

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen-elemen campuran dalam beton, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen bahan campuran beton. Dengan demikian, seorang perencana dapat mengembangkan pemilihan material yang layak serta komposisi yang tepat, sehingga diperoleh mutu beton sesuai dengan perencanaannya. Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yaitu yang kuat tekannya tinggi, mudah dikerjakan, murah, tahan lama dan tahan aus.

Penambahan fly ash pada beton diharapkan bisa meningkatkan mutu beton yang mencapai maksimum. Sehingga fly ash bisa menutupi pori-pori yang ada dalam beton itu sendiri. Akan tetapi dengan penambahan fly ash dengan tingkat FAS yang rendah mengakibatkan tingkat kesulitan dalam pengerjaan beton. Dengan indikator nilai slump yang rendah memang kuat tekan yang dihasilkan sangat tinggi sedang dalam tingkat pengerjaan akan mengalami kesulitan baik dalam pembuatan maupun dalam aplikasi lapangan. Pada kondisi lapangan tertentu sangat sulit sekali menuangkan adukan pada celah yang sempit. Maka dalam hal ini perlu ditingkatkan dengan menambahkan bahan tambah. Super plasticizers dapat mengurangi tingkat penggunaan air dalam beton dan meningkatkan nilai slump sehingga workability yang baik.

B. Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa menggunakan campuran tambahan membentuk masa padat (SK.SNI 03-2847-2002-03:12).

Beton adalah material yang tersusun dari semen air agregat kasar dan agregat halus yang mampu menahan gaya kuat tekan dengan sangat baik. Sehingga dalam pembuatan beton sangat diperlukan sekali proporsi terbaik agar campuran yang dihasilkan dan dalam pengecoran beton tersebut beton menghasilkan kuat

tekan beton yang maksimal. Pada dasarnya perencanaan beton disesuaikan dengan yang kita inginkan kuat tekannya dan tingkat kemudahana pengerjaannya akan tetapi ketika pada tingkat hasil sangat mungkin sekali terjadi penyimpangan dalam hasil yang didapatkan. Oleh karena itu material dalam pembuatan beton sangat penting dalam penyusunan ikatan dalam proses pengerasan beton itu sendiri.

Beton terdiri dari batuan belah atau kerikil dengan pasir yang mengisi ruang diantaranya, dan pasta semen dengan air yang mengisi rongga-rongga antar agregat tersebut dan merekatkannya dengan baik. Biasanya diperlukan tambahan pasir untuk menjamin pengisian sempurna dari ruangan diantara batuan, selain itu diperlukan pula kelebihan pasta semen sebanyak 10% dibandingkan dengan kebutuhan teoritis (*Van Vlack, 1986:530*).

Beton merupakan sekumpulan reaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya (*Nawy, 1985:8*). Untuk itu, perlu sangat perlu sekali mengetahui kandungan kimia yang terkandung dalam komponen-komponen penyusun beton. Sehingga Dalam proses reaksi mekanis yang terjadi proses saling mengikat pada masing-masing senyawa yang ada

C. Beton Mutu Tinggi

Beton didefinisikan sebagai high-strength semata-mata berdasarkan karena kuat tekannya pada umur tertentu mencapai nilai maksimal. Pada tahun 1950 beton mutu tinggi kriterianya sampai pada kekuatan 30 Mpa. Pada perkembangannya kriteria beton mutu tinggi menjadi 40 Mpa dan ini terjadi pada decade tahun 1960-1970, Amerika membuat beton mutu tinggi digunakan untuk keperluan militer. Jepang juga pada tahun 1960 membuat membuat panel cangkang beton pracetak kereta api dengan kuat tekan 60 Mpa. Pada perkembangannya kriteria beton mutu tinggi semakin meningkat denganm kekuatan silinder 600-1000 Kg/cm³, dan beton dengan kekuatan 80 Mpa digunakan untuk bangunan tinggi di chichago ,seatle dan lainnya (*M.S Besari 1998*).

Sejak tahun 1989 di Amerika beton dengan kekuatan 100-140 Mpa digunakan dalam jembatan bentang panjang bangunan industry seperti silo yang tinggi dan berdiameter besar serta bangunan beresiko tinggi seperti pembangkit

nuklir (Supartono,1998), sedangkan kuat tekan beton yang mencapai 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Pujiyanto, As'at, 2009).

Campuran high strength concrete umumnya membutuhkan rasio faktor air semen yang rendah, dimana rasio faktor air semen berada pada rentangan 0,23 sampai dengan 0,35. Namun hal ini berpengaruh pada berkurangnya workability (sifat mudah dikerjakan).

Ada beberapa faktor utama yang bisa menentukan keberhasilan pengadaan beton bermutu tinggi, diantaranya adalah :

1. Faktor air semen (fas, w/c) yang rendah.
2. Kualitas bahan penyusun beton yang baik.
3. Penggunaan admixture, baik itu admixture kimia ataupun admixture mineral dalam kadar yang tepat.
4. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.

Pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan, yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal.

D. Penelitian Terdahulu

Menurut Laila MAM (2013) besar kadar variasi penambahan *fly ash* juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Hasil kuat tekan beton rata-rata dengan tambahan *fly ash* 30% mengalami peningkatan kuat tekan beton sebesar 9% dari beton tanpa *fly ash*. Dan sebaliknya, dengan tambahan *fly ash* 20% menunjukkan penurunan kuat tekan beton sebesar 13% dari beton tanpa *fly ash*, dengan penambahan *fly ash* sebanyak 20% dan 30 % tanpa bahan tambah *admixture* didapat kuat tekan sebesar 54,44 Mpa dan 68,89 Mpa.

