

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan suatu campuran terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang juga satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, untuk kemudahan pengerjaan (*workability*), *durabilitas*, dan waktu pengerasan. (Mc.Cormac, 2004).

Secara singkat beton dibentuk oleh pengkerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Kadang kadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan.

Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dari ukuran butir yang paling kecil (lembut) ke butir yang besar, yaitu :semen, pasir, dan kerikil. Jika campuran beton menggunakan semen 1 : 2 : 3, berarti campuran adukan betonnya menggunakan semen 1 bagian, pasir 2 bagian, dan kerikil 3 bagian.

2.1.1 Jenis – jenis Beton

Dalam konstruksi, beton merupakan sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk umum beton

adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Ada variasi jenis beton antara lain :

2.1.1.1 Beton Normal

Dalam konstruksi, beton merupakan sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk umum beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Ada variasi jenis beton antara lain

2.1.1.2 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi ialah beton memiliki kekuatan yang relatif cukup besar yaitu kuat tekan minimal $> 41,4$ MPa (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Beton mutu tinggi biasanya digunakan untuk elemen struktur yang memikul beban yang besar misalnya balok *girder* jembatan, *pier*, *poer*, *spun pile* pondasi, *sheet pile*, elemen struktur bangunan tingkat tinggi dll.

Beton mutu tinggi pada umumnya selain memiliki kuat tekan yang tinggi juga memiliki kelemahan yaitu meningkatnya tingkat getasnya, oleh karena itu biasanya beton mutu tinggi dimodifikasi dengan material serat/batang fiber untuk meningkatkan tingkat daktilitasnya. Beton mutu tinggi dalam proses pembuatannya (*Mix Design*) selalu menjaga kadar air semen (*Water/Cement Ratio*) yaitu berkisar 0,2-0,3 agar tingkat porositas dalam beton dapat berkurang, tetapi saat dalam pelaksanaan tidak menghilangkan sifat *workability* dengan penambahan bahan kimia *superplasticizer*.

Terus diteliti dan dikembangkan teknologi beton mutu tinggi terus diteliti dan dikembangkan, sebagai contoh perubahan beton mutu tinggi menjadi beton

berkinerja tinggi (*Ultra High Performance Concrete -UHPC*) dengan kuat tekan dapat mencapai $f_c' = 240$ MPa dan kini sedang dikembangkan beton reaktif yang dikenal dengan istilah *Reactive Powder Concrete - RPC* dengan menggunakan material reaktif berukuran mikro – nano seperti silika dan Quartz. Menggunakan beton mutu tinggi dimensi beton dapat direduksi sehingga secara otomatis dapat mengurangi bobot massa struktur bangunan. Beberapa percobaan, beton mutu tinggi sendiri cenderung mengurangi penggunaan ukuran agregat kasar yang besar tetapi lebih dititik beratkan pada tingkat kehalusan, kekerasan dari agregat yang digunakan.

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

1. Penelitian ini dilakukan oleh (Hepiyanto & Firdaus, 2019), penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang ditambahkan oleh Abu Bonggol Jagung yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Jagung Bonggol terhadap kuat tekan beton dengan variasi persentase 0%, 4%, 8%, dan 12% dari berat semen. Nilai beton normal beton 28 hari (19,96 Mpa) 203,24 (kg / cm²) sedangkan dengan substitusi abu tongkol jagung 4% (33,04 Mpa) 336,80 (kg / cm²), 8% (30,79 MPa) 313,57 (kg / cm²), 12% (28,20 Mpa) 287,44 (kg / cm²). Maka dapat disimpulkan bahwa semua varian melebihi target yang diinginkan, nilai substitusi abu tongkol jagung yang optimal adalah pada varian 4% yaitu 33,04 Mpa, 336,80 (kg / cm²).
2. Penelitian ini dilakukan oleh (Dhana & Putra, 2019), Universitas Islam Lamongan Judul “Analisis pengaruh pemakaian material kerikil gunung kecamatan mantup dan serat alami eceng gondok terhadap kuat tekan dan

kuat lentur beton”, Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana kerikil dari Mantup menggantikan kerikil biasa dan penambahan serat eceng gondok dihitung dari proporsinya berat semen yang digunakan. Dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder maka dibuatlah 3 benda uji untuk masing-masing benda persentase sampel serat eceng gondok, sehingga hasil kuat tekan beton dihasilkan yang didapat nanti bisa dibandingkan dengan hasil. Berdasarkan uji kuat tekan beton, nilai kuat tekan umur 7 hari yang kemudian dikorelasikan dengan umur 28 hari yaitu 0% (9,30 Mpa), 4% (6,61 Mpa), 6% (5,66 Mpa), dan 8% (3,77 Mpa)

3. Penelitian ini dilakukan oleh (Saputro & Hepiyanto, 2018), berdasarkan penelitian ini dilakukan dengan mencampur beton dan sebuk limbah bata putih sebagai bahan tambah semen dengan komposisi 5% dan 10%. Nilai kuat tekan beton tertinggi diperoleh dari komposisi campuran limbah bata putih penambahan 5% yang mencapai nilai 18,20 Mpa pada umur 28 hari. Sedangkan komposisi campuran 10% menurun kuat tekan beton sebesar 16,07%.
4. Penelitian ini dilakukan oleh (Tri Cahyono & Rahma Dhana, 2019), dari hasil penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan pada variasi penambahan eceng gondok 1% dan 3% tetapi mengalami peningkatan pada variasi 5%. Diketahui korelasi kuat tekan beton umur 28 hari adalah 0% sebesar 86,27 Kg/cm², 1% sebesar 60,66 Kg/cm², 3% sebesar 55,27 Kg/cm² dan 5% sebesar 57,97 Kg.cm².

