

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Beton

Beton merupakan suatu komposit atau campuran dari beberapa bahan batu-batuan berupa agregat (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen, dapat dikatakan bahwa semen merupakan bahan pengikat antara agregat halus dan kasar (Sagel.R., P. Kole, dan Gideon Kusuma., 1997). Sebagai material komposit sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi dari perencanaan yang baik, pemilihan dan pengadaan masing-masing material yang baik, proses penanganan dan proses produksinya. Ketiga sistem tersebut dapat pula dipandang sebagai model komposit dengan 2 fase, yaitu fase matriks dan fase terurai. Kadang kala beton masih ditambah lagi dengan bahan pembantu (*admixture*) untuk mengubah sifat-sifatnya ketika masih berupa beton segar (*fresh concrete*) atau beton keras (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

Memurut Tri Mulyono, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton) memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi.

Beton sering digunakan dalam pekerjaan teknik sipil karena memiliki kelebihan diantaranya tahan terhadap serangan api, tahan terhadap serangan korosi, mudah dibentuk, mampu memikul beban yang berat dengan umur rencana yang lama dibandingkan dengan perkerasan lentur, dan juga biaya pemeliharaan yang relatif kecil (Tri Mulyono,2005).

Beton menurut DPU-LPBM dalam SK SNI T-15-1990-330:1 mendefinisikan beton sebagai campuran antara lain semen Portland (PC) atau semen hidrolik, agregat halus (pasir), agregat kasar (koral atau *split*) dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

2.1.2 Keunggulan dan Kelemahan Beton

2.1.2.1 Keunggulan Beton

Menurut Paul Nugrah dan Antoni, berdasarkan pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain. Berikut ini merupakan keunggulan dari penggunaan beton secara rinci menurut Paul Nugraha dan Antoni :

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar :
 - a. Biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan mudah didapat. Bahan termahal adalah semen tetapi bisa diproduksi di Indonesia.
 - b. Pengangkutan atau mobilisasi beton bisa dilakukan dengan mudah.
2. Kemudahan untuk digunakan (*versetility*)
 - a. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah.

- b. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa digunakan untuk keperluan dekoratif.
- c. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat.

3. Kemampuan beradaptasi

- a. Beton bersifat *mololit* sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
- b. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (*shell*) maupun bentuk-bentuk kubus 3 dimensi.
- c. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.
- d. Konsumsi energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.

4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

2.1.2.2 Kelemahan Beton

Berikut ini merupakan kelemahan dari penggunaan beton dan cara untuk mengatasi kelemahan tersebut:

Tabel 2.1 Kelemahan beton dan cara mengatasinya

No.	Kelemahan	Solusi
1.	Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2.400 kg/m^3 .	Untuk elemen struktural: membuat beton dengan mutu tinggi, beton pratekan, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat memakai beton ringan.
2.	Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.	Memakai beton bertulang atau pretekan.
3.	Kualitasnya sangat tergantung dari cara pelaksanaannya di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.	Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan kontrol kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (<i>ready mix</i>) atau beton pratekan.
4.	Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis.	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>)

(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

2.1.3 Klasifikasi Beton

Berikut ini merupakan klarifikasi beton berdasarkan ketebalan, kekuatan, dan kegunaan menurut SNI T-04-1990-F, yaitu :

Tabel 2.2 Klasifikasi beton berdasarkan ketebalan, kekuatan dan peruntukannya

No.	Ketebalan	Kekuatan	Kegunaannya
1	60 mm	Mutu beton III dengan nilai $f'c$ 17-20 Mpa	Untuk beban lalu lintas ringan.
2	80 mm	Mutu beton II dengan nilai $f'c$ 25.5-30 Mpa	Untuk beban lalu lintas sedang sampai berat.
3	100 mm	Mutu beton I dengan nilai $f'c$ 34-40 Mpa	Diperuntukkan bagi beban lalu lintas berat seperti: crane, loader, dan alat berat lainnya.

(Sumber: SK SNI T-04-1990-F)

Adapun kelas beton menurut Tri Mulyono, 2005 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kelas dan mutu beton

No	Mutu	$\sigma'bk$ (kg/cm^2)	$\sigma'bm$ (kg/cm^2)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
I	B_0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B_1	-	-	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: Tri Mulyono, 2005)

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbedabeda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis (Mulyono,2005).

