

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan suatu komposit atau campuran dari beberapa bahan batubatuan 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).

Menurut Tri Mulyono, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya 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. Nawy, 1985 mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. 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 banyak 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 – 1990-30:1 mendefinisikan beton sebagai campuran antara lain semen Portland (PC) atau

semen hidrolis ; agregat halus (pasir) ; agregat kasar (koral/split) dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

2.2 Keunggulan dan Kelemahan Beton

2.2.1 Kelemahan beton dan cara mengatasinya

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 2400 kg/m^3	Untuk elemen struktural: membuat beton mutu tinggi, beton prateka, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat memakai beton ringan
2.	Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.	Memakai beton bertulang atau pratekan
3.	Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan dilapangan. 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 pracetak.
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>)
5.	Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur	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)

2.2.2 Keunggulan beton

Menurut Paul Nugraha 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 / mobilisasi beton bisa dilakukan dengan mudah
2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
 - 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.

2.3 Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan, Kekuatan, dan Kegunaan

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

Tabel 2.2 Klasifikasi 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: <i>crane</i> , <i>loader</i> , 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

Kelas	Mutu	$'bk$ (kg/cm^2)	$'bm$ (kg/cm^2)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
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)

2.4 Material pengisi Pada Campuran Beton

2.4.1 Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda – beda. 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 fisika 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 bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdick dan K.M Brook, 1979).

c) Syarat mutu semen portland

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 pengikatan 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 terhadap sulfat.

Tabel 2.4 Syarat mutu kimia semen portland, SII.0013-81 (ASTM. C-150)

Uraian	Jenis semen				
	I	II	III	IV	V
MgO (%) maksimum	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
SO ₃ (%) maksimum	-	-	-	-	-
C ₃ A 8.0 (%)	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
C ₃ A 8.0 (%)	3.5	-	4.5	-	-
Hilang pijar (%) maksimum	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Bagian tak larut (%) maksimum	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Alkali sebagai Na ₂ O (%) maks	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
C ₃ S (%) maksimum	-	-	-	35	-
C ₂ S (%) maksimum	-	-	-	40	-
C ₃ A (%) maksimum	-	8	15	7	5
C ₃ AF + 2C ₃ A atau C ₄ AF + C ₂ F (%) maksimum	-	-	-	-	20
C ₃ S + C ₃ A (%) maksimum	-	58	-	-	-

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Tabel 2.5 Syarat mutu fisika semen portland, SII.0013-81 (ASTM. C-150)

No	Uraian	Tipe semen				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan					
	- Sisa diatas ayakan 0,09 mm(%) maksimum	10	10	10	10	10
	- Dengan alat vikat <i>blainey</i>	2800	2800	2800	2800	2800
2	Waktu pengikatan (<i>setting time</i>),					
	- Menggunakan alat “vicat	45	45	45	45	45
	Awal, menit minimum	8	8	8	8	8
	Akhir, jam maksimum					
3	- Menggunakan “Gillmore”	60	60	60	60	60
	Awal, menit minimum	10	10	10	10	10
	Akhir, jam maksimum					
4	Kekekalan; pemuaiian dalam <i>autoclave</i> , maksimum	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
4	Kekuatan tekan:	-	-	-	-	-
	1 hari kg/cm ² , minimum	-	-	125	-	-
	1+2 hari kg/cm ² , minimum	125	100	250	-	85
	1+6 hari kg/cm ² , minimum	200	175	-	70	150
	1+27 hari kg/cm ² , minimum	-	-	-	175	210
5	Peningkatan semu (<i>fase set</i>)	50	50	50	50	50
	Penetrasi akhir (%) minimum					
6	Panas hidrasi	-	-	-	-	-
	7 hari, cal/g, maksimum	-	70	-	60	-
	28 hari, cal/g, maksimum	-	80	-	70	-
7	Pemuaiian karena sulfat 14 hari (%) maks	-	-	-	-	0,45

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

2.4.2 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 / semen. Pasir adalah salah satu 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.

1. 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 %
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %
 - 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, mak 2 % dari berat
- Sisa di atas ayakan 1,2 mm, mak 10 % dari berat
- Sisa di atas ayakan 0,30 mm, mak 15 % dari berat

g. Tidak boleh mengandung garam

2. 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 organic 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. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat , bagian yg hancur mak 10 %.
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur mak 15 %.