5. Penelitian ini dilakukan oleh (Sucahyo et al., 2020), hasil nilai konversi kuat tekan benda uji pada umur 7 hari ke umur 28 hari dari benda uji N, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 271,80 kg/cm², 205,12 kg/cm², 102,57 kg/cm², 76,92 kg/cm² dan 64,11 kg/cm². Pada kode benda uji normal paving block tergolong dalam mutu kelas B, sedangkan pada kode benda uji 5% tergolong dalam mutu kelas B, untuk kode benda uji 10%, 15%, dan 20% tidak memenuhi standar mutu paving block.
6. Penelitian ini dilakukan oleh (Dwi Kartikasari¹, 2018) , hasilnya adalah paving block K-200 mengalami penurunan kekuatan kuat tekan setelah diberi campuran serat enceng gondok. Persentase penurunan terendah adalah pada campuran 0, 2 sebesar 55, 69% dan penurunan tertinggi pada campuran 0, 8 dengan presentase penurunan sebesar 82, 39%. Nilai kuat tekan untuk setiap benda uji adalah: Normal 209, 53 kg/cm², 2% dari 92, 86 kg/cm², 4% dari 84, 53 kg/cm², 6% dari 58, 33 kg/cm², dan 8% dari 36, 90 kg/cm².
7. Penelitian ini dilakukan oleh (Dhana et al., 2018) , dari hasil pengujian, hasil menunjukkan bahwa rata-rata kekuatan lentur adalah sebagai berikut: campuran beton kain denim 0,1% (I), kekuatan lentur rata-rata 1,91 Mpa, 0,2% (II), kekuatan lentur rata-rata 2,15 Mpa, 0,8% (III), kekuatan lentur rata-rata 1,81 Mpa, 0,9% (IV), kekuatan lentur rata-rata 1,44 Mpa, sedangkan skor kekuatan lentur sesuai dengan standar dalam hal kekuatan tekan adalah 2,36 Mpa. Hasil
8. Penelitian ini dilakukan oleh (Saputra & Hepiyanto, 2017) , penelitian dilakukan dengan menggunakan 3 jenis air yaitu air PDAM, air laut, air

limbah. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Masing – masing sampel dibuat 3 spesimen pada umur 7 hari. Nilai kuat tekan adalah 13.552 Mpa, 8.759 Moa, 10.296 Mpa. Nilai kuat tekan Air PDAM pada 7 hari mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai kuat tekan air laut mengalami penurunan dibandingkan dengan meningkatnya limbah.

9. Penelitian ini dilakukan oleh (Putra, 2020), Berdasarkan dari hasil pengujian kuat tekan beton terhadap beton normal dan beton campuran serbuk kayu surian pada umur 28 hari didapatkan kuat tekan beton normal sebesar 14,5 MPa, sedangkan pada campuran serbuk kayu dengan persentase 2% didapatkan kuat tekan beton sebesar 14,14 MPa, campuran 3% didapatkan kuat tekan sebesar 12,88 MPa dan pada campuran 5% didapatkan kuat tekan beton sebesar 12,03 MPa.
10. Penelitian ini dilakukan oleh (Mulyanto, 2015), Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai kuat tekan terbesar pada setiap umur pengujian adalah 40.89 MPa pada umur 14 hari, 49.89 MPa pada umur 28 hari dan 59.56 MPa pada umur 56 hari. Kuat lentur terbesar 6.60 MPa, Modulus elastisitas 56,588 MPa dan serapan air 1.85 %. Dari hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa kuat tekan beton dengan penambahan penggunaan fly ash 50 % sebagai pengganti semen dapat meningkatkan kuat tekan beton dari 14 hari sampai 56 hari.
11. Penelitian (Sahrudin & Nadia, 2016), berdasarkan penelitian menunjukkan untuk setiap variasi persentase serat tidak dapat meningkatkan kuat tekan

beton dan penurunan terbesar pada variasi serat 10%, yaitu sebesar 20,15% dari kuat tekan normal. Sedangkan kuat lentur, peningkatan maksimum pada variasi serat 10%, yaitu sebesar 19,77% dari kuat lentur normal. Berdasarkan persamaan regresi linier komposisi optimum serat yang dapat meningkatkan kuat lentur dengan kuat tekan masih dalam batasan kuat tekan rencana, yaitu pada variasi 12 % serat dengan kuat lentur 3,99 Mpa (meningkat 14,33% dari kuat normal) dengan kuat tekan 20 Mpa.

12. Penelitian oleh (Mohammad Fajri Assalam¹, Muhammad Farhan Hardian², 2019), penelitian ini bertujuan untuk meneliti karakteristik beton SCC dengan bahan tambah abu sekam padi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan membuat benda uji berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik ($d = 15 \text{ cm}$, $t = 30 \text{ cm}$) dengan total 60 benda uji. Penelitian ini menggunakan material abu sekam padi sebagai bahan tambah semen dengan presentase 0%, 5%, 10% dan 15% pada campuran beton SCC. Sifat beton segar yang diteliti terdiri dari slumpflow T50, waktu ikat awal, dan berat isi beton segar. Sifat beton keras yang diteliti terdiri dari kuat tekan dan kuat tarik beton. Dari hasil penelitian didapatkan (1) penggunaan bahan tambah abu sekam padi sebesar 5% dapat meningkatkan workability sebesar 9.09%, (2) penggunaan bahan tambah abu sekam padi sebesar 5% dapat mempercepat waktu ikat sebesar 25.49%, (3) penggunaan bahan tambah abu sekam padi sebesar 5% dapat menurunkan kuat tekan sebesar 6.37%, tetapi penggunaan bahan tambah abu sekam padi sebesar 10%

dapat meningkatkan kuat tekan. (4) penggunaan bahan tambah abu sekam padi mengakibatkan turunnya nilai kuat tarik.

