

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Beton didapat dari percampuran bahan aktif dan bahan pasif pada perbandingan tertentu. Bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan bahan pasif adalah pasir dan kerikil atau biasa disebut agregat halus dan agregat kasar. Kelompok yang aktif sebagai perekat dan kelompok yang pasif sebagai bahan pengisi. Campuran kedua bahan di atas bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan yang memiliki kekuatan desak tinggi. Oleh karena itu, beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. (Tjokrodimuljo, 1996)

Teknologi beton tidaklah statis saja namun terus berkembang sejalan dengan perkembangan pembangunan khususnya dibidang konstruksi. Penelitian untuk mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton perlu sekali dilaksanakan. Tujuannya untuk mendapatkan suatu beton dengan kuat desak tinggi menggunakan semen yang seefisien mungkin. Penambahan bahan pozzolan merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan kuat desak beton yang baik. Bahan pozzolan yang biasa dipakai antara lain abu terbang.

Komponen yang paling utama dikandung abu terbang adalah Oksida Silika $[\text{SiO}_2]$. $[\text{SiO}_2]$ jika dicampur dengan air $[\text{H}_2\text{O}]$ tidak menghasilkan zat perekat seperti semen. $[\text{SiO}_2]$ akan bereaksi secara kimia dengan Kalsium hidroksida $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ pada temperatur ruang yang akan membentuk senyawa baru yaitu Kalsium silikat hidrat $[\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ yang mempunyai sifat seperti semen (zat perekat). (Semen Gresik, 2003)

Kalsium hidroksida merupakan sisa hasil reaksi antara semen dan air. Air bersih mengalir mengenai beton, lama kelamaan akan melarutkan Kalsium hidroksida $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$. Air yang mengandung CO_2 bereaksi dengan $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ menghasilkan senyawa $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ merupakan salah satu senyawa yang mudah larut dan proses reaksinya akan berulang pada lapisan lebih dalam. Senyawa ini sedikit demi sedikit akan menyerang dan merusak senyawa-senyawa lain dari semen dalam betonnya atau sering disebut korosi beton. Pelarutan dari Kalsium hidroksida dapat dicegah dengan diusahakan betonnya rapat dan Kalsium hidroksida diubah menjadi senyawa yang tidak larut. Penelitian ini dipakai abu terbang untuk mengubah Kalsium hidroksida menjadi Kalsium silikat hidrat (senyawa tidak larut). (Semen Gresik, 2003)

3.2 Material Penyusun

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan lainnya satu

atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (SNI 15-2049-1994)

Menurut SNI 15-2049-1994, semen portland diklasifikasikan dalam lima jenis sebagai berikut :

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalori hidrasi rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut "*major oxides*", sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium (MgO) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen portland tergantung pada jenis semen dan komposisi bahan baku yang dipergunakan. Komposisi kimia semen portland mempunyai limitasi seperti pada tabel 3.1 : (SNI 15-2049-1994)

Tabel 3.1 Komposisi limit Semen Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
Kapur [CaO]	60 – 67
Silika [SiO ₂]	17 – 25
Alumina [Al ₂ O ₃]	3 – 8
Besi [Fe ₂ O ₃]	0,5 - 6,0
Magnesium [MgO]	0,1 - 5,5
Soda / Potash [Na ₂ O + K ₂ O]	0,5 - 1,3
TiO ₂	0,1 - 0,4
P ₂ O ₅	0,1 - 0,2

Keempat oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa yang biasa disebut : (SNI 15-2049-1994)

1. *Trikalsium silikat, 3CaO.SiO₂ disingkat C₃S*

Sifat C₃S hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. C₃S menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi ± 500 joule/gram. Kandungan C₃S pada semen portland bervariasi antara 35%-55% tergantung pada jenis semen portland.

2. *Dikalsium silikat, 2CaO.SiO₂ disingkat C₂S*

Sifat C₂S, pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu ± 250 joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C₃S. Kandungan C₂S pada semen portland bervariasi antara 15%-35% dan rata-rata 25%.

3. *Trikalsium aluminat, $3CaO \cdot Al_2O_3$ disingkat C_3A*

Sifat C_3A , dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu ± 850 joule/gram. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan C_3A pada semen portland bervariasi antara 7%-15%.

4. *Tetra kalsium alumino ferrite, $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ disingkat C_4AF*

Sifat C_4AF , dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi ± 420 joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh C_4AF . Kandungan C_4AF pada semen portland bervariasi antara 5%-10% dan rata-rata 8%.