Menurut M Yudha Ari Dharma (2007) beton dengan bahan tambah fly ash dan superplasticizer mengalami kuat tekan yang tinggi kuat tekan awal yang tinggi sebesar 46 % pada umur 3 hari, umur 7 hari sebesar 57.4%, dan 60.8 % pada umur 14 hari ,70.9% ,pada umur 21 hari ,pada umur 28 hari 100%, Dengan penambahan fly ash 10 % dan super plasticizer 2 % didapatkan kuat tekan beton sebesar 53.41 Mpa pada adukan 1 dan 45.86 pada adukan 2 dengan kuat tekan

E. Material Penyusun Beton

Material ini terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan. Pada dasarnya beton harus memiliki kriteria campuran yang baik, yaitu antara lain :

1. Mudah dikerjakan tanpa kehilangan keseragaman campuran (*workability*)
2. Kuat menahan beban yang direncanakan (*strength*)
3. Awet mempertahankan kekuatan (*durability*)
4. Kedap air (*impermeable*)
5. Ekonomis

F. Semen

Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), definisi semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum.

Ada dua macam semen, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bila bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Sedangkan semen non-hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air.

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150 (1985) semen Portland didefinisikan sebagai bahan 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.

Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989), membagi *American Standart of Testing Material* (ASTM) membagi semen portland menjadi lima jenis

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 menuntut kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

G. Semen Pozollan

Pozzolan adalah sejenis bahan yang mengandung silisium atau aluminium, yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butirannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen.

Semen pozollan adalah bahan ikat yang mengandung silika amorf, yang apabila dicampur dengan kapur akan membentuk benda padat yang keras. Bahan yang mengandung pozollan adalah teras, semen merah, abu terbang, dan bubukan terak tanur tinggi (SK.SNI T-15-1990-03:2).

Teras alam dapat dibagi menjadi :

1. Batu apung, obsidian, scoria, tuff, santorin, dan teras yang dihasilkan dari batuan vulkanik.
2. Teras yang mengandung silika amorf halus yang tersebar dalam jumlah banyak dan dapat bereaksi dengan kapur jika dibubuhi air serta membentuk silikat yang mempunyai sifat hidrolik.
3. Teras buatan, meliputi abu batu, abu terbang (*fly ash*) dari hasil residu PLTU dan hasil tambahan dari pengolahan bijih bauksit. Teras buatan ini dibuat dengan pembakaran batuan vulkanik dan kemudian menggilingnya. Semen teras meliputi semua bahan semen yang dibuat dengan menggunakan teras dan kapur tohor, yang tidak membutuhkan

pembakaran. Teras buatan ini digunakan sebagai bahan tambah dan digunakan pada bangunan yang tidak memerlukan persyaratan konstruksi yang khusus, tetapi menggunakan banyak bahan semen.

H. Semen Portland Pozzolan

Semen portland pozollan adalah campuran semen portland dan bahan-bahan yang bersifat pozollan seperti terak tanur tinggi dan hasil residu PLTU. Semen jenis ini biasanya digunakan untuk beton yang diekspos terhadap sulfat. Menurut (SK.SNI T-15-1990-03:2), semen *portland-pozollan* dihasilkan dengan mencampurkan bahan semen portland dan pozollan (15-40% dari berat total campuran), dengan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam *pozollan* minimum 70% (SK-SNI T-1991-03:2).

Suatu konstruksi sipil yang menggunakan semen portland pozollan sebagai bahan ikat harus memenuhi standar SII 0132 "Mutu dan Cara Uji Semen Portland Pozollan atau syarat ASTM C.595-82, yaitu "*Spesification for Blend Hydraulic Cement*".(SKBI.1.4.53:4).

Abu terbang (*fly ash*) atau bahan pozollan lainnya yang dipakai sebagai bahan campuran tambahan harus memenuhi "*Spesification for Fly Ash abd Raw or Calcined Natural Pozollan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement*"(ASTM C.618).

I. Syarat Semen Untuk Kriteria Penggunaan

1. Semen harus memenuhi salah satu dari ketentuan SNI 15 2040 2004. Semen

a. Syarat kimia semen PPC Gresik

Tabel 2.1 Komposisi kimia dan peraturannya

Jenis Pengujian	SNI 15-0302-04		ASTM C595-03	Hasil Uji
	PPC	PPC	PPC	
	Jenis IP-U	Jenis IP-K	Type IP	
Komposisi Kimia :				
Silikon Dioksida (SiO ₂), %	-	-	-	23,13
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃), %	-	-	-	8,76
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃), %	-	-	-	4,62
Kalsium Oksida (CaO), %	-	-	-	58,66
Magnesium Oksida (MgO), %	≤ 6,00	≤ 6,00	≤ 6,00	0,90
Sulfur Trioksida (SO ₃), %	≤ 4,00	≤ 3,50	≤ 3,50	2,18
Hilang Pijar (LOI), %	≤ 5,00	≤ 3,00	≤ 3,00	1,69
Kapur Bebas , %	-	-	-	0,69
Bagian tidak larut , %	-	-	-	8,82

b. Syarat fisik berbagai tipe semen

Tabel 2.2 Data uji kualitas berbagai tipe semen

Jenis Semen	Kehalusan (%)		Berat Jenis (gr/cm ³)	Konsistensi Normal (%)	Setting Time (Menit)	Kuat Tekan Mortar % (7 Hari) (Kg/cm ²)
	Ø 0.15mm	Ø 0.075mm				
PPC Gresik	0	5 – 10	3.16	24 – 26.5	60 – 75	175–250
PPC Puger-Jember	0	3 – 10	3.1	26 – 28	75-100	200-300
PPC Tiga Roda	0	6 – 15%	3.12-3.18	27 – 29	75-105	130-200
Holcim	0-4%	6-15%	3.092	24.89	30-75	120-175

