nilai kuat tekan beton:

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

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

A = luas penampang benda uji (mm²)

P = beban tekan (N)

2.4 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas, mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan, dan berdasarkan tegangan.

a. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2847-2002)

- Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
- Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
- Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

b. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton

- Beton segar : Masih dapat dikerjakan
- Beton hijau : Beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
- Beton muda : 3 hari < 28 hari
- Beton keras : Umur >28 hari

c. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.2 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	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. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- 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
- 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)

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

2.5 Pengujian Slump

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

- Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
- Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
- Kemampuan alir beton segar (*flowability*).
- Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobilty*).
- Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*)

Tabel 2 3 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 : Tjokrodinuljo,2007)

2.6 Material Penyusun Beton

a. Semen *Portland*

Semen *Portland* (*Portland cement*) merupakan bahan ikat yang sangat penting dalam konstruksi beton, yang bersifat hidrolis, yaitu akan mengalami proses pengerasan jika dicampur air yang digunakan untuk mengikat bahan material menjadi satu kesatuan yang kuat. Suatu semen jika diaduk dengan semen air akan menjadi adukan pasta semen, Sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah dengan kerikil menjadi beton (Tjokrodimujo, 1992).

Semen *Portland* dibagi menjadi 5 (lima jenis) berdasarkan jenis dan penggunaannya, antara lain :

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

b. Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam penerjaan beton.

Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang 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 (Mulyono, 2004).

Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (Tjokrodimuljo, 1992).

1. Tidak mengandung organik (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dll) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

c. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990). Dua jenis agregat adalah:

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah)
2. Agregat halus (pasir)

1) Agrerat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 – 5 mm (SNI 03-1750-1990)

- Syarat Mutu Agregat

Syarat Mutu Agregat Syarat Mutu menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F: a.

Agregat Halus (pasir):

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras.
 - b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
 - c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%. 2)
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10.0%
 - d. Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
 - e. 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.
 - f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimal 10% dari berat.
 - Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimal 15% dari berat.
 - g. Tidak boleh mengandung garam.
- Syarat Mutu Agregat Menurut SII 0052-80 :
 - a. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 2,50 – 3,80.
 - b. Kadar Lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, mak 5%.

- c. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan Na-Sulfat 3%, jika dibandingkan warna standar tidak lebih tua daripada warna standar.
- d. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari 2,20.
- e. Kekakalan Jika dengan Natrium Sulfat , bagian yg hancur maksimum 10% dan jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15%.
- Cara-cara memeriksa sifat-sifat pasir :
 - a. Untuk mengetahui kandungan tanah liat/Lumpur pada pasir dilakukan dengan cara meremas atau menggenggam pasir dengan tangan. Bila pasir masih terlihat bergumpal dan kotoran tertempel di tangan, berarti pasir banyak mengandung Lumpur.
 - b. Kandungan Lumpur dapat pula dilakukan dengan mengisi gelas dengan air, kemudian masukkan sedikit pasir ke dalam gelas. Setelah diaduk dan didiamkan beberapa saat maka bila pasir mengandung Lumpur, Lumpur akan terlihat mengendap di atasnya.
 - c. Pemeriksaan kandungan zat organik dilakukan dengan cara memasukkan pasir ke dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3%. Setelah diaduk dan didiamkan selama 24jam, warnanya dibandingkan dengan warna pembanding.
 - d. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat.

Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk lainnya. Dengan semakin berkurangnya rongga udara yang berbentuk, beton yang dihasilkan akan mempunyai rongga udara yang lebih sedikit.