13. Penelitian oleh (Citrakusuma, 2012), dari semua hasil pengujian pada saat beton segar maupun kuat tekan, variasi superplasticizer yaitu 1,2%, 1,3%, 1,4%, 1,5% dan 1,6% memenuhi persyaratan yang SCC tetapkan. Pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada prosentase superplasticizer 1,5% yaitu sebesar 1024,14 kg/cm² dengan nilai f.a.s 0,288. Proporsi beton SCC yaitu semen, pasir, kerikil dan air dapat diperoleh dengan menggunakan metode DoE namun dengan krikil ukuran maksimal 10mm, faktor air semen maksimal 0,3 dan menggunakan bahan tambah berupa superplasticizer.
14. Penelitian oleh (Chou, 2012), hasil penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Beton Balai Irigasi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan diperoleh nilai slump menurun dari nilai rencana slump yaitu 12cm, dengan penambahan abu terbang 20% menurun menjadi 11,5cm, penambahan abu terbang 30% nilai slump menurun menjadi 10cm, penambahan abu terbang 40% nilai slump menurun menjadi 7cm dan penambahan abu terbang 50% nilai slump menurun menjadi 3cm. Kuat tekan maksimum diperoleh pada campuran tambahan abu terbang pada proporsi 40% dengan kuat tekan 349,5 kg/cm² terjadi peningkatan mutu sebesar 35,83% dari beton konvensional. Dan dari hasil pengujian porositas diperoleh nilai kekedapan maksimum pada proporsi campuran tambahan beton 50%

dengan nilai kekedapan (porositas) sebesar 1,134-10. Secara umum dengan penambahan abu terbang sebesar 40% terhadap berat semen dengan mutu rencana K-225 memiliki kuat tekan 349,5 Kg/m² .

15. Penelitian oleh (Widianto, 2020), hasil yang diperoleh dalam pengujian ini menunjukkan workability yakni untuk uji slump flow dengan hasil 69 cm, 70,4 cm, 72 cm, 75 cm, dan 76,3 cm pada masing-masing prosentase proporsi abu ampas tebu, untuk uji L-shaped box dengan hasil 0.85, 0.87, 0.92, 0.92, 0.95, dan uji V-funnel dengan hasil 11.2 s, 10,7 s, 9,6 s, 9,3 s, 9,3 s. Hal ini menunjukkan pengujian beton scc telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Untuk pengujian beton setelah mengeras yakni menghasilkan kuat tekan optimum pada prosentase 3% dengan nilai 75,43 Mpa dan uji modulus sebesar 34870,297 Mpa, adapun hasil kuat tarik belah dari semua proporsi yang mengalami penurunan secara menerus dari prosentase 0%,3%,5%,7% dan 10% dengan hasil 4,06 Mpa, 3,98 Mpa, 3,66 Mpa, 3,16 Mpa dan 2,83 Mpa. Dapat diambil kesimpulan bahwa abu ampas tebu dapat menaikkan kuat tekan dari beton namun tidak dapat menaikkan kuat tarik belah beton.
16. Peneliti oleh Jeri Radita Prihandani "Pengaruh Limbah Keramik Dalam Proyek Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K250" Dalam penelitian ini dilakukan metode penelitian dengan memanfaatkan limbah keramik dengan analisis ayakan (sieve analysis), specific gravity dari limbah keramik dan agregat, setting time, dan slump test. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian di Laboratorium

sesuai dengan data-data dari studi pustaka menggunakan standart SNI beton.

Dari hasil uji kuat tekan beton normal dengan

17. Penelitian oleh Abdul Jabbar "Studi Penggunaan Pasir Laut Paciran Untuk Campuran Beton K-175" bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir laut paciran terhadap campuran beton. Untuk mengetahui hasil kuat tekan beton pasir laut paciran terhadap campuran beton, Untuk mengetahui suatu masalah yang terdapat dalam penelitian penggunaan pasir laut paciran terhadap campuran beton. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder berukuran diameter 15cm dengan tinggi 30 cm dan membandingkan hasil kuat tekan beton yang menggunakan pasir paciran dengan beton campuran biasa setelah berumur 7 hari berdasarkan hasil uji kuat tekan rata-rata pasir laut paciran yang dihasilkan setelah beton berumur 7 hari mencapai 13,94 MPa sehingga melebihi dari persyaratan minimal kuat tekan beton yang telah ditetapkan yaitu 9,42 MPa. dari hasil penelitian ini didapat penemuan kuat tekan beton pasir laut paciran yang lebih unggul dari kuat tekan beton normal disebabkan pada saat pencampuran beton normal tercampur material pasir yang kualitasnya jelek banyak kotoran/lumpur yang tercampur dan menyebabkan kekuatan beton normal kurang baik dan lebih unggul dibeton pasir laut paciran.
18. Penelitian ini dibuat oleh (Satria et al., 2019), berdasarkan hasil penilitian didapat bahwa hanya kadar fly ash 70% yang memenuhi seluruh persyaratan pengujian beton SCC. Berikutnya terdapat nilai kuat tekan beton optimum terhadap variasi kadar fly ash terdapat pada umur 90 hari pada kadar fly ash

65,08%. Selanjutnya telah didapat suatu kadar fly ash yang memenuhi parameter beton mutu tinggi dan beton memadat mandiri (SCC) pada umur uji 14 hari, 28 hari dan 90 hari yaitu pada kadar fly ash 70%.