Keterangan : Standar spesifikasi semen : SNI 15-0302-2004

Standar metode uji semen : SNI 15-2049-2004

- Kehalusan semen dikatakan halus jika lolos semua saringan Ø 0.15mm, maksimum 22% tertahan saringan Ø 0.075mm (ASTM C.184-66)
- Berat jenis semen standar 3.15 gr/cm³ (ASTM C.188-44)
- Kosistensi normal standar nilainya 24-32% (Konsistensi normal artinya kondisi plastis dari semen setelah bercampur air) (ASTM C.187-71)
- Setting time adalah waktu yan dibutuhkan semen untuk memadat setelah dicampur dengan air (ASTM C.101-71)

- e) Kuat tekan mortar adalah kemampuan campuran mortar (semen, air dan pasir) menerima kuat beban pada umur standar 3, 7 dan 28 hari. (ASTM C.114-69)

Sumber : Data hasil uji Laboratorium Bahan Bangunan dan Beton Politeknik Negeri Malang

2. Semen yang digunakan pada pekerjaan konstruksi harus sesuai dengan semen yang digunakan pada perancangan proporsi campuran.

J. Agregat

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Agregat dalam campuran beton berfungsi sebagai material pengisi, terdiri dari pasir dan batu pecah (kerikil). Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya adalah berkisar 60% - 70% dari total berat beton. Karena komposisinya yang besar dalam beton, sangat penting diketahui karakteristik agregat ini untuk mencapai kekuatan yang diinginkan.

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu, kekuatan tekan beton berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar, dan juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaannya. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu:

Agregat yang dipakai campuran beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertahan di atas ayakan 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1982) atau 5,0 mm (BS.812, 1976) (Ulasan PB, 1989:9).

Adapun persyaratan agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982) adalah sebagai berikut :

Syarat fisik meliputi :

- a. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari $1/5$ jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, $1/3$ tebal pelat atau $3/4$ dari jarak bersih minimum tulangan.
- b. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudeloff tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat.
- c. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, tidak boleh lebih dari 27% berat.
- d. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudeloff tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2mm lebih dari 16% berat.
- e. Kadar lumpur, maksimal 1%.

Ukuran agregat maksimum untuk $f'c$ kurang dari 62 MPa digunakan 19 mm-25 mm, sedangkan $f'c$ lebih dari 62 MPa digunakan agregat maksimum 9,5 mm-12,7 mm. Gradasi agregat kasar berdasarkan ASTM C 33 dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Gradasi standar agregat kasar

Ukuran saringan	% lolos (nominal MSA)			
	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm
50 mm (2")	100			
37.5 mm (1.5")	95-100	100		
25.0 mm (1")	-	95-100	100	
19.0 mm (3/4")	35-70	-	90-100	100
12.5 mm (1/2")	-	25-60	-	90-100
9.50 mm (3/8")	10-30	-	20-55	40-70
4.75 mm (No.4)	0-5	0-10	0-10	0-15
2.36 mm (No.8)	-	0-5	0-5	0-5

2. Agregat Halus.

Tergolong ke dalam jenis agregat halus jika semua butirannya lolos saringan ukuran 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,00 mm (BS.812,1976) dan tertahan pada saringan ukuran 75- μ m (Ulasan PB, 1989:9)

Agregat halus adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada Departemen Pekerjaan Umum 1982, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca;
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika melebihi dari 5% pasir harus dicuci;
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3%.
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - 1) Sisa di atas ayakan diameter 4 mm, harus minimum 2%.
 - 2) Sisa di atas ayakan diameter 1 mm, harus berkisar antara 10% berat.
 - 3) Sisa di atas ayakan diameter 0,25 mm, harus berkisar antara 80% sampai 90%.

Tabel 2.4 Gradasi standar agregat halus

Ukuran saringan	Persentase Lolos
9.5 mm (No.2)	100
4.75 mm (no.4)	95 sampai 100
2.36 mm (No.8)	80 sampai 100
1.18 mm (No.16)	50 sampai 85
600 m (No.30)	25 sampai 60
300 m (No.50)	10 sampai 30
150 m (No.100)	2 sampai 10

K. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton sebagai proses kimiawi dengan semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan. Selain itu, air dibutuhkan untuk reaksi pengikatan pada beton, dapat pula digunakan untuk masa perawatan beton setelah pengecoran.

Karena dalam pembuatan beton, pasta semen merupakan reaksi antara semen dengan air, maka perbandingan jumlah air terhadap semen menjadi penting. Perbandingan keduanya ini yang kemudian disebut dengan faktor air semen (*water cement/ratio*).

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan beton menjadi rendah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.

Banyaknya air yang dibutuhkan selama proses hidrasi akan mempengaruhi karakteristik kekuatan beton jadi. Pada dasarnya, jumlah air yang dibutuhkan

untuk proses hidrasi tersebut adalah sekitar 25% dari berat semen. Pengurangan dari persentase tersebut dapat membuat kemudahan dalam pengerjaan sulit tercapai.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
2. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik
3. dan sebagainya) lebih dari 15 gram.liter.
4. Air tidak boleh mengandung Chlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

L. Abu terbang (Fly Ash)

Fly Ash adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batu bara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap. *Fly Ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan no. 325 (45 μ m) sebesar 5-27%, dengan *specific gravity* antar 2.15-2.8 (ACI Committee 226).

Fly Ash digunakan pada beton sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton dan dilihat dari faktor ekonomisnya *fly ash* mengandung kadar *silica oksida* sebesar 60% dan berwarna putih keabu-abuan.

Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Dalam penggunaannya sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton, *fly ash* bersifat sebagai pozzolan dan sebagai bahan pengisi (filler). Sebagai pozzolan antara semen dengan *fly ash* akan terjadi reaksi

pengikatan yaitu *fly ash* bereaksi dengan Ca(OH)_2 hasil proses hidrasi semen yang kemudian membentuk kalsium silikat hidrat. Adanya kalsium hidroksida dalam beton selama ini ditengarai sebagai sumber perusak beton sebelum waktunya, khususnya bila beton berada di lingkungan yang agresif. Karenanya, penambahan atau penggantian sejumlah semen dengan abu terbang berpotensi menambah keawetan beton tersebut. Sedangkan, sebagai filler pada beton karena *fly ash* sangat halus, lebih halus dari semen.

Fly Ash dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI *Manual of Concrete Practice* 1993 Part 1 226.3R-3), yaitu :

1. Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
2. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.

2. Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
2. Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.

3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert, shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Persyaratan kimia dan fisika abu terbang menurut SK-SNI S-15-1990-F

dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Persyaratan Kimia Abu Terbang

No	Senyawa	Kadar (%)
1	Jumlah Oksida $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimum	70
2	SO_3 maksimum	5
3	Hilang pijar maksimum	6
4	Kadar air maksimum	3
5	Total alkali dihitung sebagai Na_2O maksimum	1,5

Tabel 2.6 Persyaratan Fisika Abu Terbang

No	Sifat Fisika	Data
1	Berat jenis	1,99 – 2,60 gr/cm^2
2	Kehalusan butir	163,25 – 227,19 m^2/kg
3	Kadar air	0,55 – 4,6 %

M. Bahan Kimia Pembantu

Bahan kimia tambahan (chemical admixture) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan dalam adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud- maksud lainnya (spesifikasi bahan bangunan bagian A, bahan bangunan bukan logam, SK SNI S-04-1989-F)

Bahan kimia tambahan dibedakan menjadi 5 jenis :

1. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor

air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama, atau diperoleh kekentalan lebih encer pada faktor air semen sama.

- a. Dengan memakai bahan kimia tambahan ini, kekentalan adukan dapat dibuat sama ,dengan nilai fas lebih rendah, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi.
 - b. Dengan memakai bahan kimia tambahan ini, nilai fas dibuat sama berarti kuat tekan sama, namun kekentalan adukan beton menjadi lebih encer sehingga mudah dikerjakan.
 - c. Bahan kimia untuk memperlambat proses ikatan , mempercepat pengerasan beton.Bahan ini digunakan jika struktur beton memerlukan waktu penyelesaian segera, missal perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang , beton pracetak dan sebagainya.
 - d. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat ikatan dan pengerasan beton.
 - e. Bahan kimia berfungsi ganda yaitu untuk untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.
2. Jenis- jenis bahan kimia pembantu menurut ASTM , bahan kimia dibedakan menjadi :

- a. Jenis A - mengurangi air(water reducer). meningkatkan workability tanpa menambaha air dengan kekuatan yang sama, juga meningkatkan kekuatan dengan mengurangi kebutuhan air sampai 10 % tanpa kehilangan *workability*. Pemakaian semen lebih sedikit untuk kekuatan dan *workability* yang sama (untuk penghematan biaya tapi tidak selalu benar)
- b. Jenis B - memperlambat pengikatan (*retarder*) Memperlambat waktu pengikatan (set) dan pengerasan (*hardening*) Akibat sampingannya adalah menaikkan

kekuatan akhir beton karena mengurangi kecepatan evolusi panas (untuk pengecoran yang luas dalam cuaca panas). Dan juga bisa menghindari sambungan dingin (*cold joins*), yaitu pada pengecoran beton masif, dimana pengecoran lapisan demi lapisan memakan waktu cukup lama atau pengecoran yang terganggu. Untuk pengangkutan yang lama, misalnya pembuatan beton jadi (*readi mix*), menunda waktu pengikatan awal (*initial set*) dengan tetap menjaga kelecakan.

- c. Jenis C- mempercepat pengikatan (*accelerator*). Untuk mempercepat reaksi (set dan perkembangan kekuatan dini) terutama dimusim dingin. Pengaruh kurang terasa untuk daerah tropis, bahkan berbahaya karena setting time terlalu cepat. Untuk menambal kebocoran, untuk tekanan air yang merata kesemua arah (*uni - directional*). Paling tepat menggunakan water glass karena set hampir langsung.
- d. Jenis D - A+B (*water reducer & retarder*)
- e. Jenis E - A+C (*Water reducer + accelerator*)
- f. Jenis F - *Super plasticizers (Water reducer & High Range)*. Meningkatkan *workability* sehingga menjadi lebih besar dari pada *water reducer* biasa mengurangi air sampai 25 %, memudahkan pembuatan yang sangat cair memungkinkan penuangan pada bagian yang sulit dijangkau oleh pemadatan yang memadai. Dan membantu penuangan dalam air karena penyebaran.
- g. Jenis G- (*Water reducer & high range & retarder*)

N. Perencanaan Campuran Beton

Tata cara perencanaan beton kekuatan tinggi dengan semen dan abu terbang ini dapat digunakan untuk menentukan proporsi campuran semen beton kekuatan tinggi. Metode perhitungan yang digunakan adalah Metode SNI 1994.

O. Persyaratan Kinerja

Dalam perencanaan campuran beton, perlu diperhatikan persyaratan kinerja pada beton yang akan dihasilkan. Persyaratan tersebut diantaranya adalah :

1. Umur uji

Kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dipilih untuk umur 28 hari .

2. Kuat tekan yang disyaratkan

Untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan, campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan.

Produsen beton boleh menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi berdasarkan pengalaman di lapangan berdasarkan pada kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan dengan rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$f_{cr} = f_{c'} + k.sd$$

Keterangan :

F_{cr} : Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$F_{c'}$: Kuat tekan rata-rata yang disyaratkan

k : 1,64

sd : Deviasi standart

1. Faktor-faktor yang Harus Diperhatikan Dalam Pencampuran Campuran Beton

2. Rasio Air dengan Bahan Bersifat Semen $\left[\frac{W}{W} \right]$

Rasio air dengan bahan bersifat semen harus dihitung berdasarkan perbandingan berat. Perbandingan $[W/(c + p)]$ untuk beton kekuatan tinggi secara tipikal ada dalam rentang nilai 0,20 – 0,50.