Keterangan mengenai keempat senyawa diatas dapat dilihat dalam tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Sifat senyawa semen

Senyawa	Laju reaksi	Panas ikatan (tiap satuan)	Nilai ikatan (tiap satuan)	
			Awal	pada optimum
C_3S	Sedang	sedang	Baik	Baik
C_2S	lambat	kecil	kurang	baik
C_3A	besar	besar	baik	kurang
C_4AF	Lambat	Kecil	Kurang	Kurang

3.2.2 Bahan Tambah

Sesuai dengan namanya, bahan tambah merupakan bahan tambahan pada suatu campuran beton yang bertujuan untuk kepentingan tertentu. Oleh karena itu, penggunaan bahan tambah harus benar-benar dipertimbangkan, misalnya: campuran yang kaku dapat diubah lebih plastis dan kohesif dengan penambahan bahan untuk menjadikan plastis (*plasticizer*). Karena suatu bahan campuran pada

umumnya dimasukan dalam campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar dari pada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis. Pada pelaksanaan selalu ada usaha untuk menambahnya sedikit, terutama bila operator menyangka bahwa keadaan campuran menyimpang dari keadaan normal. Kesukaran dan biaya yang dialami dalam kontrol yang dibutuhkan, kadang-kadang lebih besar dari keuntungan yang didapat dari penggunaan bahan tambah. Bahan tambah yang berlebihan dapat menurunkan sekali kekuatan atau sifat-sifat beton yang lain (L.J. Murdock dan K.M.Brook).

Agar dapat memahami kecocokan suatu bahan campuran, maka unsur-unsurnya yang aktif harus diketahui, ini karena beberapa sifat beton mungkin diperbaiki oleh salah satu unsur, tetapi pengaruh penurunan terhadap sifat-sifat lainnya mungkin disebabkan oleh unsur lainnya.

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (1990). (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton), bahan kimia tambahan dapat dibedakan dalam lima 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 yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.

2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya untuk satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.

3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan di bawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan.

Berikut ini adalah beberapa contoh bahan tambah atau additive:

1. *Accelerators* yaitu bahan untuk mempercepat pengerasan pada adukan beton. Bahan ini biasanya dipakai pada saat musim dingin karena kurangnya panas yang diterima untuk mempercepat adukan beton.
2. *Retarder* yaitu bahan untuk memperlambat pengerasan adukan beton. Bahan ini biasanya dipakai pada daerah yang bertemperatur panas.
3. *Air entraining agents* yaitu bahan untuk mengisi pori-pori pada beton segar. Bahan ini meningkatkan durabilitas dan plastisitas, tetapi bisa saja mempunyai efek yang merugikan dalam kekuatan beton.
4. *Superplasticizer* yaitu bahan yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya bleeding. *Superplasticizer*

dapat mereduksi air sampai 15% dari campuran awal dan juga dapat meningkatkan kekuatan beton sampai 10%.

5. *Pozzolan admixtures* yaitu bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen.
6. *Concrete waterproofers* yaitu bahan campuran penangkal air yang berfungsi untuk mencegah meresapnya air hujan kedalam beton, dengan demikian diharapkan beton kedap air.

3.2.2.1 *Fly Ash*

Fly ash berasal dari penyaringan sisa pembakaran batu bara pada tungku Pembangkit Listrik Tenaga Uap, yang berbentuk partikel halus, tidak berpori serta bersifat pozzolanik.

Menurut SK-SNI S-15-1990-F Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan Untuk Campuran Beton, abu terbang hasil pembakaran batu bara digolongkan menjadi 3 jenis abu terbang, yaitu :

1. Kelas F : Abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit dan bituminous.
2. Kelas C : Abu Terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignite dan subbituminous.
3. Kelas N : Pozzolan alam, seperti halnya tanah diatome, shale, tufa, abu gunung berapi atau pumice.

Persyaratan kimia abu terbang menurut SK SNI S-15-1990-F dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini :

Tabel 3.3 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

Persyaratan fisika abu terbang menurut SK SNI S-15-1990-F dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini :

Tabel 3.4 Persyaratan Fisika Abu Terbang

No.	Sifat fisika	Data yang ada
1.	Berat Jenis	1,99-2,40 gr/cm^3
2.	Kehalusan Butir	163-227,19 m^2/kg
3.	Kadar Air	0,55-4,6 %

3.2.2.2 Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (L.J. Murdock dan K.M.Brook).

Keistimewaan penggunaan *superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain:

1. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan workabilitas tinggi.

2. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
3. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan dengan meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit.
4. Tidak adanya udara yang masuk. Penambahan 1% udara ke dalam beton dapat menyebabkan pengurangan rata-rata 6% terhadap kuat desak beton.
5. Tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan.