19. Penelitian oleh (Isnawati, 2015), Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Hasil penelitian diperoleh bahwa pengaruh penambahan agregat limbah plastik terhadap kuat tekannya adalah semakin banyak agregat limbah plastik dicampurkan dalam komposisi semen, maka kuat tekannya semakin tidak kuat. Dimana masa perendaman terhadap kuat tekan beton yaitu semakin lama masa perendaman maka kuat tekan beton semakin bagus.
20. Penelitian oleh (Tunrip, 2016), Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Pengujian beton dilakukan dengan alat uji kuat tekan beton, pengujian beton dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Hasil pengujian tersebut menunjukkan hasil kuat tekan beton murni atau tanpa campuran limbah beton 0% pada umur 28 hari sebesar 204.98 kg/cm². sedangkan hasil kuat tekan beton dengan menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada umur 28 hari dengan prosentase 25%, 50%,

2.3 Pengertian Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) adalah campuran beton yang dapat memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat (*vibrator*). SCC dapat memadat ke setiap sudut dari struktur bangunan dan dapat mengisi tinggi

permukaan yang diinginkan dengan rata (*self leveling*) tanpa mengalami *bleeding* dan segregasi.

Keuntungan - keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan *Self Compacting Concrete* (SCC) antara lain :

1. Mengurangi lamanya konstruksi dan besarnya upah pekerja.
2. Pemadatan dan penggetaran beton yang dimaksudkan untuk memperoleh tingkat kepadatan optimum dapat dieliminir.
3. Mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitarnya.
4. Meningkatkan kepadatan element struktur beton dan bagian yang sulit dijangkau dengan alat pemadat, seperti *vibrator*
5. Meningkatkan kualitas struktur beton secara keseluruhan. (Slamet Widodo,tanpa tahun) Pada studi pustaka ini akan dijelaskan material dan karakteristik dari *Self Compacting Concrete* (SCC).

2.4 Karakteristik Slef Compacting Concrete (SCC)

Suatu beton dikatakan SCC apabila sifat dari beton segar memenuhi kriteria sebagai berikut yaitu:

a. *Filling Ability*

Kemampuan campuran beton segar mengisi ruangan atau cetakan dengan beratnya sendiri, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan filling maka beton segar diuji menggunakan alat *slump cone*, dengan waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm (SF50) 3 – 15 detik dan diameter maksimum yang dicapai aliran beton (SFmax) 65 – 75 cm.

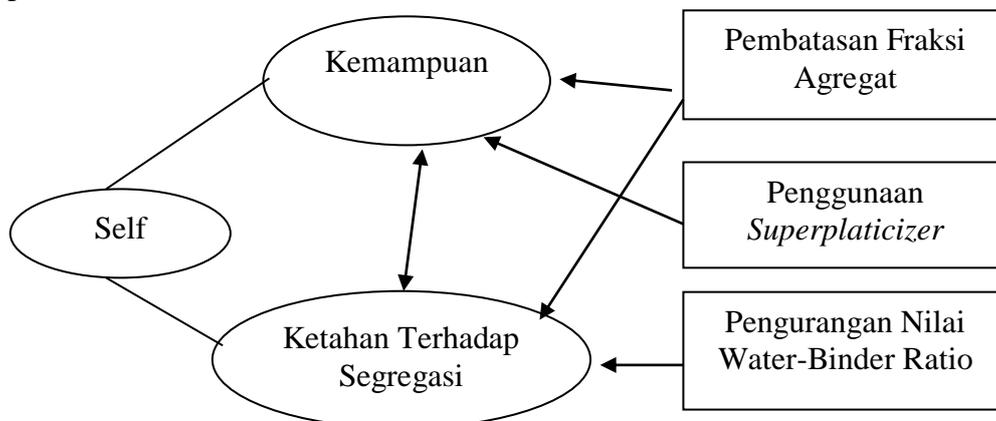
b. *Passing Ability*

Kemampuan campuran beton segar untuk melewati celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat L-Shape Box, dengan perbedaan tinggi yang diperlukan aliran beton arah horizontal (H_2/H_1) lebih besar dari 0,8. (EFNARC, 2005)

c. *Segregation Resistance*

Ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *V-Funnel*, dengan waktu yang diperlukan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* antara 7 – 13 detik. (Japan Society of Civil Engineers, 2007)

Konsep dasar yang diterapkan dalam proses produksi SCC ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip dasar produksi *self compacting concrete*

Sumber : Google

Tabel 2.1 Sifat struktural beton SCC

Keterangan	SCC
Faktor Air Semen (%)	25 – 40
Rongga Udara (%)	4,5 – 6,0
Kuat Tekan (28 hari) (MPa)	40 – 80
Kuat Tekan (91 hari) (MPa)	55 – 100
Kuat Tarik (28 hari) (MPa)	2,4 – 4,8
Modulus Elastisitas (GPa)	30 – 36
Susut Regangan ($\times 10^{-6}$)	600 – 800

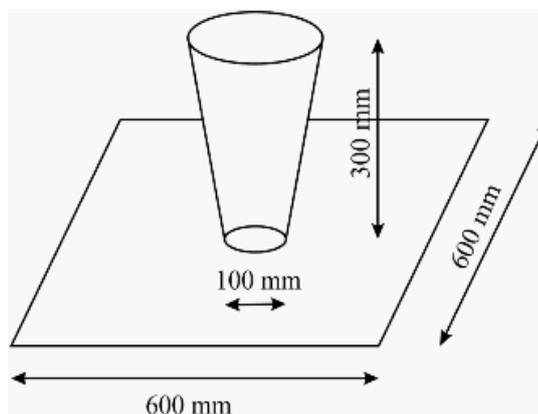
Sumber: Ouchi et al. 2003

2.5 Metode Tes

Metode test yang telah dikembangkan untuk menentukan karakteristik beton SCC yang bisa mewakili ketiga syarat di atas adalah sebagai berikut.

2.5.1 Slump Flow Test

Metode test yang telah dikembangkan untuk menentukan karakteristik beton SCC yang bisa mewakili ketiga syarat di atas adalah sebagai berikut.