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2003).

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai water to cementious ratio, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan additive cementious yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada beton mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2-0,5 (SNI 03-6468-2000). Bahan pengikat yang digunakan pada penelitian ini adalah semen dan Fly Ash (sebagai tambahan semen). Rumus yang digunakan pada beton mutu tinggi adalah:

$$\text{Fas} = \frac{W}{(c+p)}$$

Keterangan : Fas = Faktor air semen

W = Rasio total berat air

c = Berat semen

Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

b. Pemilihan Bahan

Proporsi campuran yang optimal harus ditentukan dengan mempertimbangkan karakteristik semen portland, kualitas agregat, proporsi pasta, interaksi agregat-pasta, macam dan jumlah bahan campuran tambahan, dan pelaksanaan pengadukan. Hasil evaluasi tentang semen portland, bahan campuran tambahan, agregat dari berbagai sumber, serta berbagai macam proporsi campuran, dapat digunakan untuk menentukan kombinasi bahan yang optimum.

Bahan yang digunakan untuk campuran harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1) Semen Portland

Semen portland harus memenuhi SNI 15-2049-1994 tentang Mutu dan Cara Uji Semen Portland.

2) Air

Air harus memenuhi SNI 03-6861.1-2002 tentang Spesifikasi Bahan Bangunan bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam).

3) Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat normal yang sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.

Ukuran nominal agregat maksimum 20 mm atau 12,5 mm, jika digunakan untuk membuat beton berkekuatan sampai semua kuat tekan beton.

4) Agregat Halus

Agregat halus harus memenuhi ketentuan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Beton kekuatan tinggi sebaiknya menggunakan agregat halus dengan modulus kehalusan 0,02 mm. Bila digunakan pasir buatan, adukan beton harus mencapai kelecakan

adukan yang sama dengan pasir alam

c. Keleccakan

Keleccakan adalah kemudahan pengerjaan yang meliputi pengadukan, pengecoran, pemadatan dan penyelesaian permukaan (finishing) tanpa terjadi segregasi.

d. Slump

Beton kekuatan tinggi harus diproduksi dengan slump terkecil yang masih memungkinkan adukan beton dilapangan untuk dicor dan dipadatkan dengan baik. Slump yang digunakan umumnya sebesar 7,5-12,5 cm.

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat keleccakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat keleccakan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai workability tinggi). Nilai slump berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur

URAIAN	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	80	25
Pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan jalan	80	25
Pembetonan missal	50	25

e. Ukuran Benda Uji

Ukuran benda uji kubus yang dapat digunakan adalah 15 x 15 cm sebagai benda uji standar untuk mengevaluasi kekuatan tekan beton kekuatan tinggi.

2. Prosedur Perancangan Proporsi Campuran

Dalam prosedur perancangan proporsi campuran digunakan berdasarkan SK-SNI 03-2834-2002. Adapun cara perancangan campuran beton sebagai berikut:

- a. Ambil kuat tekan beton yang direncanakan F'_c pada umur tertentu
- b. Hitung deviasi standar menurut ketentuan berikut
 - a) Bila suatu beton tidak mempunyai data hasil pengujian contoh beton pada masa lalu, maka nilai standar deviasi tidak bisa dihitung.
 - b) Jika jumlah contoh kurang dari 30 buah dan hanya ada sebanyak 15 sampai 29 buah hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari table yang terlampir pada lampiran.
 - c) Jika pelaksana produsen beton mempunyai data pengalaman, maka menurut "Tata cara perhitungan struktur bangunan gedung nilai deviasi standar ditetapkan dengan cara berikut :

$$S = \frac{\sqrt{\sum (f_c - f_{cr})^2}}{N-1}$$

- c. Hitung nilai tambah menurut rumus berikut:
 - a) Jika pelaksanaan mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar S dengan

- b) Jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman maka menggunakan table yang terlampir dalam lampiran.
- d. Hitung kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dimana : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata Mpa

f'_c = kuat desak yang direncanakan .Mpa

- e. Tetapkan jenis semen
- f. Tentukan jenis agregat kasar dan agregat halus ini didapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
- g. Tentukan faktor air semen untuk benda uji 150X300 MM, digunakan gambar dalam lampiran.
- h. Tetapkan faktor air semen maksimum dari tabel dalam lampiran.
- i. Tetapkan nilai slump, dapat diperoleh dari tabel terlampir.
- j. Tetapkan ukuran agregat maksimum.
- k. Tentukan kadar air bebas, jika jenis agregat sudah ditentukan (alami/pecahan), maka kadar air bebas dapat diambil menurut tabel dalam lampiran. Untuk agregat campuran (pecahan/alami) digunakan rumus :

$$W = 0,67 A_h + 0,33 A_k$$

A_h = prakiraan kadar air agregat halus

A_k = prakiraan kadar air agregat kasar

- l. Hitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen yaitu kadar air bebas (dari langkah ke -11) dibagi dengan faktor air semen.
- m. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan dapat diabaikan.
- n. Tentukan jumlah semen semimum mungkin, dapat dilihat dalam tabel terlampir, kadar semen yang diperoleh dari hitungan jika perlu.
- o. Tentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang

ditetapkan(atau lebih besar dari jumlah maksimum yang diisyaratkan),maka faktor air semen harus diperhitungkan.