3. Cara-cara memeriksa sifat-sifat pasir :

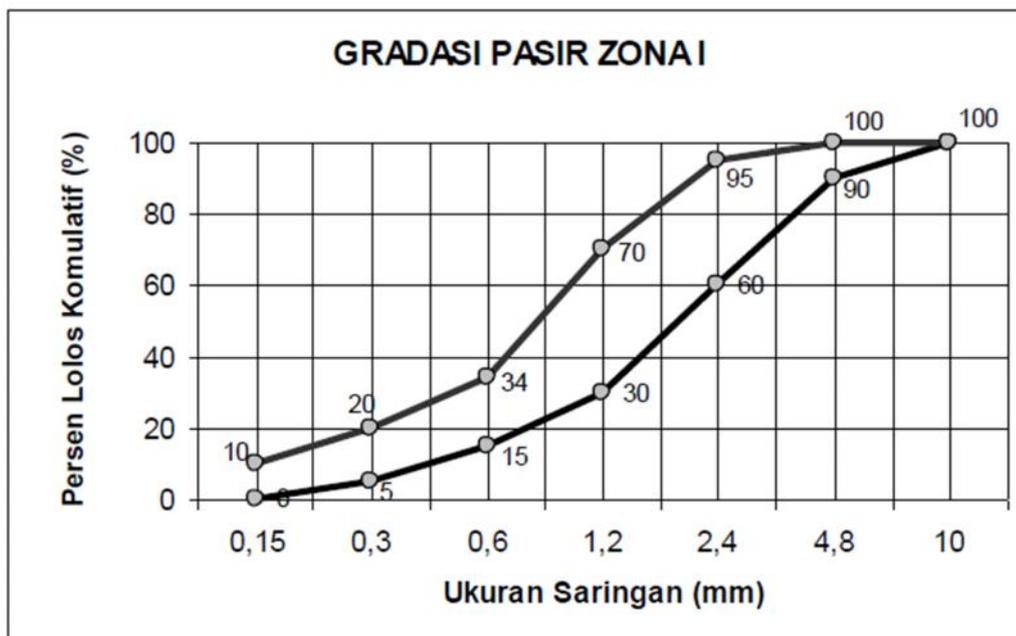
- a. Untuk mengetahui kandungan tanah liat/Lumpur pada pasir dilakukan dengan cara meremas atau menggenggam pasir dengan tangan. Bila pasir masih terlihat bergumpal dan kotoran tertempel di tangan, berarti pasir banyak mengandung Lumpur.
- b. Kandungan Lumpur dapat pula dilakukan dengan mengisi gelas 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 organic dilakukan dengan cara memasukkan pasir ke dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3 % . Setelah diaduk dan didiamkan selama 24 jam, warnanya dibandingkan dengan warna pembanding.

- d. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat.

Tabel 2.6 Gradasi agregat halus

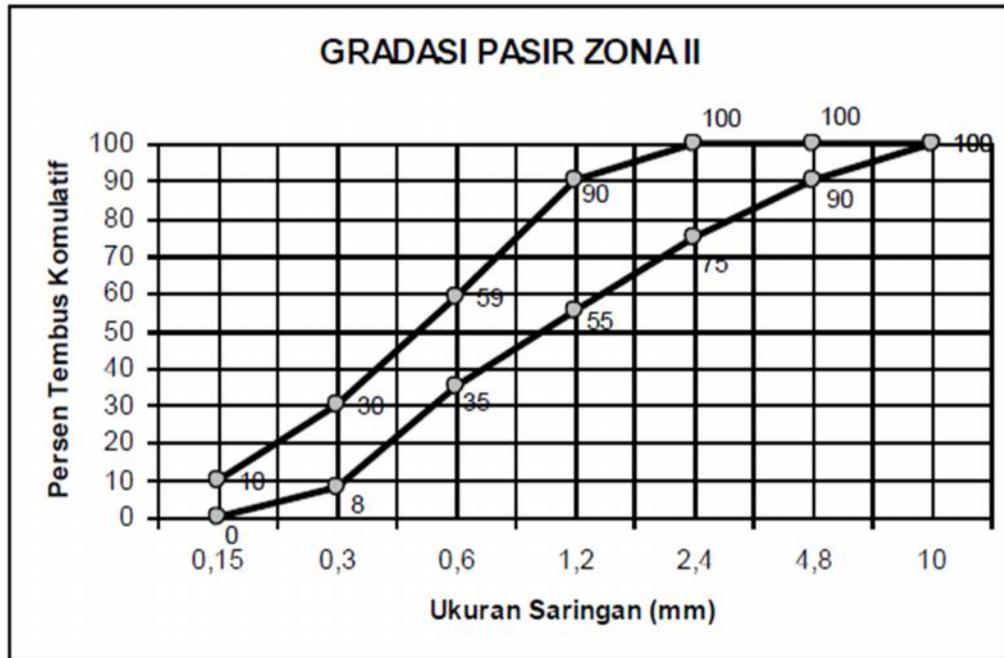
Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15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