Gambar 2.2 Alat slump flow test
Sumber : Google

Cara kerja alat *Slump Cone* :

- a *Slump Cone* diletakkan dengan posisi diameter yang kecil diletakkan di bawah. Di bagian dasar alat ini diletakkan papan yang datar.
- b Campuran beton dimasukkan dalam *Slump Cone* sampai penuh. Campuran beton tersebut tidak boleh dirojak.
- c *Slump Cone* diangkat secara perlahan.
- d Waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm dicatat (SF50), 3 – 6 detik.
- e Diameter maksimum yang dicapai aliran beton dicatat (SFmax), 65 – 75 cm.

2.5.2 L-Shape Box Test

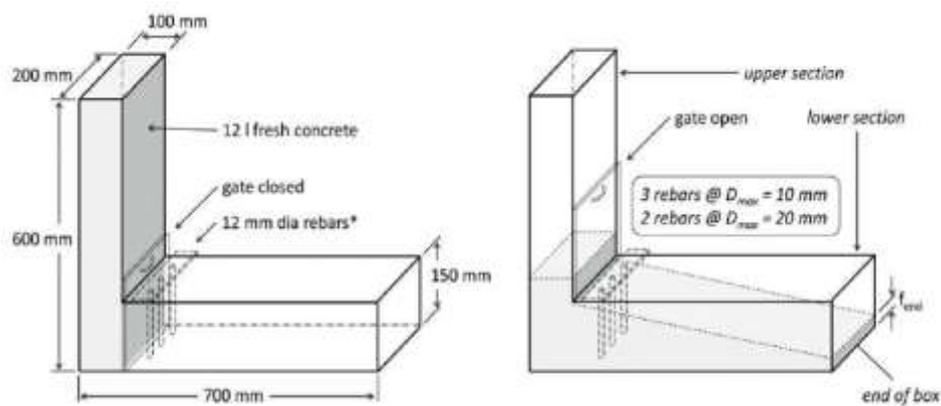
L-shaped Box atau disebut juga dengan *Swedish Box* adalah alat berbentuk huruf L yang terbuat dari besi. Alat ini berfungsi untuk menguji *passing ability* dari SCC. Pada alat ini, antara arah horizontal dan vertical dibatasi dengan sekat penutup yang terbuat dari besi yang dapat dibuka dengan cara ditarik ke atas. Di depan sekat penutup tersebut terdapat halangan berupa tulangan baja yang berfungsi untuk menguji kemampuan campuran beton dalam melewati tulangan yang sesuai dengan keadaan di lapangan. (Gambar 2.3)

Selanjutnya dengan *L-Shape-Box test* akan didapat nilai *blocking ratio* yaitu nilai yang didapat dari perbandingan antara H_2 / H_1 . Semakin besar nilai *blocking ratio*, semakin baik beton segar mengalir. Untuk test ini kriteria yang umum dipakai baik untuk tipe konstruksi vertikal maupun untuk konstruksi horisontal disarankan mencapai nilai *blocking ratio* antara 0,8 sampai 1,0.

Cara kerja alat *L-shaped Box* :

- Sekat penutup ditutup.
- Campuran beton segar diisikan pada arah vertikal sampai jenuh.
- Sekat penutup ditarik ke atas sampai terbuka sehingga campuran beton segar mengalir ke arah horizontal.
- Perbedaan tinggi aliran beton arah horizontal dicek.

Syarat-syarat passing ability yang harus dipenuhi oleh SCC adalah nilai Passing ability (PA) 0,8 – 1,0, dimana nilai PA didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:



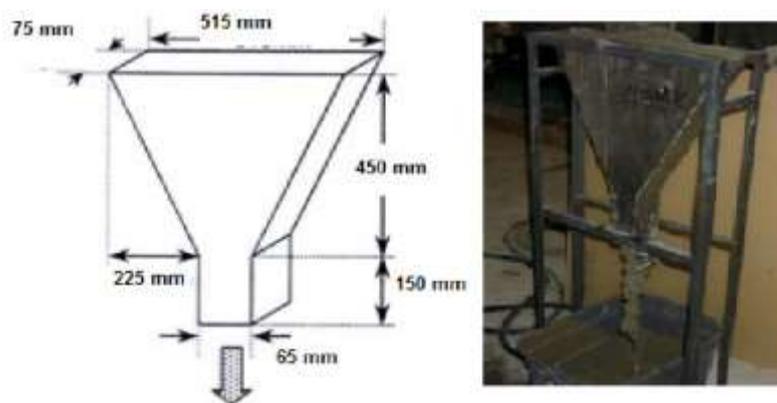
Gambar 2.3 Alat *l-shape box*
Sumber : Google

2.5.3 V-Funnel Test

Metode pengujian ini berguna untuk mengevaluasi ketahanan segregasi material beton SCC. Alat yang digunakan adalah *v-funnel* seperti terlihat pada gambar 2.4 (Ouchi, dkk, 2003).

Cara kerja alat *V-Funnel tes*:

- a Penutup bagian bawah ditutup.
- b Campuran beton segar diisikan pada *V-Funnel* sampai jenuh.
- c Penutup bagian bawah dibuka sehingga campuran beton segar mengalir.
- d Catat lama waktu beton mengalir hingga *V-Funnel* kosong.