- p. Tentukan susunan besar butir agregat halus (pasir) kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayaknya menurut standar yang berlaku kurva dari pasir dapat dibandingkan dengan kurva yang tertera dalam gambar lampiran dan tabel dalam lampiran.
- q. Tentukan presentase pasir dengan menggunakan gambar dalam lampiran,dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum(langkah ke-10),slump(langkah ke-9),faktor air semen (langkah ke -15) dan daerah susunan agregat (langkah -16),maka jumlah presentase pasir yang diperlukan dapat dibaca dalam gambar,jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 4,75 mm.Agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia adalah yang lebih besar dari 5 mm dalam yang lebih dari 5 persen,maka jumlah agregat halus yang diperluakan harus dikurangi.
- r. Hitung berat jenis relative agregat menurut ketentuan :
- a) Berat jenis agregat diperoleh dari adata hasil uji di laboratorium ,bila tidak tersedia dibawah ini :
 - (a). agregat pecah = $2,7 \text{ gr/cm}^3$
 - (b).agregat alami = $2,6 \text{ gr/cm}^3$
 - b) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

$$B_j \text{ camp} = \left(\frac{P}{100} \times B_j \text{ ag halus} \right) + \left(\frac{K}{100} \times B_j \text{ ag campuran} \right)$$

$B_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran

$B_j \text{ ag halus}$ = berat jenis agregat halus

$B_j \text{ ag kasar}$ = berat jenis agregat kasar

P dan K = Prosentase agregat halus dan kasar terhadap campuran.

c. Tentukan berat jenis beton menurut gambar lampiran sesuai dengan

- t. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
- u. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persentase pasir (langkah 17) dan agregat gabungan (langkah 20).
- v. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan (langkah 20) dikurangi kadar agregat halus (langkah 21). Dari langkah-langkah tersebut diatas dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1m^3 beton.
- w. Hitung jumlah *Fly ash* adalah 30 % dikalikan jumlah semen.
- x. Hitung jumlah *super palsticizers* 1 % dikalikan berat semen.

P. Pelaksanaan

1. Pengadukan

Setelah didapatkan komposisi yang direncanakan untuk kuat tekan tertentu, maka proses selanjutnya adalah pencampuran di lapangan. Komposisinya disesuaikan dengan kapasitas alat aduk. Secara umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton segar. Indikasinya adalah warna adukan merata, kelecakan yang cukup, dan tampak homogen.

Metode pengadukan dapat dibedakan menjadi dua yaitu manual dan dengan mesinal. Pengadukan manual dilakukan dengan tangan, sedangkan pengadukan dengan mesin memanfaatkan bantuan alat aduk seperti molen atau batching plant. Pengadukan dengan tangan biasanya dilakukan jika kebutuhan akan beton lebih kecil dari 10 m^3 dalam satu periode yang pendek. Menurut SNI, jika kebutuhan adukan lebih kecil dari 10, dapat digunakan campuran dengan perbandingan 1 : 2 : 3, tetapi untuk kebutuhan beton lebih besar dari 10 m^3 , desain campurannya harus direncanakan.

Syarat Pengadukan menurut SK.SNI.T-28-1991-03, Semua jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan beton harus dilengkapi dengan:

- a. Sertifikasi mutu dari produsen.

- b. Jika tidak terdapat sertifikasi mutu, tersedia data uji dari laboratorium yang diakui.
- c. Jika tidak dilengkapi dengan sertifikasi mutu atau data hasil uji, harus berdasarkan bukti dari hasil pengujian khusus atau pemakaian nyata yang dapat menghasilkan beton yang kekuatan, ketahanan, dan keawetannya memenuhi syarat.

Selain hal-hal diatas, bahan-bahan yang digunakan harus memenuhi ketentuan dari Standar Nasional Indonesia SK.SNI.S-04-1989-F tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). Jika menggunakan bahan tambah, harus sesuai syarat SK.SNI.S-18-1990-03 atau SK.SNI.S-19-1990-03.

2. Pencampuran

Untuk menghindari terjadinya segregasi dan bleeding, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penuangan beton. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain (PB,1989:28) :

- d. Campuran yang akan dituangkan harus ditempatkan sedekat mungkin dengan cetakan akhir untuk mencegah segregasi karena penanganan kembali atau pengaliran adukan.
- e. Pembetonan harus dilaksanakan dengan kecepatan penuangan yang diatur sedemikian rupa sehingga campuran beton selalu dalam keadaan plastis dan dapat mengalir dengan mudah ke dalam rongga di antara tulangan.
- f. Campuran beton yang mengeras atau yang telah terkotori oleh material asing tidak boleh dituang ke dalam cetakan.
- g. Campuran beton yang setengah mengeras atau telah mengalami penambahan air tidak boleh dituangkan
- h. Beton yang dituangkan harus dipadatkan dengan alat yang tepat secara sempurna dan harus diusahakan secara maksimal agar dapat mengisi semua rongga beton.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah :

1. Tinggi jatuh tidak boleh lebih dari 1.50 meter. Jika terjadi jarak yang lebih besar maka perlu ditambahkan alat bantu seperti tremi atau pipa.
2. Tidak dilakukan penuangan selama terjadi hujan agar kadar air tetap terjaga, kecuali jika pengecoran dilakukan dibawah atap.

3. Pemadatan Beton

Pemadatan dilakukan segera setelah beton dituang. Kebutuhan akan alat pemadat disesuaikan dengan kapasitas pengecoran dan tingkat kesulitan pengerjaan. Pemadatan dilakukan sebelum terjadinya *initial setting time* pada beton. Dalam praktik di lapangan, pengindikasian *initial setting* dilakukan dengan cara menusuk beton tersebut dengan tongkat tanpa kekuatan. Jika masih dapat ditusuk sedalam 10 cm, berarti *setting time* belum tercapai. Pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga-rongga udara yang terdapat dalam beton segar.