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Tri Mulyono, 2005).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

a). Sifat fisika semen portland

Menurut Mulyono,2005 sifat-sifat semen meliputi kehalusan butir waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

b). Sifat kimia semen portland

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan jika kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdock dan K.M Brook, 1979).

c). Semen portland yang digunakan untuk konstruksi sipil memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di Indonesia, syarat mutu yang dipergunakan adalah SII.0013-81, mutu dan cara uji semen portland. Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989) dalam ulasannya dihalaman 1, membagi semen portland menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03-2) yaitu :

- 1) Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- 2) Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah peningkatan terjadi.
- 4) Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.

- 5) Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi sulfat.

2.2.2 Air

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3.5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garaman dalam air laut akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra tegang ataupun beton bertulang karena resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan (Tri Mulyono, 2005).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan. Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentrasi ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton yang telah mengeras pada umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk air, agregat, bahan bersemen dan bahan campuran tambahan tidak boleh melampaui nilai batas (Tri Mulyono, 2005).

Air juga diperlukan untuk perawatan sesudah beton dicetak. Suatu metode perawatan selanjutnya, yaitu membasahi secara terus-menerus dan pada tahap perendaman beton. Air ini harus memenuhi

syarat-syarat yang lebih tinggi daripada air untuk pembuatan beton. Misalkan air untuk perawatan selanjutnya keasaman tidak boleh pHnya > 6, juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur (R.Sagel, P.Kole, dan Gideon Kusuma, 1997).

2.2.3 Agregat

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat tahan lama (*durable*) dan ekonomis (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). Berdasarkan gradasinya agregat terbagi menjadi dua macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

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). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat atau semen. Pasir adalah dalah datu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus dimana agregat halus adalah butiran yang lolos saringan no. 8 dan tertahan pada saringan no. 200.

Tabel 2.4 Gradasi agregat halus

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)

2.2.4 Bahan Tambah (Abu Sekam Padi)

Secara umum bahan tambahan yang digunakan dalam campuran beton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat mineral. Bahan tambah kimiawi ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan (Tri Mulyono, 2005). Adapun beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral menurut Tri Mulyono (tahun 2005) antara lain :

- a. Memperbaiki kinerja *workability*
- b. Mengurangi panas hidrasi
- c. Mengurangi biaya pekerjaan beton
- d. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat
- e. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaskdi alkali-silika
- f. Mempertinggi usia beton
- g. Mempertinggi kekuatan tekan beton
- h. Mempertinggi keawetan beton
- i. Mengurangi penyusutan
- j. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton

Sekam padi adalah limbah dari hasil penggilingan padi. Karena bentuk butirnya tidak begitu halus (\pm 3-4 mm) dan bobotnya ringan, penyimpanan limbah ini memerlukan tempat yang luas. Sekam mengandung 40% selulosa, 30% lignin dan 20% abu. Cara yang biasa dipergunakan untuk membuang sekam adalah dengan membakarnya ditempat terbuka. Melalui pembakaran secara terkontrol sekam diubah menjadi abu yang dapat menjadi sumber silika dalam bentuk amorphous untuk keperluan berbagai industri. Panas yang dihasilkan dalam pembakaran (lebih kurang 3000 Kcal/kg) dapat ditampung dan disalurkan untuk berbagai keperluan.

Abu sekam padi sebagai limbah pembakaran sekam padi yang mempunyai sifat pozzolan dan mengandung silika yang sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi (Ika Bali Agus Prakoso, 2002). Abu sekam padi mengandung senyawa silika (SiO_2) sebesar 88.92% sehingga dapat digolongkan sebagai pozzolan (Dharma Putra, 2006). Abu sekam padi ini termasuk kedalam bahan tambah mineral (*addictive*) yang mengandung pozzolan.

a). Sifat Kimia Abu Sekam Padi

- ❖ Apabila ditambahkan ke dalam pasta semen, dapat menambah ketahanan pasta semen terhadap serangan kimia dari luar yang disebabkan oleh reaksi senyawa kalsium hidroksida (CH) dan silikat hidrat (CSH) sekunder
- ❖ Apabila ditambahkan ke dalam pasta semen, dapat mengurangi permeabilitas pasta semen akibat pembentukan senyawa silikat hidrat (CSH) sekunder
- ❖ Apabila ditambahkan ke dalam pasta semen, dapat menurunkan alkalinitas pasta semen sehingga mengurangi reaksi senyawa asam dan basa yang disebabkan oleh berkurangnya senyawa kalsium hidroksida (CH)

- ❖ Akibat kandungan senyawa silikon dioksida (SiO_2) yang tinggi pada abu sekam padi. Abu sekam padi dapat menggantikan matriks sebagian semen.

b). Sifat Fisik Abu Sekam Padi

- ❖ Kerapatan Gembur Abu sekam padi tergolong sedang.
- ❖ Memiliki partikel yang halus dan reaktif.
- ❖ Bersifat Rheology, yaitu memiliki viskositas plastis yang sedang dan menghasilkan tegangan yang rendah (Laskar and Talukdar, 2008).