Gambar 2.4 Alat *v-funnel test*
Sumber : Google

2.5.4 Pengujian Kuat Tekan

Alat uji tekan beton yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Alat uji kuat tekan beton
Sumber : Google

Nilai kuat tekan beton dihitung dengan persamaan berikut :

$$f_c' = \frac{P \times 100}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : P = kuat tekan pada bacaan alat (kN)
 A = luas penampang beton (cm²)
 f_c' = kuat tekan beton (kg/cm²)

Karena beton yang diuji berbentuk silinder diameter 10cm maka kuat tekan harus dikonversikan ke beton silinder diameter 15cm kemudian dikonversikan lagi ke beton bentuk kubus ukuran 15x15x15 cm, yang kemudian beton dikalibrasikan pada umur 28 hari, dimana nilai konversi silinder diameter 10cm-15cm adalah 1,04 dan silinder diameter 15cm ke kubus nilai konversinya adalah 0,83. Berikut cara perhitungannya :

$$f_c' = \frac{P \times 100}{A \times 1,04 \times 0,83 \times \text{kalibrasi}} \dots\dots\dots(2.2)$$

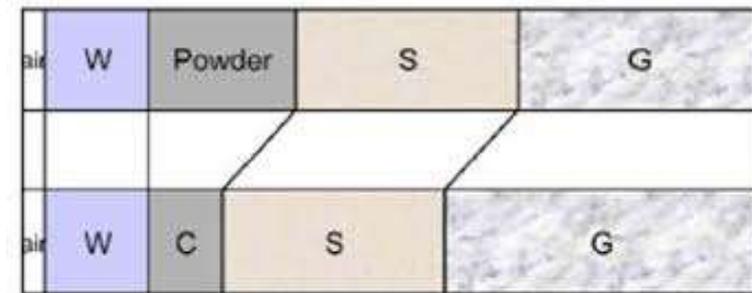
Tabel 2.2 Nilai kalibrasi beton

Hari	Nilai Kalibrasi
3 hari	0,4
7 hari	0,65
14 hari	0,88
21 hari	0,95
28 hari	1

Sumber : PBI – 1971

2.6 Material Self Compacting Concrete (SCC)

(Okamura & Ouchi, 2003) membandingkan beton konvensional dengan SCC dari sisi proporsi pencampurannya, yang ditunjukkan pada gambar 2.6 :



Gambar 2.6 Perbandingan beton normal dengan SCC
 Sumber : Ouchi, Okamura, 2003

Keterangan: W = water S = sand
 C = cement G = gravel

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada volume yang sama, komposisi material yang diperlukan SCC dan beton konvensional adalah berbeda. Komposisi powder pada SCC lebih banyak dibandingkan komposisi semen pada beton konvensional, powder pada SCC dapat berupa semen ataupun berupa binder (bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi). Sedangkan komposisi kerikil SCC lebih sedikit dibandingkan komposisi kerikil pada beton konvensional.

2.6.1 Agregat

Mengingat bahwa 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.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam SCC yaitu ukuran maksimum 10 mm. Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batubatuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Persyaratan 12 umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut (PBI, 1971) :

- a. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu.
- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Untuk mengetahui karakteristik dari agregat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian seperti yang telah distandarkan (analisa saringan, berat jenis, air resapan, berat volume, kelembapan, dan kebersihan agregat terhadap lumpur). Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari batu pecah.

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4,8 mm. Persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut (PBI-1971) :

- a. Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pecah batu.
- b. Butirannya harus yang tajam dan keras, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Untuk ini bisa dilakukan percobaan warna dari Abrams-Harder dengan larutan NaOH.

2.6.2 Binder

Binder adalah bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi (*filler*), jika digunakan bahan pengisi. Semen portland memiliki beberapa senyawa kimia yang masing-masing memiliki sifat sendiri-sendiri. Empat senyawa kimia yang utama dari semen portland antara lain trikalsium silikat (C3S), dikalsium silikat (C2S), trikalsium Aluminat (C3A), dan tetrakalsium aluminoferrit (C4AF).

2.6.3 Superplasticizer

Superplasticizer (high range water reducer admixture) yaitu bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12% atau bahkan lebih (ASTM C494-82). Semua *Superplasticizer* juga memiliki kelemahan yang cukup mengkhawatirkan. *Flowability* yang tinggi pada campuran beton yang mengandung *superplasticizer* umumnya dapat bertahan sekitar 30 sampai 60 menit dan setelah itu berkurang dengan cepat, yang sering disebut dengan slump loss.

2.6.4 Air

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (*workable*).

Untuk campuran beton, maka air yang digunakan harus memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu, terutama adanya batasan terhadap :

1. Air yang dipergunaka untuk pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, zat organic atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton maupun baja tulangan.
2. Tidak boleh mengandung klorida (Cl) $>$ 500 mg per liter air.
3. Air tawar yang tidak dapat diminum tidak boleh dipakai untuk pembuatan beton.

2.7 Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)

Polyethylene Therephthalate (PET) adalah polimer termoplastik serbaguna yang termasuk dalam kelompok polimer poliester. Resin poliester sendiri dikenal

dengan beberapa sifat unggulnya dalam segi mekanis, termal, dan juga resisten terhadap zat kimia.

Jika menemukan kemasan atau produk plastik dengan simbol daur ulang angka 1, maka artinya produk plastik tersebut terbuat dari bahan plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET).

Plastik PET merupakan termoplastik yang paling banyak didaur ulang jika dibandingkan dengan plastik lainnya. Plastik PET daur ulang bisa dibentuk menjadi fiber, kain, lembaran plastik, atau komponen kendaraan.

Secara struktur kimiawi, *polyethylene terephthalate* (PET) memiliki kemiripan dengan plastik *polibutilena tereftalat* (PBT). PET pada umumnya memiliki karakter yang sangat fleksibel dan tembus pandang. Bergantung pada proses pembuatannya, plastik PET bisa dibuat menjadi produk dengan sifat kaku maupun semi-kaku.

Produk yang terbuat dari plastik *polyethylene terephthalate* sepenuhnya bisa didaur ulang. Plastik PET memiliki tingkat koefisien difusi yang cenderung rendah jika dibandingkan dengan material plastik lain.