Untuk pengecoran dengan kapasitas lebih besar dari 10 m³, alat pemadat mesin harus digunakan. Alat pemadat ini lebih dikenal dengan nama vibrator atau alat getar. Pemadatan dilakukan dengan penggetaran. Campuran beton akan mengalir dan memadat karena rongga-rongga akan terisi dengan butir-butir yang lebih halus. Alat getar ini dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Alat getar intern (*internal vibrator*), yaitu alat getar yang berupa tongkat dan digerakan dengan mesin. Untuk menggunakannya, tongkat dimasukkan ke dalam beton pada waktu tertentu, tanpa harus menyebabkan *bleeding*.
- b. Alat getar cetakan (*external vibrator or form vibrator*), yaitu alat getar yang mengetarkan *form work* sehingga betonnya bergetar dan memadat.

Beberapa pedoman umum dalam proses pemadatan adalah :

1. Pada jarak yang berdekatan /pendek, pemadatan dengan alat getar dilaksanakan dalam waktu yang pendek

2. Pemadatan dilaksanakan secara vertikal dan jatuh dengan beratnya sendiri.
3. Tidak menyebabkan terjadinya bleeding.
4. Pemadatan merata.
5. Tidak terjadi kontak antara alat getar dengan bekisting.
6. Alat getar tidak berfungsi untuk mengalirkan, mengangkat atau memindahkan beton.

4. Pekerjaan Akhir (*Finishing*)

Pekerjaan finishing dimaksudkan untuk memadatkan sebuah permukaan beton yang rata dan mulus. Pekerjaan ini biasanya dilakukan pada saat beton belum mencapai final setting, karena pada masa ini beton masih dapat dibentuk. Alat yang digunakan biasanya ruskam, jidar dan alat-alat perata lainnya.

5. Perawatan Beton

Reaksi kimiawi antara semen dan air membutuhkan waktu. Fungsi semen sebagai perekat mulai berkembang pada saat umur beton masih muda, oleh karena itu untuk pekerjaan beton konvensional perlu dilakukan curing / perawatan beton. Tujuan perawatan beton yaitu :

1. Mencegah kehilangan moisture pada beton (tidak kurang dari 80%)
2. Mempertahankan suhu yang baik selama durasi waktu tertentu (diatas suhu beku dan dibawah 50 °C)

Dalam penelitian ini perawatan beton yang dilakukan adalah perawatan beton konvensional yaitu Penggenangan / Perendaman.

Proses ini khususnya pekerjaan dengan permukaan yang datar dan volume pekerjaan yang kecil temperatur air curing harus dijaga sehingga temperatur air tidak lebih dingin 11 °C dari temperatur beton hal ini untuk mencegah retak yang diakibatkan tegangan termal. Proses ini biasanya dilakukan dalam pekerjaan laboratorium. Tujuan dari sistem perawatan ini adalah untuk mempertahankan jumlah air dalam beton selama proses pengerasan awal. Kelebihan dari perawatan ini adalah ideal untuk mencegah

hilangnya moisture serta mempertahankan suhu yang seragam. Sedangkan Kekurangannya yaitu membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan perlu pengawasan dan tidak praktis untuk proyek yang besar.

6. Kuat Tekan Beton

Halaman-halaman abstrak dan bagian persiapan Laporan Akhir diberi nomor yang terpisah dari nomor halaman tubuh . Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang bekerja pada satuan luas beton, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. (Tjokrodimulyo, 1995).

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Faktor air semen dan kepadatan

Semakin rendah faktor air semen, maka semakin tinggi kuat tekan betonnya. Namun kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu, semakin rendah nilai faktor air semen, kuat tekan betonnya semakin rendah. Hal ini disebabkan jika faktor air semen terlalu rendah adukan beton sulit dipadatkan. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton setelah mengeras.

2. Umur beton

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan pertambahan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung dari jenis semen dan adanya bahan tambah.

3. Jenis semen dan kualitasnya

Masing-masing jenis semen mempunyai laju kenaikan kekuatan yang

4. Perawatan (*curing*)

Adanya air yang hilang karena menguap dapat menyebabkan terganggunya hidrasi. Karena hidrasi lebih cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya.

5. *Setting time*

Setting time adalah waktu yang dibutuhkan oleh semen untuk mulai mengadakan proses pengikatan.

6. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan pada saat retak-retak beton mulai terbentuk. Demikian juga dengan besar ukuran maksimum butiran agregat. Pada pemakaian ukuran butiran agregat lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat sehingga kuat tekannya tinggi.

Rumus yang digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

$$f_c' = (P/A) \text{ konfersi kuat tekan (N/mm}^2\text{)}$$

Keterangan :

f_c' : Kuat tekan beton (N/mm²)

P : Beban maksimum (N)

A : Luas penampang benda uji (mm²)

Dimana konfersi kuat tekan beton :

Tabel 2.8 Faktor pengali berbagai umur beton.

umur	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
konversi	0,4	0,7	0,88	0,96	1.00

Sumber : SK SNIT 15 – 1990 – 03

7. Sifat – Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat campuran masih segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat mengeras, beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban.

8. Beton Segar (*Fresh Concrete*)

Hal – hal penting yang berkaitan dengan sifat – sifat beton segar adalah :

a. Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Taiji Saji (1984) menguraikan bahwa sifat workabilitas beton segar ditandai dengan enam karakter yaitu : konsistensi, plastisitas, kemudahan dituang, keenceran, kemudahan dirapikan, dan kemudahan dipompa. Sedang Newman (1999) menuliskan bahwa sekurang-kurangnya tiga sifat yang terpisah dalam mendefinisikan sifat ini, yaitu :

- a) Kompakabilitas, kemudahan beton dipadatkan
- b) Mobilitas, kemudahan beton mengalir dalam cetakan
- c) Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan atau dipadatkan.