3.2.3 Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Ini karena agregat menempati kira-kira sebanyak 78% volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. (Triono Budi Astanto, 2001)

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain: (Triono Budi Astanto, 2001)

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. (Triono Budi Astanto, 2001)

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam tabel 3.5 :

Tabel 3.5 Gradasi Pasir

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

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

Adapun agregat kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam tabel 3.6 :

Tabel 3.6 Gradasi kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat di tetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 dan 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus : (Triono Budi Astanto, 2001)

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100 \% \quad (1)$$

Dengan W : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil

K : Modulus halus butir kerikil

P : Modulus halus butir pasir

C : Modulus halus butir campuran.

3.2.4 Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pengikatan campuran serta sifat mudah dikerjakan (*workability*). Namun demikian pemakaian air tidak boleh berlebihan, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja di tuang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan sambung yang lemah. Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut : (Triono Budi Astanto, 2001)

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/lit,
2. Tidak mengandung zat organik, asam, dan garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gr/lit,
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit, dan
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lit.

3.3 Metode Perancangan Campuran

Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F merupakan penyempurnaan dari ketentuan pada PBI 1971. Ketentuan ini yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Benda uji standar berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Benda uji selain silinder sebagai alternatif yang memberikan kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada tabel 3.7 :

Tabel 3.7 Angka konversi benda uji beton

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1,00
Kubus 150 x 150 mm	0,80
Kubus 200 x 200 mm	0,83

2. Hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

3.4 Pengendalian Pekerjaan Beton

Untuk menjaga agar mutu beton dilapangan tetap terjaga, seorang pengawas harus mengawasi pekerjaan dengan teliti. Pelaksanaan pengawasan mutu secara terus menerus selama pembuatan beton perlu dilakukan untuk mengetahui kuat desak rata-rata dan besar variasi kuat desak beton yang dibuat dilapangan secara lebih dini. (Tjokrodimuljo, 1996)

Dalam buku Perencanaan Campuran dan Pengendalian Mutu Beton 1994, tercantum bahwa pekerjaan beton dapat dinyatakan memenuhi syarat jika kedua persyaratan berikut terpenuhi :

1. Nilai rata-rata dari semua pasangan hasil uji (yang masing-masing pasangan terdiri dari tiga hasil uji desak) tidak kurang dari $f'c + 0,82$ sd
2. Tidak satupun dari hasil uji desak (rata-rata dari dua silinder / kubus) kurang dari $0,85 f'c$.

Jika persyaratan pertama tidak terpenuhi, maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan kuat desak rata-rata betonnya. Adapun jika persyaratan kedua yang tidak dipenuhi maka harus diambil langkah-langkah untuk

memastikan bahwa kapasitas daya dukung struktur terhadap beban akan ditahan masih tidak membahayakan.

3.5 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian ini kami menggunakan metode "*The British Mix Design Method*" atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department of Environment*). Adapun langkah-langkahnya pada lampiran A.

3.6 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan di aduk dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan cara : (Triono Budi Astanto, 2001)

- a. Tangan, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit dan tidak diinginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin.
- b. Mesin, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,5 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

3.7 Modulus Elastisitas Beton

Hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan desain juga prosedur-prosedur pada struktur beton. Kurva hubungan tegangan-regangan diperoleh dari pengujian terhadap benda uji silinder beton selama beberapa menit. Sampai sekitar 40% dari f'_c , pada umumnya untuk tujuan praktis kurva hubungan tegangan-regangan dapat dianggap linier. Mendekati 70% tegangan hancur, materialnya banyak kehilangan kekakuannya sehingga menambah ketidaklinieran kurva. (Nawy, 1985)

Tolok ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu. (Murdock dan Brook, 1999)

Untuk menghitung besarnya modulus elastisitas, dapat dipergunakan formulasi sebagai berikut :

$$E_c = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2)$$

Dimana : E_c = Modulus elastisitas

σ = Tegangan pada saat batas sebanding (Kg/cm^2)

ϵ = Regangan pada saat batas sebanding

Modulus elastisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik agregat, umur beton, kondisi rawatan beton dan metode pengukuran nilai modulus. Karakteristik agregat merupakan faktor yang sangat berpengaruh, penggunaan agregat yang berbutir kecil dengan tekstur yang tajam dapat meningkatkan modulus elastisitas. Modulus elastisitas beton akan meningkat

dengan bertambahnya waktu. Peningkatan modulus elastisitas tergantung pada kelangsungan proses hidrasi semen, yang berhubungan dengan berkurangnya porositas beton dan peningkatan kekuatan. Penggunaan bahan tambah pengganti semen untuk meningkatkan kepadatan beton selain meningkatkan kekuatan juga menaikkan modulus elastisitas beton.