2.3 Slump Test

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

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

Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam dua peraturan standar, yaitu PBI 1971 NI 2 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia) dan SNI 1972 – 2008 (Cara Uji Slump Beton).

- a. Berdasarkan PBI 1971 N.I-2 pengukuran slump berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut:
 1. Kerucut Abrams : Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
 - a). Diameter atas 10 cm
 - b). Diameter bawah 20 cm
 - c). Tinggi 30 cm
 2. Batang besi penusuk :
 - a). Diameter 16 mm
 - b). Panjang 60 cm
 - c). Ujung dibulatkan
 3. Alas : rata, tidak menyerap air
- b. Berdasarkan SNI 1972 – 2008 pengukuran slump berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :
 1. Kerucut Abrams :
 - a). Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
 - b). Diameter atas 102 mm
 - c). Diameter bawah 203 mm
 - d). Tinggi 305 mm
 - e). Tebal plat min 1.5 mm

2. Batang besi penusuk :
 - a) Diameter 16 mm
 - b) Panjang 60 cm
 - c) Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm
3. Alas : datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku

2.4 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kuat tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 (Tri Mulyono, 2005).

Kuat tekan beton merupakan meter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton tersebut. Hal ini dikarenakan karakteristik utama beton adalah sangat kuat dalam menahan gaya tekan tetapi sangat lemah dalam menerima gaya tarik. Kuat tarik beton hanya berkisar antara 10% sampai 15% dari kuat tekan beton. Dalam perencanaan struktur beton bertulang, beton diasumsikan hanya berperan dalam menahan gaya tekan dan sama sekali tidak memberikan kontribusi dalam menahan gaya tarik.

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton keras untuk menahan gaya tekan dalam setiap satu satuan luas permukaan beton. Secara teoritis, kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen-komponennya, yaitu :

1. Pasta semen
2. Volume rongga
3. Agregat
4. *Interface* (hubungan antar muka) antara pasta semen dengan agregat

2.5 Curing Beton

Perawatan adalah perlakuan atau perawatan terhadap beton selama masa pembekuan. Pengukuran *curing* diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban dan suhu yang diinginkan pada beton, karena suhu dan kelembaban didalam secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Pengukuran *curing* mencegah air hilang dari adukan dan membuat lebih banyak hidrasi semen. Untuk memaksimalkan mutu beton perlu diterapkan pengukurann *curing* sesegera mungkin setelah beton dicetak. *Curing* merupakan hal yang kritis untuk membuat permukaan beton yang kuat.

Curing harus dibuat pada setiap bahan bangunan, bagian konstruksi atau produk yang menggunakan semen sebagai bahan baku. Hal ini karena semen memerlukan air untuk memulai proses hidrasi dan untuk menjaga suhu didalam yang dihasilkan oleh proses ini demi mengoptimalkan pembekuan dan kekuatan semen. Pengaturan suhu didalam dengan air disebut *curing*. Proses hidrasi yang tidak terkontrol akan menyebabkan suhu semen kelebihan panas dan kehilangan bahan-bahan dasar untuk pengerasan dan kekuatan akhir produk semen seperti beton, mortar, dan yang lainnya.

Curing yang baik berarti penguapan dapat dicegah atau dikurangi. Berikut ini merupakan macam-macam *curing* :

a). *Curing* air

Curing air adalah yang paling banyak digunakan. Ini merupakan sistem dimana sangat cocok untuk konstruksi rumah dan tidak memerlukan

infrastruktur atau keahlian khusus. Bagaimanapun *curing* air memerlukan banyak air yang mungkin tidak selalu mudah dan bahkan mahal. Untuk mengekonomiskan penggunaan air perlu dilakukan pengukuran untuk mencegah penguapan air pada produk semen, beton harus dilindungi dari sinar matahari langsung dan angin untuk mencegah penguapan air yang cepat. Cara seperti menutup beton dengan pasir, serbuk gergaji, rumput dan dedaunan tidaklah mahal, tetapi masih cukup efektif. Selanjutnya plastik dan goni bisa juga digunakan sebagai bahan untuk mencegah penguapan air dengan cepat. Sangat penting seluruh produk semen (batako, paving blok, batu pondasi, bata pondasi, pekerjaan plester, pekerjaan lantai dan yang lainnya) dijaga tetap basah dan jangan pernah kering, jika tidak kekuatan akhir produk semen tidak dapat dipenuhi. Jika proses hidrasi secara dini berakhir akibat kelebihan panas (tanpa *curing*), air yang disiram pada produk semen yang telah kering tidak akan mengaktifkan kembali proses hidrasi, akan kehilangan kekuatan permanen. Pada *curing* air, produk semen harus dijaga tetap basah (dengan menutup produk dengan plastik) untuk lebih kurang 7 hari.