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)



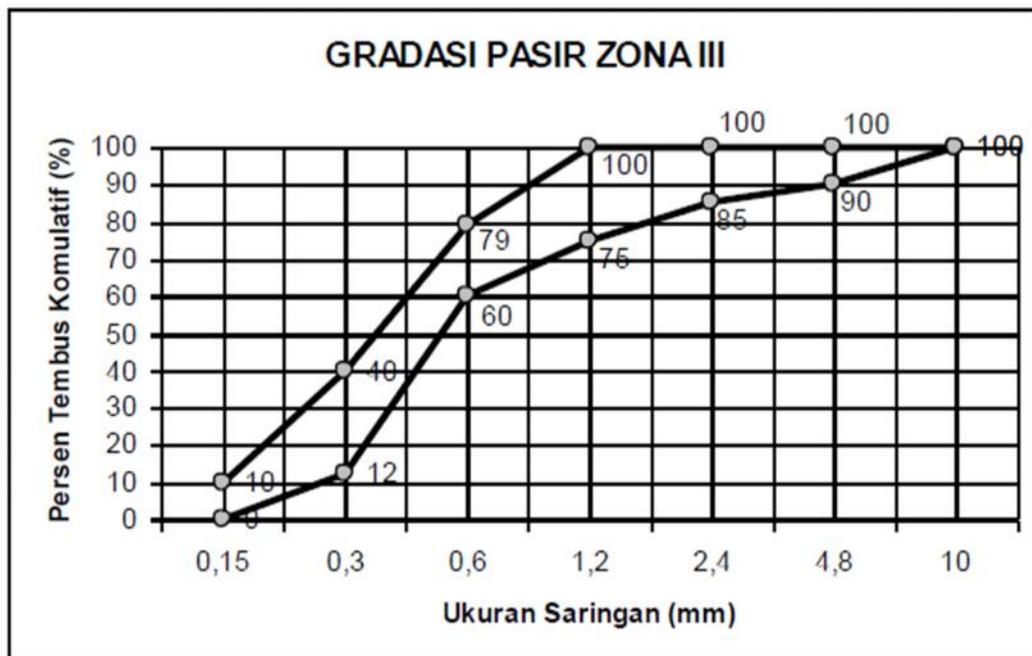
(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.1 Gradasi paasir zona I



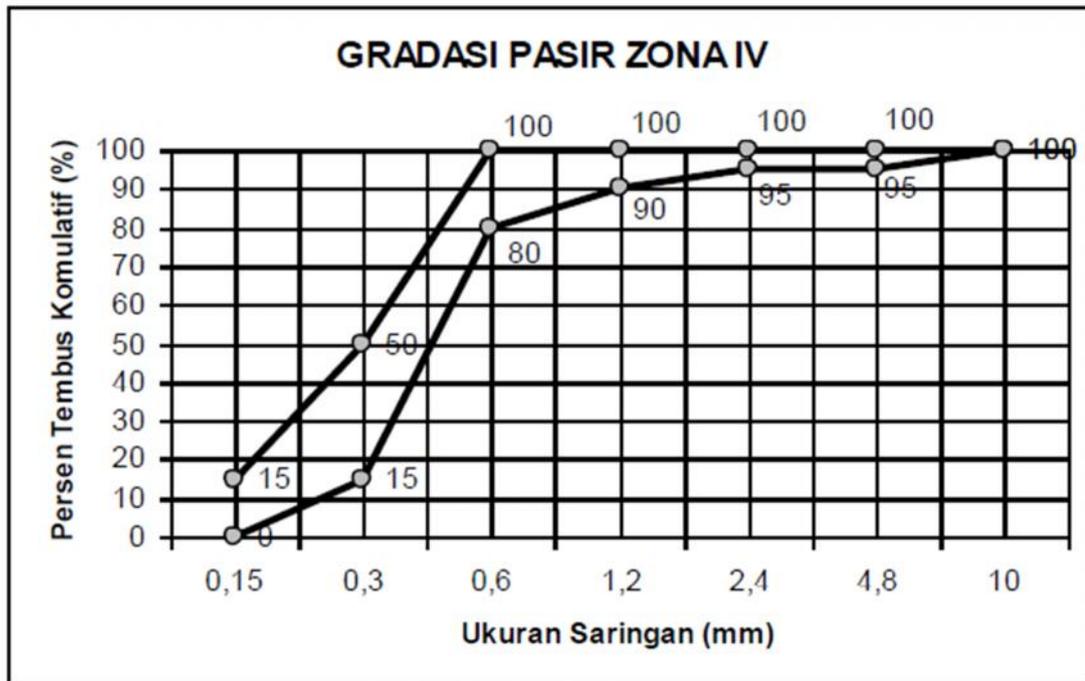
(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.2 Gradasi pasir zona II