Hal itu membuat plastik PET menjadi material yang cocok untuk didaur ulang. Atas alasan tersebut pula, plastik PET menjadi plastik yang paling banyak didaur ulang di dunia. Produk atau kemasan plastik PET yang telah digunakan, akan dikumpulkan dan diproses melalui tahap pencucian khusus atau penanganan kimiawi lainnya. Proses tersebut ditujukan untuk mengurai PET menjadi bahan mentah yang selanjutnya guna diolah kembali menjadi plastik PET daur ulang dalam bentuk serpihan.

Serpihan plastik PET daur ulang tersebut kemudian diproses kembali menjadi berbagai macam produk antara lain:

1. Fiber untuk pembuatan karpet, *fleece jacket*, dan *tote bags*
2. Kontainer untuk produk pangan maupun non-pangan
3. Plastik gulungan dan lembaran

Begitulah penjelasan mengenai plastik *polyethylene pherephthalate* (PET) agar bisa mengurangi sampah plastik untuk didaur ulang dan juga sebagai material tambahan dalam penelitian pembuatan beton SCC.

2.8 Sifat – Sifat Beton

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat adukan beton maupun sifat-sifat beton setelah mengeras perlu diketahui. Sifat-sifat tersebut antara lain:

1. *Durability* (Keawetan)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam hal ini perlu pembatasan nilai faktor air semen maksimum maupun pembatasan dosis semen minimum yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan.

2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinder beton diameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan MPa (N/mm²) untuk SKSNI 91. Benda uji silinder juga digunakan pada standar ACI sedangkan British Standar benda uji yang digunakan adalah kubus

dengan sisi ukuran 150 mm. Benda uji dengan ukuran berbeda dapat juga dipakai namun perlu dikoreksi terhadap size efek.

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10 % - 15 % dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok. Metode pengujian kuat tarik beton akan dibahas pada bab selanjutnya.

4. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya ditentukan pada 25-50 % dari kuat tekan beton.

5. Rangkak (*creep*)

Merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

6. Susut (*Shrinkage*)

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

7. Kelecekan (*Workability*)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau *workability* adalah besarnya kemudahan kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh.

2.8.1 Sifat Beton Keras

Beton keras mempunyai sifat-sifat yang meliputi kekuatan tekan, regangan dan tegangan, rangkai dan susut, keawetan yang tinggi, reaksi terhadap temperatur, serta kedap terhadap air. Kekuatan tekan beton merupakan sifat beton yang paling penting karena sangat mempengaruhi kualitasnya, terutama mutu struktur yang dibuat dari material ini. Beberapa tes yang dapat dilakukan untuk mengetahui kualitas beton keras yaitu uji kekuatan tekan, uji kekuatan tarik belah, uji kekuatan lentur, uji lekatan antara beton dan tulangan, serta uji modulus elastisitas beton.

2.8.2 Sifat Beton Segar

Sifat-sifat yang dimiliki oleh beton segar berpengaruh besar terhadap pemilihan alat-alat yang digunakan untuk pengerjaan dan pemadatan beton. Sifat ini pula yang bakal menentukan karakteristik dari beton tersebut ketika sudah mengeras. Terdapat dua persyaratan yang wajib dipenuhi dalam pembuatan beton segar yakni:

1. Sifat-sifat yang harus dimiliki beton yang mengeras dalam jangka waktu lama contohnya kekuatan, kestabilan, dan keawetan
2. Sifat-sifat yang harus dimiliki beton ketika dalam kondisi plastis yakni workabilitas demi mempermudah pengerjaan tanpa perlu bleeding dan segregation. Meskipun sifat workabilitas pada beton segar tidak bisa dibandingkan, tetapi kontrol terhadap kualitas tetap menjadi pekerjaan yang penting.

2.9 Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Kekuatan karakteristik beton (f'_c) dipandang sangat penting oleh insinyur perencanaan dan pengendalian mutu. Betapa tidak karena banyak sifat-sifat fisik utama beton dapat ditentukan dari data kuat tekan beton (f'_c), misalkan modulus elastisitas beton (E_c), kuat geser beton (V_c), kuat tarik belah beton (f'_{ct}), syarat keawetan beton, syarat kedap air, dan lain sebagainya. Dengan adanya korelasi ini, maka kontrol terhadap sifat beton itu dapat di fokuskan pada kuat tekan beton.

Literatur teknologi beton menyatakan bahwa sebagian besar pengetahuan sifat-sifat beton dan faktor-faktor yang mempengaruhi yang menjadi dasar tata cara desain campuran beton saat ini bukan berasal dari studi teoritis tapi dari pengalaman laboratorium dan lapangan. Terutama mengenai kuat tekan beton, sudah sangat jelas dipengaruhi oleh rasio air/semén yang akan menciptakan porositas di pasta semen dan tingkat ikatannya dengan agregat. Namun dalam menentukan langsung porositas individual komponen struktural dianggap tidak praktis, karena itu model porositas untuk menaksir kekuatan beton tidak bisa dikembangkan. Sebaliknya, setelah lewat beberapa waktu ditemukan banyak hubungan empiris yang bermanfaat bagi penggunaan praktis yang memberikan cukup informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Di bawah ini diberikan pengaruh faktor-faktor itu secara kualitatif sedangkan pengaruh yang bersifat kuantitatif dapat ditemui di tabel-tabel desain proporsi campuran beton.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada kekuatan beton ini, sesuai dengan latar belakang penyebabnya, dibedakan dalam tiga kelompok yaitu:

1. Sifat dan proporsi campuran beton
2. Kondisi pemeliharaan
3. Faktor pengujian

2.9.1 Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan hal terpenting didalam pembentukan beton. Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada konstruksi, karena konstruksi beton mempunyai beberapa kelebihan antara lain: bahan dasar mudah diperoleh, tahan terhadap berbagai cuaca, lebih mudah dan murah dalam pelaksanaan, serta perawatannya cukup mudah. Kekuatan beton tergantung pada perbandingan air semen serta memiliki ketahanan terhadap api yang lebih unggul dibandingkan material lain, sehingga mengalami penurunan kekuatan dan modulus elastisitas setelah dibakar.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kuat tekan dan modulus elastisitas beton terhadap variasi FAS (faktor air semen) dalam campuran beton pasca bakar. Dari variasi tersebut diperoleh kurva hubungan tegangan regangan yang memperlihatkan perbedaan pada tiap-tiap perlakuan. Sehingga, dari persamaan kurva tersebut diperoleh nilai modulus elastisitas beton.