Gradasi yang baik dan teratur dari agregat halus, besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian

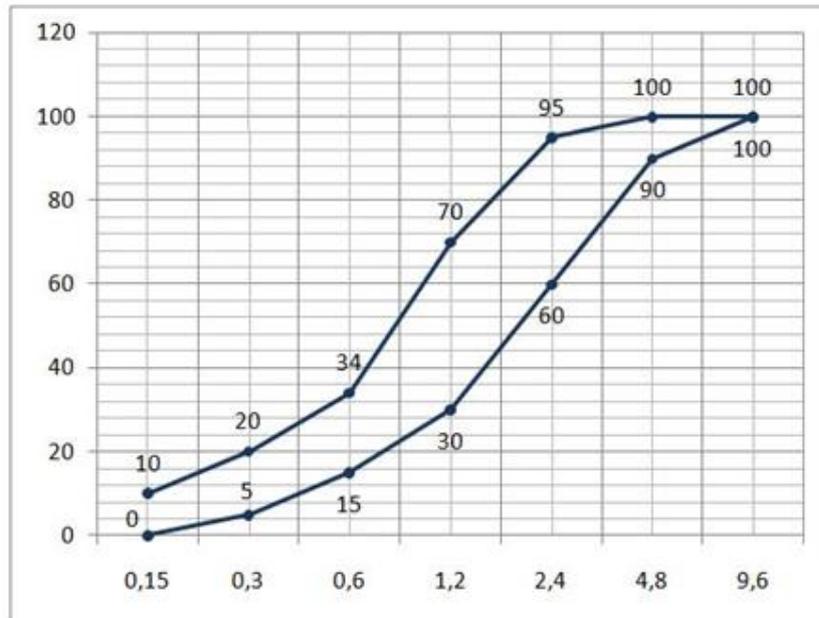
yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras, seperti terlihat pada tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2 4 Gradasi Agregat Halus Menurut (BS)

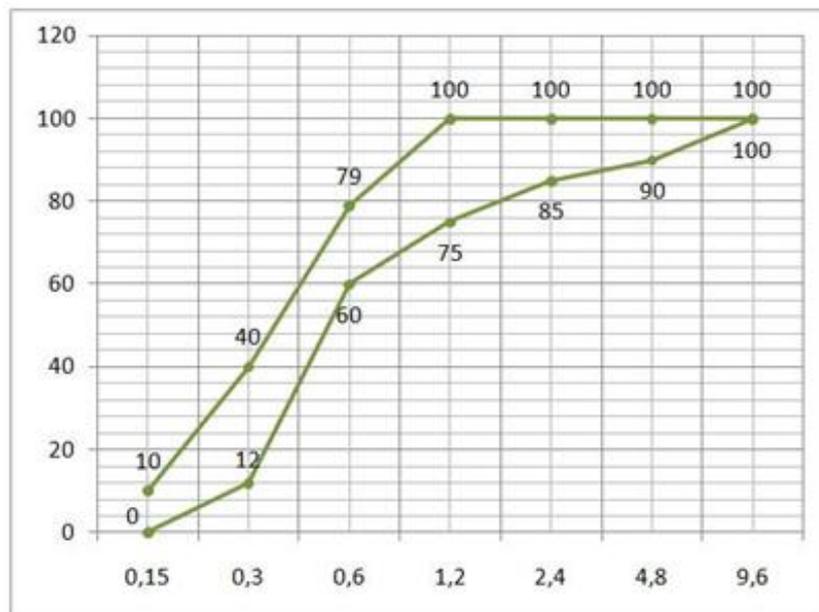
Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)



