

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Menurut Pedoman Pengerjaan Beton berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat.

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 definisi Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari.

Menurut Nawy (1998) ada beberapa parameter yang dapat menentukan kekuatan beton, yaitu :

1. kualitas semen;
2. proporsi semen terhadap air dalam campuran;
3. kekuatan dan kebersihan agregat;
4. interaksi atau adhesi antara pasta semen dan agregat;
5. pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton;
6. penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar;
7. perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 500 F pada saat beton hendak mencapai kekuatannya;

8. kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton ekspos dan 1% untuk beton terlindung.

Sebagai bahan konstruksi beton mempunyai keunggulan dan kelemahan. Keunggulan beton antara lain :

1. harganya relatif murah;
2. mampu memikul beban yang berat;
3. mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi;
4. biaya pemeliharaan/perawatannya kecil.

Kelemahan beton antara lain :

1. beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan;
2. beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton;
3. bentuk yang telah dibuat sulit diubah;
4. berat;
5. daya pantul suara yang besar;
6. pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

3.2. Beton Mutu Tinggi

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga berubah sesuai dengan perkembangan jaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya

30MPa. Tahun 1960 -1970an, kriteria naik menjadi 40MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika kekuatan tekannya diatas 50MPa (Supartono, 1998)

Banyak parameter yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, diantaranya adalah kualitas bahan-bahan penyusunnya, rasio air-semen yang rendah dan kepadatan yang tinggi pula. Beton segar yang dihasilkan dengan memperhatikan parameter tersebut biasanya sangat kaku, sehingga sulit dibentuk atau dikerjakan terutama pada pengerjaan pemadatan. Dengan semakin banyaknya pabrik yang menghasilkan bahan admixture sebagai bahan pengencer dari beton yang berefek mencairkan beton tanpa menambah campuran air dalam beton, maka hal ini tidak menjadi masalah (M.S.Besari, 2003).

3.3. Pengaruh Bahan Tambah

Untuk keperluan tertentu terkadang campuran beton tersebut bahan tambah berupa zat-zat kimia tambahan (*chemical additive*) dan mineral-material tambahan. Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan mineral - material tambahan berupa agregat yang mempunyai karakteristik tertentu. Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan pengganti sebagian dari material utama penyusun beton. Standar pemberian bahan tambahan beton ini pun sudah diatur dalam SNI S-18-1990-03 tentang Spesifikasi Bahan Tambahan pada

Beton. Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, SK SNI S-18-1990-03). Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat dan volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah. Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*) dan yang paling utama memperhatikan petunjuk dalam manual produk dagang.

Berdasarkan SNI S-18-1990-03 tujuan penggunaan bahan tambah (*admixture*) untuk campuran pada beton. Berdasarkan tujuan yang diharapkan terdapat beberapa tujuan penggunaan zat kimia diantaranya sebagai berikut ini.

- a. *Water reduction*. (Zat kimia untuk mengurangi penggunaan air pada beton) Hal ini dimaksudkan agar diperoleh adukan dengan nilai *f_{as}* yang tetap dengan

kekentalan yang sama atau dengan fas tetap, tapi didapatkan adukan beton yang lebih encer. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh kuat tekan yang lebih tinggi, dengan tidak mengurangi kekentalannya, atau diperoleh beton dengan kuat tekan yang sama, tapi adukan dibuat menjadi lebih encer agar lebih memudahkan dalam penuangan.

b. *Retarder* (zat kima untuk memperlambat proses ikatan campuran beton)

Biasanya diperlukan untuk beton yang tidak dibuat dilokasi penuangan beton. Proses pengikatan campuran beton sekitar 1 jam. Sehingga apabila sejak beton dicampur sampai penuangan memerlukan waktu lebih dari 1 jam, maka perlu ditambahkan zat kimia ini. Zat tambahan ini diantaranya berupa gula, sucrose, sodium gluconate, glucose, citric acid, dan tartaric acid.

c. *Accelerators* (zat kimia untuk mempercepat ikatan dan pengerasan campuran beton)

Diperlukan untuk mempercepat proses pekerjaan konstruksi beton, pencampuran beton dilakukan di tempat atau dekat dengan penuangannya. Zat tambahan yang digunakan adalah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan NaNO_3 . Namun demikian, lebih dianjurkan menggunakan yang nitrat, karena penggunaan khlorida dapat mempercepat terjadinya karat pada penulangan. Pada kenyataan di lapangan terkadang diperlukan kondisi kombinasi dari ketiga perilaku penambahan zat kimia tersebut yaitu untuk mengurangi penggunaan airdan memperlambat proses ikatan campuran beton, atau untuk mengurangi air dan mempercepat waktu pengikatan serta pengerasan campuran beton.