Semakin tinggi nilai Fas (faktor air semen) pada campuran beton maka nilai kuat tekan dan modulus elastisitas akan semakin rendah. Hubungan antara kuat tekan dengan modulus elastisitas beton pasca bakar yaitu semakin tinggi nilai kuat tekannya, maka semakin tinggi pula modulus elastisitasnya.

2.9.2 Siat Agregat

Tekstur permukaan agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton segar seperti kelecakan. Bentuk dan tekstur permukaan agregat halus, dapat mempengaruhi kebutuhan air pada campuran beton. Selain itu, agregat harus stabil secara kimiawi, sehingga tidak akan merusak hasil reaksi hidrasi beton.

Karena agregat merupakan bahan dengan kandungan terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persentase kandungan agregat dalam campuran beton, semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan (*workability* baik) untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut.

2.9.3 Jumlah Semen

(SNI 15-2049-, 2004) mengenalkan 5 tipe semen Portland (PC) (tanpa pakai air-entrained).

Tabel 2.3 Tipe semen portland

Tipe PC	Keterangan
I	PC normal atau untuk tujuan umum
II	Panas hidrasi moderat dan tahan sulfat moderat
III	Kekuatan awal tinggi
IV	Panas hidrasi rendah
V	Tahan sulfat

Sumber : Google SNI 15-2049-2004

Ditinjau dari pertumbuhan kekuatannya, pada kondisi temperatur dan kelembaban yang sama, pada umur 90 hari semua Tipe PC akan mencapai

kekuatan 100%. Namun pada umur 28 hari, masing-masing Tipe PC akan mencapai kekuatan yang berbeda-beda.

Tabel 2.4 Pertumbuhan kekuatan semen

Tipe PC	Kuat Tekan
I	PC normal atau untuk tujuan umum
III	Panas hidratisasi moderat dan tahan sulfat moderat
II, IV, V	Kekuatan awal tinggi

Sumber : Google SNI 15-2049-2004

2.9.4 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan setelah beton mengeras agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Kelembaban beton harus dijaga agar beton tidak mengalami keretakan karena proses kehilangan air yang begitu cepat. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat

Pemeliharaan beton tidak boleh mengandung bahan-bahan yang merusak beton. Jadi harus bersih dan tawar. Air untuk campuran dan pemeliharaan beton paling baik adalah yang layak diminum, namun air sungai juga boleh dipakai asalkan tidak lumpur, sisa-sisa bahan organik dan atau mengandung larutan kimia (air buangan pabrik dan atau air laut). Pengalaman menunjukkan, pemakaian air yang kurang bersih itu menurunkan kuat tekan beton secara signifikan. Dalam hal menemui keraguan atas kualitas air, maka baiknya diperiksa dahulu kandungan

kimianya atau diadakan uji percobaan kekuatan dahulu untuk mengetahui layak tidaknya air campuran.

2.10 Kontrol Kualitas Pekerjaan Beton

Kontrol kualitas dimaksudkan untuk melihat apakah pekerjaan yang dilakukan telah memenuhi syarat seperti yang telah disyaratkan oleh peraturan. Kualitas beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk pekerjaan konstruksi. Control kualitas beton seringkali menggunakan aplikasi statistika, seperti :

1. Rata - rata

Jumlah nilai suatu data dalam kelompok dibagi banyaknya data. Nilai rata-rata dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Kuat tekan rata-rata (fc' m)} = \frac{\sum fc'}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : fc' = kuat tekan (kg/cm²)

n = jumlah benda uji

2. Standart Deviasi (Sd)

Apabila sejumlah benda uji diperiksa kekuatannya, maka hasilnya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebaran ini tergantung pada tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Ukuran dari besar kecilnya penyebaran disebut standar deviasi. Untuk menghitung standart deviasi digunakan persamaan berikut ini :

$$\text{Standart Deviasi (Sd)} = \frac{\sqrt{\sum (fc' - fc' m)^2}}{n-1} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan : fc' = kuat tekan (kg/cm²)

$fc'm$ = kuat tekan rata-rata (kg/cm²)

n = jumlah benda uji

Penetapan nilai standart deviasi menurut metode DoE berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan, 15 maka makin kecil nilai standart deviasinya. Pedoman nilai standart deviasi untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan ditunjukkan oleh tabel 2.5.

Tabel 2.5 Harga koreksi standart deviasi

Benda Uji (n)	Konstanta (K)
8	1,37
9	1,29
10	1,23
11	1,19
12	1,15
13	1,13
14	1,10
15	1,07
16	1,06
17	1,04
18	1,03
19	1,01
20	1,00

Sumber : SK SNI T – 15 – 1990 – 03

3. Variasi

Bahan beton merupakan bahan yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang bervariasi. Variasi menunjukkan mutu pelaksanaan dilihat dari pengujian, diperoleh dengan persamaan berikut ini (SK SNI T – 15 – 1990 – 03):

$$\text{Variasi (V)} = \frac{S_d}{f_{c'm}} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : $f_{c'm}$ = kuat tekan rata-rata (kg/cm²)

S_d = Standart deviasi (kg/cm²)

Nilai $V < 15\%$, mutu cukup baik jika $15\% < V < 20\%$, dan mutu kurang jika $V > 20\%$.