(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.3 Gradasi pasir zona III



(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.4 Gradasi pasir zona IV

Menurut SII modulus kehalusan agregat kasar yaitu antara 6,0 - 7,1. Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Makin besar diameter maksimum maka semakin ekonomis. Berikut ini syarat gradasi agregat menurut ASTM C33:

Tabel 2.7 Syarat gradasi agregat sesuai ASTM C33

No. Ayakan	Ukuran ayakan (mm)	% Berat melalui ayakan			
		Agregat kasar		Agregat halus	
		Batas Bawah	Batas atas	Batas bawah	Batas atas
1 in	25	95	100		
3/4 in	19				
1/2 in	12,5	25	60		
3/8 in	10			100	100
No.4	5	0	10	95	100
No. 8	2,5	0	5	80	100
No. 16	1,2			50	85
No. 30	0,6			25	60
No. 50	0,3			10	30
No. 100	0,15			2	10
Pan					

(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

2.4.3 Air

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air imbah, 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 ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20 %. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra tegang ataupun

beton bertuang 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 (ACI 318- 89:2-2). 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 secara membasahi terus – menerus dan pada tahap perendaman beton. Air ini harus memenuhi syarat-syarat yang lebih tinggi dari pada 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).

2.4.4 Bahan Tambah (Abu Sekam Padi)

Secara umum bahan tambah 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 reaksi 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 di tempat terbuka. Melalui pembakaran secara terkontrol sekam diubah menjadi abu yang dapat merupakan 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. (Husin, 2003).

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 pozzollan (Dharma Putra, 2006). Abu sekam padi ini termasuk kedalam bahan tambah mineral (*additive*) yang mengandung pozzolan.



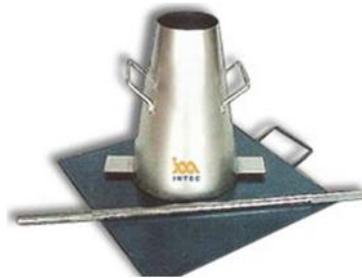
Gambar 2.5 Abu sekam padi

2.5 Slump Beton

Menurut SNI 03 – 1972 – 1990 Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / 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 2 peraturan standar yaitu PBI 1971 NI 2 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia) dan SNI 1972-2008 (Cara Uji Slump Beton).



Gambar 2.6 Alat slump beton

a. Berdasarkan PBI 1971 N.I-2

Pengukuran slump berdasar 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. SNI 1972-2008

Pengukuran slump berdasar 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



Gambar 2.7 Pengujian slump



Gambar 2.8 Pengukuran tinggi slump

2.6 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 kekuatan 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 parameter 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, dan
4. *Interface* (hubungan antar muka) antara pasta semen dengan agregat.

Menurut SNI : 03-1974-1990 dalam pelaksanaannya di lapangan, faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sebagai berikut:

1) Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu :

- a) Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b) Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)
Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai FAS minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan merupakan beton yang terbaik (*Murdock & Brooks, 1979*).

2) Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan gradasi butiran agregat, (agregat halus maupun agregat kasar). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (*Nawy, 1998*).

3) Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

4) Bahan tambah

Bahan tambah yang digunakan adalah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak digunakan

untuk penyemenan (*cementitious*), jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja.