Workability sulit untuk didefinisikan dengan tepat, namun sering diartikan sebagai tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain (Kardiyono Tiokrodimulyo, 1992) :

- a) Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. makin banyak air yang dipakai, makin mudah beton segar itu dikerjakan. Tetapi pemakaian air juga tidak boleh terlalu berlebihan.
- b) Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan betonnya, karena pasti juga diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai faktor air semen tetap.
- c) Gradasi campuran pasir dan kerikil, jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton mudah dikerjakan.
- d) Pemakaian butiran yang bulat memudahkan cara pengerjaan.
- e) Pemakaian butiran maksimum kerikil yang dipakai berpengaruh terhadap cara pengerjaan.
- f) Cara pemadatan beton menentukan sifat pekerjaan yang berbeda.
- g) Selain itu, beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah kadar udara yang terdapat di dalam beton dan penggunaan bahan tambah dalam campuran beton.

9. Pemisahan Air (*bleeding*)

Bleeding adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). Selanjutnya Neville (1981) berpendapat bahwa naiknya air ke permukaan dan bersamaan dengan turunnya bahan ke dasar disebabkan oleh pengaruh gravitasi akibat berat sendiri sebagai fenomena alamiah atau proses "*specific sedimentation*".

Adapun penyebab *bleeding* menurut Neville (1981:224) adalah ketidakmampuan bahan padat campuran untuk menangkap air pencampur. Ketika *bleeding* sedang berlangsung, air campuran terjebak di dalam kantong-kantong yang terbentuk antara agregat dan pasta semen (matriks). Sesudah *bleeding* selesai dan beton mengeras, kantong-kantong menjadi kering ketika berlangsung perawatan dalam keadaan kering. Akibatnya apabila ada tekanan, kantong-kantong tersebut menjadi penyebab mudahnya retak pada beton.

karena kantong-kantong hanya berisi udara dan bahan lembut semacam debu halus.

Pemisahan air dapat dikurangi dengan cara – cara berikut:

- a. Memberi lebih banyak semen.
- b. Menggunakan air sesedikit mungkin.
- c. Menggunakan pasir lebih banyak

10. Pemisahan Kerikil (segregasi)

Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton. Neville (1981:223) menuliskan bahwa terdapat dua bentuk segregasi beton segar yaitu :

- a. Partikel yang lebih kasar cenderung memisahkan diri dari partikel yang lebih halus
- b. Terpisahnya air semen dari adukan.

Segregasi sangat besar pengaruhnya terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segregasi beton sangat tinggi, maka ketidaksempurnaan konstruksi beton juga tinggi. Hal ini dapat berupa keropos, terdapat lapisan yang lemah dan berpori, permukaan nampak bersisik dan tidak merata.

Murdock (1986) menuliskan bahwa segregasi disebabkan oleh :

- a) Penggunaan air pencampur yang terlalu banyak
- b) Gradasi agregat yang jelek
- c) Kurangnya jumlah semen
- d) Cara pengelolaan yang tidak memenuhi syarat

Pemisahan kerikil dari adukan beton kurang baik setelah beton mengeras. Untuk mengurangi kecenderungan pemisahan kerikil tersebut maka diusahakan hal – hal sebagai berikut:

- a) Memberikan air secukupnya (sesuai dengan kebutuhan)
- b) Adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian terlalu tinggi
- c) Cara pengangkutan, penuangan, maupun pemadatan harus

11. Beton Keras (Hardened concrete)

Sifat – sifat mekanis beton keras adalah :

a. Sifat jangka pendek atau sesaat

Sifat jangka pendek terdiri dari :

a) Kekuatan tekan

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendak, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton :

- a) Perbandingan air semen dan tingkat pematannya
- b) Jenis semen dan kualitasnya
- c) Jenis dan lekak – lekuk bidang permukaan agregat
- d) Umur (pada keadaan normal kekuatan bertambah sesuai dengan umurnya)
- e) Suhu (kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu)
- f) Efisiensi dan perawatan

b) Kekuatan tarik

Kekuatan tarik beton berkisar 1/18 kuat desak beton pada waktu umurnya masih muda dan berkisar seperduapuluh sesudahnya. Pengamatan kuat tarik beton khususnya pada beton bertulang sangat penting pada penentuan kemungkinan pencegahan keretakan akibat susut dan perubahan panas. Sedang untuk beton tidak bertulang, hasil pengujian ini dimanfaatkan dalam perencanaan bentang-beli jalan raya dan bangunan

c) Kekuatan geser

Di dalam praktek, kekuatan geser beton selalu diikuti oleh kekuatan desak dan tarik oleh lenturan bahkan di dalam pengujian tidak mungkin menghilangkan elemen lentur.

b. Sifat jangka panjang

Sifat jangka panjang terdiri dari:

a) Rangkak

Rangkak adalah penambahan terhadap waktu akibat beton yang bekerja. Faktor – faktor yang mempengaruhi rangkak adalah:

- a) Kekuatan
- b) Rangkak dikurangi bila kenaikan kekuatan semakin besar
- c) Perbandingan campuran
- d) Bila fas dan volume pasta semen berkurang maka rangkak berkurang.
- e) Agregat
- f) Rangkak bertambah bila agregat makin halus)
- g) Perawatan
- h) Umur
- i) Kecepatan rangkak berkurang sejalan dengan umur beton

b) Susut

Susut adalah berkurangnya volume elemen beton karena terjadi kehilangan uap air ketika terjadi penguapan. Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya susut adalah :

- a) Agregat sebagai penahan susut pasta semen
- b) Faktor air semen (semakin besar fas semakin besar pula efek susut)
- c) Ukuran elemen beton (kelajuan dan besarnya susut akan berkurang bila volume elemen betonnya semakin besar)
- d) Kondisi lingkungan
- e) Banyaknya penulangan