b). *Curing* uap air

Curing uap air dilakukan dimana air sulit diperoleh dan semen berdasarkan unsur-unsur bahan setengah jadi seperti slop toilet, ubin, tangga, jalusi dan lainnya diproduksi masal. *Curing* uap air menurunkan waktu *curing* dibandingkan dengan *curing* air biasa lebih kurang sekitar 50-60%. Prinsip kerja *curing* uap air adalah dengan menjaga produk semen pada lingkungan lembab dan panas yang membolehkan semen mencapai kekuatan lebih cepat dari pada *curing* air biasa. Untuk menghasilkan lingkungan lembab dan panas ini perlu dibuat suatu ruang pemanas sederhana dengan dinding dan lantai penahan air yang ditutup dengan plastik untuk membuat matahari memanaskan ruang pemanasan dan mencegah air menguap. Tinggi permukaan air dari lantai sekitar 5 samapi 7 cm dijaga setiap waktu agar prinsip kerja sistem penguapan dapat bekerja.

c). *Curing* uap panas

Curing uap panas biasanya hanya digunakan pada pabrik yang sudah canggih yang memproduksi produk semen secara masal. Sistem *curing* uap panas mahal dan membutuhkan banyak energi untuk membangkitkan panas yang dibutuhkan untuk uap panas. Bagaimanapun, produk *curing* uap panas dapat digunakan setelah kira-kira 24-36 jam setelah produksi, yang mempunyai keunggulan dibandingkan *curing* sistem lainnya.

2.6 Pengujian Beton

Berikut ini merupakan macam-macam pengujian pembuatan beton :

1. Uji validitas data

Validitas adalah tingkat kendala dan kesahihan alat ukur yang digunakan. Instrumen dikatakan valid apabila menunjukkan alat ukur yang dipergunakan untuk mendapatkan data itu valid atau dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Dengan demikian, instrumen yang valid merupakan instrumen yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak diukur.

Analisis data kuat tekan dan penyerapan air beton dilakukan dengan menggunakan program komputer, yaitu *microsoft excell*. Adapun analisis yang akan dilakukan antara variabel dan persamaan hubungannya.

2. Uji reliabilitas

Reliabilitas menunjukkan sejauh mana hasil pengukuran dengan alat tersebut dapat dipercaya. Hasil pengukuran harus reliabel dalam artian harus memiliki tingkat konsistensi dan kemantapan.

Reliabilitas tidak sama dengan validitas. Artinya pengukuran yang dapat diandalkan akan mengukur secara konsisten, tapi belum tentu mengukur apa yang seharusnya diukur. Dalam penelitian, reliabilitas adalah

sejauh mana pengukuran dari suatu tes tetap konsisten setelah dilakukan berulang-ulang terhadap subjek dan dalam kondisi yang sama. Penelitian dianggap dapat diandalkan bila memberikan hasil yang konsisten untuk pengukuran yang sama.

3. Uji korelasi

Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya data derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyatanya hubungan garis lurus, maka semakin tinggi hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih tersebut. Hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi. Korelasi menyatakan hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubahan. Karena itu hubungan korelasi masih belum dapat dikatakan sebagai hubungan korelasi masih belum dapat dikatakan sebagai sebab akibat. Hubungan antara variabel dinyatakan dalam koefisien korelasi. Koefisien korelasi dapat diketahui berdasarkan penyebaran titik-titik pertemuan antara dua variabel, misalnya X dan Y yang digambarkan dalam diagram pencar. Dari diagram tersebut akan diperoleh nilai koefisien korelasi (r). Untuk mengetahui kuat atau tidaknya hubungan antar variabel berdasarkan nilai koefisien korelasi (r') yang didapat.

2.7 Penelitian Terdahulu

1. Judul : Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton K-225

Nama Peneliti : Arifal Hidayat

Kesimpulan : Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan analisis statik dengan uji F, diperoleh nilai $F_{Hitung} = 5,41$, bila dibandingkan dengan nilai

F untuk $F_{Tabel}^{0.05} = 5,19$ (dengan tingkat kepercayaan 95% berpengaruh nyata) dan $F_{Tabel}^{0.01} = 11,39$ (dengan tingkat kepercayaan 99% berpengaruh dengan sangat nyata) maka $F_{Tabel}^{0.05} < F_{Hitung} < F_{Tabel}^{0.01}$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi atau pengaruh yang nyata antara kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan rencana K-225 Kg/cm².