3.4.Semen Portland

Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), definisi Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi di lokasi, dengan perkembangan semen yang pesat maka dikenal berbagai jenis semen Portland menurut (SK.SNI T-15-1990-03:2) sebagai berikut.

- a. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- b. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidras dengan tingkat sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat).
- c. Tipe III, semen portland yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini

umum dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.

- d. Tipe IV, semen portland yang penggunaannya diperlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan seperti bendungan gravitasi yang besar.
- e. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

Bahan-bahan dasar semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung unsur kimia sebagaimana tercantum pada tabel 3.1 seperti di bawah ini.

Tabel 3.1. Susunan unsur semen portland

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO_2)	17-25
Alumina (Al_2O_3)	3.0-8.0
Besi (Fe_2O_3)	0.5-6.0
Magnesia (MgO)	0.5-4.0
Sulfur (SO_3)	1.0-2.0
Soda/potash ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)	0.5-1.0

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

3.5.Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70 % volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Dari segi ekonomis lebih menguntungkan jika digunakan campuran beton dengan sebanyak mungkin bahan pengisi dan sedikit mungkin jumlah semen. Namun keuntungan dari segi ekonomis harus diseimbangkan dengan kinerja beton baik dalam keadaan segar maupun setelah mengeras.

Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya. Namun kekasaran permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukuran butiran. Agregat yang mempunyai ukuran butiran besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam bidang teknologi beton nilai batas daerah agregat kasar dan agregat halus adalah 4,75 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat dan mendekati kubus), bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil dapat mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori-pori menjadi

sedikit, dengan kata lain agregat tersebut mempunyai kemampatan tinggi. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca.(Tjokrodimuljo,1996).

Untuk mendapatkan beton yang baik diperlukan agregat berkualitas baik pula. Menurut Tjokrodimuljo (2007), Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 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

Sumber : (Tri Mulyono, 2003)

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah IV : Pasir Halus

Sedangkan menurut Tjokrodinuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu sebagai berikut.

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antar 2,5–2,7 gram/cm³.

Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya.

Beton yang dihasilkan mempunyai berat 2,3 gram/cm³ dan biasa disebut beton normal.

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari $2,8 \text{ gram/cm}^3$, misalnya magnetit (Fe_3O_4), barites (BaSO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm^3 yang digunakan sebagai dinding pelindung.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm^3 misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

3.6. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 0,35. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (*laitance*). Selaput

tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodinuljo,1996).

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya). Air yang digunakan sebagai campuran harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.7.Bahan Tambah

3.7.1. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly Ash dan *Bottom Ash* adalah terminologi umum untuk abu terbang yang ringan dan abu relatif berat yang timbul dari suatu proses pembakaran suatu bahan yang lazimnya menghasilkan abu. *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dalam konteks ini adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Abu terbang (*Fly Ash*) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) atau sisa pembakaran dari Boiler Kayu, yang mempergunakan batubara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus dan berkisar 75%-90%

limbah batubara akan keluar melalui cerobong asap, serta hanya sebagian kecil tersisa ditunggu api. Limbah batubara sebelum keluar ditangkap dengan *Electrostatic Precipitator* sehingga limbah batubara masih berupa butiran padat. *Fly Ash/Bottom Ash* yang dihasilkan oleh *fluidized bed system* berukuran 100-200 mesh (1 mesh = 1 lubang/inch²). Ukuran ini relative kecil dan ringan, sedangkan *bottom ash* berukuran 20-50 mesh. Secara umum ukuran *FlyAsh/Bottom Ash* dapat langsung dimanfaatkan di pabrik semen sebagai substitusi batuan trass dengan memasukkannya pada cement mill menggunakan udara tekan (*pneumatic system*). Disamping dimanfaatkan di industri semen, *Fly Ash/BottomAsh* dapat juga dimanfaatkan menjadi campuran aspal (*ready mix*), campuran beton (*concerete*) dan dicetak menjadi paving block/batako.