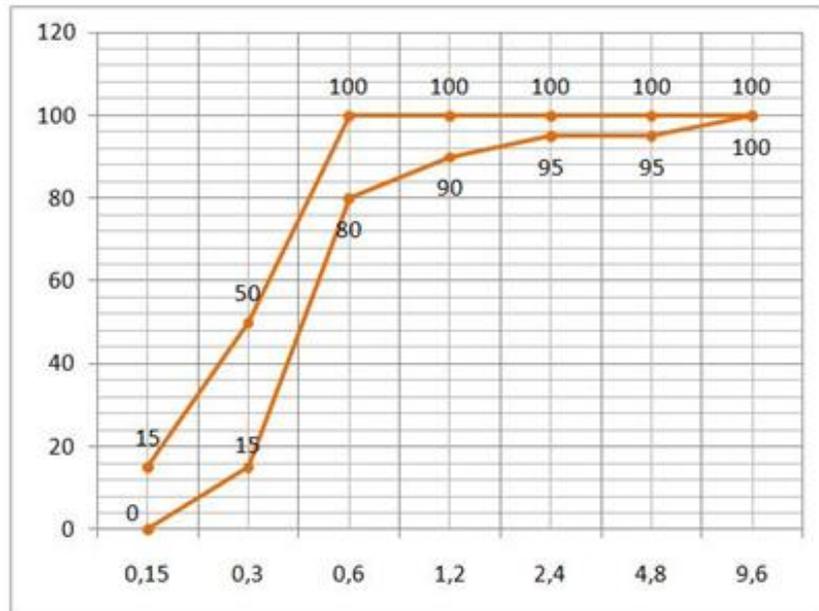
Gambar 2 2 Gradasi Pasir Zona I

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



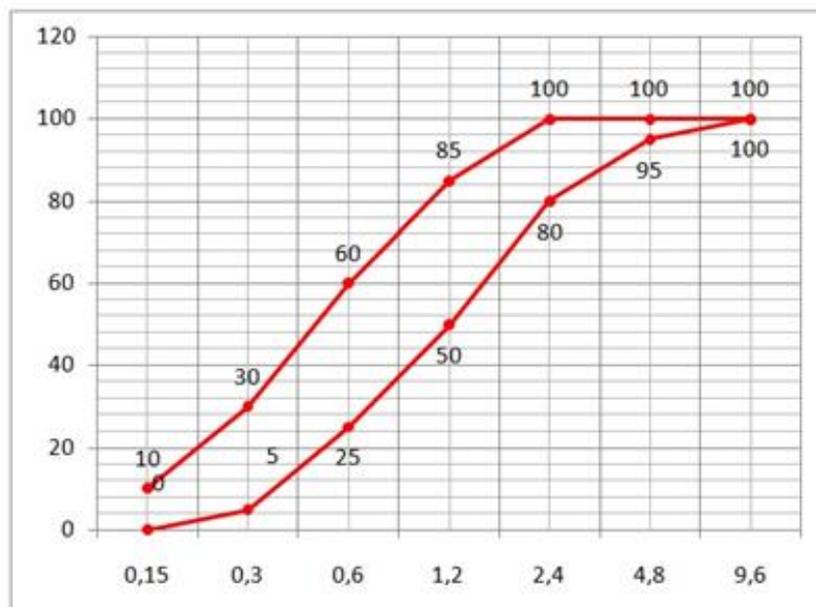
Gambar 2 3 Gradasi Pasir Zona II

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2 4 Gradasi Pasir Zona III

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2 5 Gradasi Pasir Zona IV

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2) Agregat Kasar

Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm atau 4,75mm atau 5,0mm. Bentuk fisik dari agregat kasar yang bersudut. Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas yang berbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar antara 38% - 40%, dengan demikian membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan untuk mengurangi rongga ini dikombinasikan dengan butiran agregat halus yang berbentuk bulat.

Beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat ini cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat baik dan kuat. Ukuran butir maksimum agregat juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Gradasi yang baik dan teratur (*continuous*) dari agregat kasar besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan di buat terutama dari zat-zat yang dapat merusak pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras. Syarat mutu agregat kasar menurut SII.0052 sebagai berikut :

- a. Modulus halus butir 6,0 sampai 7,1
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 1%
- c. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%
- d. Kekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12% dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%
- e. Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai Na_2O lebih besar dari 0,6%
- f. Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%

g. Kekerasan agregat harus memenuhi syarat Tabel 2.3

Kekerasan atau kekuatan dari butir-butir agregat bergantung pada bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan antara butir satu dengan yang lainnya. Ukuran butir maksimum agregat juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Hasil penilitan Larrad (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15mm. Namun demikian pemakaian butiran agregat sampai dengan 25mm masih memungkinkan diperolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya.