2. Judul : Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era *New Normal*
- Nama Peneliti : Hendramawat Aski Safarizki, Marwahyudi, dan Wahyu Aji Pamungkas
- Kesimpulan : Penambahan variasi kadar abu sekam dengan perbandingan terhadap berat semen meningkatkan kekuatan beton. Peningkatan kuat tekan terjadi seiring dengan penambahan kadar abu sekam 9% dan 10% berturut-turut sebesar 22,84 MPa dan 25,70 MPa. Penggunaan abu sekam pada hasil penelitian ini dapat menghemat penggunaan semen dibuktikan dengan pengurangan jumlah semen dan digantikan dengan abu sekam padi. Kuat tekan beton sebesar 24,01 MPa sebagai titik optimum dicapai dengan variasi kadar abu sekam padi 10%.

3. Judul : Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan Beton Dan Porositas Beton

Nama Peneliti : Dian Fathur Rahman

Kesimpulan : 1. Dari hasil tersebut untuk desain proporsi campuran beton *Self Compacting Concrete* dengan penggunaan variasi abu sekam padi sebagai pengganti material semen yang maksimal adalah pada variasi 9% dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 25,65 Mpa dan porositas sebesar 0,18%.

2. Pengaruh penggunaan beberapa variasi abu sekam padi dapat meningkatkan *workability* dan *flowability* yang menurut dari kriteria yang dijelaskan pada Efnarc 2002 dan ASTM C1621 sudah memenuhi. Peningkatan yang terjadi berpengaruh pada perubahan dari nilai porositas sebanyak 0,18%, tetapi dari penggunaan abu sekam padi sebesar 9% dengan penambahan *superplasticizer* 0,99% menurunkan nilai dari kuat tekan sebesar 25,65 Mpa yang cukup jauh apabila dibandingkan dengan hasil kuat tekan pada beton konvensional sebesar 34,14 Mpa.

4. Judul : Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer
- Nama Peneliti : Yoga Sandya, Prihantono, dan Sittati Musalamah
- Kesimpulan : Hasil dari penelitian ini adalah *mix design* yang berguna untuk menentukan proporsi bahan yang akan digunakan untuk pembuatan beton geopolimer. Berdasarkan hasil perhitungan *mix design* yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan antara lain pertama Kandungan abu sekam padi memenuhi syarat sebagai pozzolan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen. Kedua perbedaan antara *mix design* beton normal dan beton geopolimer terletak pada penggunaan Na_2SiO_3 dan NaOH . Hal dikarenakan beton normal tidak perlu menggunakan alkali aktivator dalam proses pembuatannya dan Ketiga jumlah bahan-bahan penyusun beton geopolimer pada varian perbandingan alkali aktivator 65% : 35%, 70% : 30%, dan 75% : 25% adalah sama, hanya saja ada perbedaan jumlah pada Na_2SiO_3 dan NaOH .
5. Judul : Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Workabilitas, Resapan dan Kekuatan Tekan Beton
- Nama Peneliti : Retno Timurtiningrum
- Kesimpulan : Abu sekam padi mempunyai pengaruh terhadap nilai slump, kuat tekan dan resapan beton.

Semakin tinggi prosentase abu sekam padi pada campuran dapat menurunkan nilai slump yang berakibat pada turunnya tingkat workabilitas pada beton. Hal tersebut dikarenakan material abu sekam padi yang cenderung menyerap air sehingga beton yang mempunyai kadar abu sekam padi lebih tinggi membutuhkan banyak air dalam campurannya. Berdasarkan pengujian, abu sekam padi berpengaruh pada peningkatan kuat tekan. Kuat tekan optimum diperoleh campuran dengan prosentase abu sekam padi sebesar 8% yaitu 25,03 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 55% terhadap kuat tekan beton normalnya. Peningkatan tersebut terjadi karena abu sekam padi mempunyai sifat pozzolan, sehingga dapat bereaksi dengan Ca(OH)_2 dalam campuran dan menghasilkan sifat seperti semen. Abu sekam padi cenderung meningkatkan nilai resapan beton. Nilai resapan beton mengalami peningkatan pada campuran yang mempunyai kandungan abu sekam padi lebih banyak. Hal tersebut dikarenakan abu sekam mempunyai sifat menyerap air.