Abu terbang (*fly ash*) memiliki kadar silikat dan aluminat yang reaktif yang dapat dimanfaatkan untuk mengikat kapur bebas (Ca(OH)₂) dari hasil sampingan antara air dan semen menjadi tobermorite, dengan bentuk reaksi sebagai berikut :



Fly Ash digolongkan menjadi dua macam menurut jenis batubara yang digunakan, yaitu tipe C dan tipe F. *Fly Ash* tipe C berasal dari hasil pembakaran batubara jenis *Lignite* atau *Sub-bituminous* sedangkan *fly ash* tipe F dihasilkan dari *anthracite* atau *bituminous*. Selain itu *fly ash* tipe C berwarna lebih terang (putih) bila dibandingkan tipe F yang berwarna lebih gelap (Abu-abu), hal ini dikarenakan jumlah karbon yang tidak terbakar didalam *fly ash* tipe C lebih

banyak dari pada tipe F. Selain itu *fly ash* tipe F memiliki sifat Pozolanik dan Hidrolis lebih tinggi dari pada tipe C.

Tabel 3.3 Kandungan Kimia Fly Ash

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida Silika (SiO ₂)+Oksida Alumina (Al ₂ O ₃)+Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70,0	50,0
Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum %	5,0	5,0
Kadar Air, Maksimum %	3,0	3,0
Kehilangan Panas, maksimum %	6,0	6,0

Sumber: Mulyono (2003)

3.7.2. Pasir Kuarsa

kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO₂) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O, berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 171500 C, bentuk Kristal hexagonal, panas spesifik 0,185, dan konduktivitas panas 12-10000 C. (Nugraheni, 2011). Dalam penelitian ini digunakan *filler* pasir kuarsa dengan ukuran diameter mesh 200 atau sekitar 0,074 mm.

3.7.3. Glenium ACE 8590

Penambahan Glenium ACE 8590 pada dosis 0,5 % - 1,5 % kuat tekan beton mengalami kenaikan terutama di umur awal beton, dan memiliki kenaikan kuat tekan secara maksimal di umur 28 hari. Keuntungan memakai Glenium ACE 8590 adalah:

- a. *High Water Reduction*;
- b. Ketahanan beton yang baik;
- c. Meningkatkan Kualitas beton;
- d. penampilan permukaan baik;
- e. workability.

Master Glenium ACE 8590 ini terutama cocok untuk konstruksi yang membutuhkan workability yang baik dan juga memiliki kekuatan beton yang tinggi diawal dan di akhir pada umur 28 hari. Contoh aplikasi Master Glenium ACE 8590 adalah sebagai berikut ini.

- a. Untuk memproduksi beton pracetak misalnya Girder Jembatan dan tiang pancang.
- b. Untuk membuat beton pada saat cuaca panas
- c. Untuk *Insitu Casting*.
- d. Untuk pengecoran beton dengan bentuk bekesting susah dijangkau oleh vibrator.

3.8. Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah

struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

3.9. Tarik Belah

Kekuatan tarik beton relative rendah. Kekuatan tarik beton lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah penjepitan (*Gripping*) pada mesin. Ada beberapa metode yang tersedia untuk menguji kekuatan tarik, dan yang paling sering digunakan adalah tes pembelahan silinder. (Nawy, 1990).

Kuat tarik beton bervariasi antara 8% sampai 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan ultimatnya f_c' . Meskipun demikian, kuat tarik ini diperkirakan berbanding lurus terhadap akar kuadrat dari f_c' (McCormac, 2000).

Kuat tarik beton juga dapat diukur dengan melakukan uji pembelahan silinder. Sebuah silinder ditempatkan dengan posisi tidur pada mesin penguji dan kemudian suatu beban tekan diterapkan secara merata diseluruh bagian panjang dari silinder. Kemudian silinder akan terbelah menjadi dua dari ujung ke ujung. (McCormac, 2000).

3.10. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil regangan yang terjadi karena modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai regangan. Nilai modulus elastisitas ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan, kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan tegangan beton. Semakin tegak kurva dan memiliki garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekakuan material sehingga kurva tidak linier lagi. Biasanya modulus sekan mempunyai nilai 25-50% dari kuat tekan f'_c yang diambil sebagai modulus elastisitas. (Wang dan Salamon, 1986).