Kebersihan agregat juga akan mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras, seperti terlihat pada Tabel 2.5. sebagai berikut :

Tabel 2.5 Syarat Mutu Kekuatan Agregat

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dengan bejana Rudolff, bagian hancur menembus ayakan 2mm, persen (%) maksimum		Kekerasan dengan bejana geser Los Angeles, bagian hancur menembus ayakan 1,7mm, %maks
	Fraksi Butir 9,5 – 19 mm	Fraksi Butir 19 – 30 Mm	
(1)	(2)	(3)	(4)
Beton Kelas I dan mutu Bo dan B1	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton Kelas II dan mutu K.125, K.175, dan K.225	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Beton Kelas III dan mutu > K.225 atau beton pratekan	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang dari 27

(Sumber : SII.0052-80)

Dalam membentuk suatu beton yang akan mempunyai mutu yang tinggi kualitas kekuatan tekannya perlu menjadi perhatian, dalam hal ini ditentukan dengan suatu pengujian kuat tekan dan ketahanan akan abrasinya.

2.6.1 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan bahan limbah dari sisa pembakaran sekam padi yang mempunyai sifat sebagai pozzolan, dalam arti kandungan material terbesarnya adalah silika dan baik untuk digunakan dalam campuran pozzolan kapur yaitu mengikat kapur bebas yang timbul pada waktu hidrasi semen. Silika dapat bereaksi dengan kapur membentuk

kalsium silika hidrat sehingga menghasilkan ketahanan dari beton bertambah besar karena berkurangnya kapur. Sementara itu dari hasil penelitian Houston (1972), rata-rata nilai kandungan silika (SiO_2) pada abu sekam padi adalah 94 – 96%. Pembakaran abu sekam padi secara terkontrol pada suhu tinggi sekitar 500–600°C akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Prasetyoko, 2001).

Komposisi kimia berdasarkan penelitian PT. Hakiki, Juni (2009) dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2 6 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi

Senyawa Kimia	% Berat
SiO_2	86,90 – 97,30
K_2O	0,58 – 2,58
Na_2O	0,00 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe_2O_3	0,00 – 0,54
P_2O_5	0,20 – 2,84
SO_3	0,10 – 1,13
Cl	0,00 – 0,42

(Sumber : Houston, 1972)

Ukuran abu sekam padi mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton, sehingga dibutuhkan *treatment* pada abu sekam padi yang akan digunakan berupa penumbukkan atau penggilingan serta penyaringan dengan menggunakan ukuran saringan tertentu (Habeeb, 2010).

2.7 Prosedur Pengujian di Laboratorium

2.7.1 Pengujian Analisa Saringan dan Berat Jenis Penyerapan

Agregat

Dalam pengujian ini terdapat prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah kerja sebagai acuan, sehingga pengujian yang dilakukan akan

menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut:

a. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Modulus halus butir (MHB) ialah suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat. Maka semakin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya.

Analisa saringan agregat berguna untuk menentukan suatu persentase berat dari butiran agregat yang lolos dari saringan. Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MHB = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100}$$

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm – 20 mm. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1995) atau 5 mm (BS.812, 1976). Umumnya agregat kasar memiliki MHB sekitar 5,0 – 8,0.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut:

$$MHB = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100}$$

c. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama dan pada suhu yang sama pula. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering (SSD = *Saturated Surface Dry*). Penyerapan air adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Standar laboratorium untuk

penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering kedalam air selama (24 ± 4) jam.

Pengujian berat jenis penyerapan agregat halus Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat halus yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry specific gravity*)

$$= \frac{B_2}{(B_3 + 500) - B_1}$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD specific gravity*)

$$= \frac{500}{(B_3 + 500) - B_1}$$

3. Penyerapan

$$= \frac{500 - B_2}{B_2} \times 100\%$$

Keterangan :

B_1 = Berat piknometer + Air + Benda Uji

B_2 = Berat uji kering oven

B_3 = Berat piknometer + Air

d. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat kasar yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry specific gravity*)

$$= \frac{B_k}{(W_2 + B_j) - W_1}$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD spesific graffity*)

$$= \frac{Bk}{(W_2 + Bj) - W_1} - W_1$$

3. Penyerapan

$$= \frac{bj-bk}{bk} \times 100\%$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven

Bj = Berat benda uji dalam keadaan SSD

W_1 = Berat piknometer + Air + Benda Uji

W_2 = Berat piknometer + Air

2.7.2 Pengujian Bobot Isi Agregat

Pengujian ini berguna untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5mm–40mm, agregat halus terbesar 5mm. pengujian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara ditusuk sedangkan dalam kondisi gembur dengan cara memasukan agregat sampai penuh lalu diratakan. Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga-rongga udara, berbeda dengan bobot isi padat yang dipadatkan dengan cara ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No.52-1980, berat isi untuk agregat beton diisyaratkan harus lebih dari 1,2 - 1,5 gr/cm². Adapun dalam pengujian ini digunakan rumus :

1. Bobot isi gembur

$$= \frac{\text{Berat Silinder} + \text{Agregat Gembur}}{\text{Volume Silinder}}$$

2. Bobot isi Padat

$$= \frac{\text{Berat Silinder} + \text{Agregat padat}}{\text{Volume Silinder}}$$

2.7.3 Kadar Air Agregat Halus dan Kasar

Kadar air agregat adalah perbandingan berat air yang terkandung didalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Kadar air tiap agregat bergantung pada tempat agregat tersebut berada.

Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

- 1) Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- 2) Kadar air kering udara, yaitu punya kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi mengandung sedikit air dalam porinya dan masih menyerap air
- 3) Jenuh kering permukaan, yaitu dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi masih dapat menyerap air. Dalam kondisi ini air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton
- 4) Kondisi basah, yaitu dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan pada kadar air campuran beton.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan :

W_1 = Berat agregat

W_2 = Berat kering oven

2.7.4 Kadar Lumpur Agregat Halus dan Kasar

Kadar lumpur merupakan banyaknya lumpur yang terkandung didalam agregat. Lumpur yang terkandung didalam agregat dapat mempengaruhi mutu

beton tersebut. Lumpur yang terkandung tidak boleh terlalu banyak, ada kecenderungan meningkatnya pemakaian air dalam campuran beton jika ada bahan-bahan itu tidak dapat menyatu dengan semen sehingga menghalangi penggabungan antara semen dan agregat serta mengurangi kekuatan beton.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1 - W_3}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan :

W_2 = Berat kering oven

W_3 = Berat agregat setelah dicuci

2.7.5 Konsistensi Semen

Konsistensi normal semen adalah suatu kondisi pasta semen dalam keadaan standar basah yang airnya merata dari ujung satu hingga ujung lainnya. Konsistensi normal semen berguna untuk menentukan waktu mulainya peningkatan semen dengan air. Metode pengujian konsistensi normal sesuai dengan standar ASTM C 187 dengan menggunakan metode coba-coba menggunakan sejumlah pasta semen yang dibuat dari 500 gram semen dengan persentase air yang berbeda.

Konsistensi normal pasta semen didapatkan ketika jarum alat vicat berdiameter 10 mm dengan penurunan 10 ± 1 mm. Air pada konsistensi normal berkisar 22% dan 28%.

2.7.6 Waktu Ikat Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Waktu pengikatan semen merupakan waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras.

Waktu ikat semen terbagi atas 2 yaitu waktu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Pengujian waktu ikat dapat dilakukan apabila nilai konsistensi normal semen tercapai. Syarat nilai konsistensi normal yaitu apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm sedangkan waktu ikat awal 25 ± 1 mm.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan standar pengujian waktu ikat semen adalah SNI 15-2049-2004.

2.7.7 Berat Jenis Semen

Semen *portland* merupakan salah satu bahan hidrolis yang dibuat dari campuran bahan yang mengandung oksida utamanya: kalsium, silika, alumina, dan besi. Umumnya semen *portland* dibuat dalam suatu industri berteknologi modern dengan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga terjamin mutunya. Namun demikian perbedaan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga terjamin mutunya. Salah satu pengujian yang dapat mengindikasikan hal tersebut adalah dengan pengujian berat jenisnya. Berat jenis semen *portland* komposit pada umumnya bernilai < 3 .

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{(V^2 - V^1)d}$$