Tabel 2.8 Rasio Kuat Tekan Silinder-Kubus

Kuat Tekan (Mpa)	7.0	15.2	20.0	24.1	26.2	34.5	36.5	40.7	44.1	50.3
Kuat Rasio Silinder/Kubus	0.76	0.77	0.81	0.87	0.91	0.94	0.87	0.92	0.91	0.96

(Sumber :Neville, "properties of concrete", 3rd Edition, Pitman Publishing, London 1981)

Tabel 2.9 Perbandingan Kuat Tekan Antara Silinder Dan Kubus

Kuat Tekan Silinder (Mpa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat Tekan Kubus (Mpa)	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55

(Sumber: ISO Standard 3893-1977)

Berikut ini merupakan hubungan antara kuat tekan kubus dan silinder:

$$f'_{ck} = (f'_c - \frac{19}{\sqrt{f'_c}}) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$f'_c = (f'_{ck} - \frac{19}{\sqrt{f'_{ck}}}) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$f'_c = (0,76 + 0,2 \log (\frac{f'_{ck}}{15})) f'_{ck} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

f'_c adalah kuat tekan silinder (MPa), dan

f'_{ck} adalah kuat tekan kubus (MPa)

Rumus kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk kubus:

$$(f'_c) = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

adalah kuat tekan (Mpa)

P adalah beban maksimum (Kg)

A adalah luas penampang (m^2)

2.7 Perawatan (*curing*)

Curing 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 di dalam 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 pengukuran *curing* sesegera mungkin setelah beton dicetak. *Curing* merupakan hal yang kritis untuk membuat permukaan beton yang tahan.

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 di dalam yang dihasilkan oleh proses ini demi mengoptimalkan pembekuan dan kekuatan semen. Pengaturan suhu di dalam 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 lain-lain.

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 mungkin 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, 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 plaster, pekerjaan lantai, dll) 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, kehilangan kekuatan akan 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 lain-lain diproduksi massal. *Curing* uap air menurunkan waktu curing dibandingkan dengan curing air biasa lebih kurang sekitar 50 – 60%. Prinsip kerja curing 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 pemanasan 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 sampai 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 massal. 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.

2.8 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 excel. Adapun analisis yang akan dilakukan antara variabel dan persamaan hubungannya.

2. 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^2) yang didapat.

3. Uji regresi

Regresi adalah pengukur dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau dua fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi simbol X dan variabel tak bebas dengan simbol Y. Untuk memperkirakan hubungan antara dua variabel tidak mungkin tanpa membuat asumsi terlebih dahulu mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Fungsi linier sering digunakan sebagai pendekatan atas hubungan yang bukan linier. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- Y : Subjek dalam variabel dependen yang diprediksikan
- a : Harga Y bila X = 0 (nilai konstan)
- b : Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel independent. Bila b (+) maka baik, dan bila b (-) maka terjadi penurunan.
- X : Subjek pada variabel independent yang mempunyai nilai tertentu.

2.9 Penelitian Sejenis

Berikut ini merupakan beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan dan menjadi literatur dan referensi tambahan bagi penulis, yaitu:

- a. Judul : Analisis Kemampuan Beton Ringan-Abu Sekam Padi
 Nama peneliti : Indah Putri Kusumaningtyas
 Kesimpulan : Terjadinya kenaikan dan penurunan kuat tekan beton (terhadap kuat tekan beton 0% abu sekam padi akibat pengurangan dan penambahan jumlah semen+abu sekam padi dalam beton.
- b. Judul : Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Beton K-400
 Nama penguji : Drs. Djaka Suhirkam, S.T., M.T. dan Ir. A. Latif, MT

Kesimpulan : Semakin besar persentase penggantian semen dengan abu sekam padi (2,5 % sampai 10 %) kekuatannya semakin besar baik kuat tekan maupun kuat tariknya, akan tetapi semakin besar persentase penggantian abu sekam padi slumpnya semakin menurun sehingga kelecakannya menurun dan sulit untuk pengerjaannya.

c. Judul : Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton

Kesimpulan : Kuat tekan beton meningkat setelah penambahan campuran serbuk kayu sebanyak 5 gr/kubus terjadi peningkatan kuat tekan dibanding beton sebelum penambahan serbuk kayu.

d. Judul : Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Cangkang Kemiri Terhadap Sifat Mekanis Beton

Nama peneliti : Sandro Janesra Gurning dan Nursyamsi

Kesimpulan : Penambahan abu sekam padi dapat mengurangi jumlah panjang, dan lebar retak pada pelat akibat shrinkage. Semakin besar penambahan abu sekam padi maka retak semakin berkurang dan Abu sekam padi mengandung semua unsur kimia utama semen meskipun dalam persentase yang lebih rendah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen.

e. Judul : Pengaruh Pemanfaatan Abu Kertas Dan Abu Sekam Padi Pada Campuran Powder Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Self-Compacting Concrete

Nama peneliti : Ir. Krisnamurti, M.T.

Kesimpulan : Abu kertas maupun abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran powder Self Compacting Concrete.