

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Beton sebagai salah satu bahan utama yang digunakan dalam bidang konstruksi mengalami perkembangan seiring dengan berjalannya waktu. Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (Sebayang, Surya. 2000). Sebagai material komposit, sifat beton tergantung dari sifat bahan penyusunnya.

Menurut Mulyono(2005), pada umumnya beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Komposisi bahan penyusun beton yang sebagian besar adalah agregat menyebabkan beton normal memiliki berat jenis 2300-2400 kg/m³(Dipohusodo, 1994). Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume atau kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo, 1996).

Secara umum adapun kelebihan dan kelemahan penggunaan beton (Tjokrodimulyo, 1996):

Kelebihan beton :

1. beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan,
2. beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan,

3. beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan,
4. beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit,
5. beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton :

1. beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya teriknya,
2. beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mengatasi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu,
3. untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti,
4. beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

3.2. Bahan Penusun Beton

3.2.1. Semen *Portland*

Menurut Mulyono (2005), semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik disektor konstruksi sipil. Jika ditambah air semen akan menjadi pasta semen, jika

ditambah agregat halus pasta semen akan menjadi mortar, jika mortar ditambah agregat kasar, maka akan menjadi beton segar yang setelah mengeras menjadi beton keras atau (*hard concrete*). Fungsi utama semen yaitu mengikat butir-butir agregat menjadi massa yang padat serta mengisi rongga udara diantara butir agregat.

Semen *portland* adalah jenis semen yang paling umum digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kandungan Bahan-Bahan Kimia dalam Bahan Baku Semen

| Oksida | % |
|---|---------|
| Kapur, CaO | 60-67 |
| Silika, SiO ₂ | 17-25 |
| Alumina, Al ₂ O ₃ | 3-8 |
| Besi, Fe ₂ O ₃ | 0,5-0,6 |
| Magnesia, MgO | 0,1-4 |
| Sulfur, SO ₃ | 1,3 |
| Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O | 0,2-1,3 |

Sumber: Neville and Brooks, 1987

Berdasarkan SNI S-04-1989-F semen *portland* dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya, yaitu :

1. Tipe I: Semen *portland* untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Tipe II: Semen *portland* untuk konstruksi pada yang agak tahan terhadap sulfat.
3. Tipe III: Semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

4. Tipe IV: Semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V: Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan yang sangat tahan terhadap sulfat. Penggunaan semen jenis ini sama dengan pada semen jenis II dengan kontaminasi sulfat yang lebih pekat.

3.2.2. Agregat Halus

Agregat halus atau yang umum disebut pasir merupakan mineral alami yang berasal dari sintegrasi alami batuan alam atau buatan dari pemecah batu (*stone crusher*). Menurut SK SNI S-04-1989-F, sebagai bahan pengisi campuran beton, sebaiknya digunakan pasir yang memenuhi beberapa syarat sebagai berikut.

1. Harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Butirnya harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh perubahan cuaca, yaitu terik matahari dan hujan.
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 %. Apabila kadar lumpur melampaui 5 %, maka harus dicuci.
4. Tidak mengandung bahan-bahan organik karena dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa semen *portland* sehingga mengurangi kualitas adukan betonnya.
5. Tidak mengandung pasir laut karena mengakibatkan korosi pada tulangan.
6. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8.

Tabel 3.2. Gradasi standar agregat halus (ASTM C-33)

| Diameter Saringan (mm) | Persentase Lolos (%) |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 9,5 | 100 |
| 4,75 | 95 - 100 |
| 2,36 (No.8) | 80 - 100 |
| 1,18 (No.16) | 50 - 85 |
| 0,6 (No. 30) | 25 - 60 |
| 0,3 (No.50) | Okt-30 |
| 0,15 (No. 100) | 02-Okt |

Sumber : *Annual Book of ASTM Standards Volume 04.02 "Concrete and Aggregates". 1997.*

3.2.3. Agregat kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral alami yang ukuran butirnya lebih besar dari 0,5 mm (Standar ASTM). Kandungan agregat yang cukup besar dalam campuran beton membuat agregat tersebut menjadi penting dan sangat berpengaruh. Agregat kasar harus mampu mengisi rongga-rongga dengan ukuran butirnya yang beragam, sehingga mengurangi penggunaan semen.

Tabel 3.3. Susunan besar butiran agregat kasar.

| Diameter Saringan (mm) | Persentase Lolos (%) |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 38,1 | 95 - 100 |
| 19,1 | 35 - 70 |
| 9,52 | 10-30 |
| 4,75 | 0 - 5 |

Sumber: ASTM, 1991

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F) adalah sebagai berikut :

1. butir keras dan tidak berpori,

2. jumlah butir pipih dan panjang dapat dipakai jika kurang dari 20 % berat keseluruhan,
3. bersifat kekal,
4. tidak mengandung zat-zat alkali,
6. kandungan lumpur kurang dari 1 % (terhadap berat kering),
7. ukuran butir beranekaragam.

3.2.4. Air

Air merupakan bahan dasar perekat semen dengan bahan penyusun beton lainnya. Bila dicampurkan dengan semen, air akan melakukan reaksi hidrasi membentuk pasta semen yang dapat mengikat fragmen-fragmen bahan penyusun beton lainnya. Selain sebagai perekat, air juga berfungsi sebagai pelumas dalam proses pembuatan beton. Komposisi air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen sekitar 25% dari berat semen. Penggunaan air yang berlebihan dari jumlah yang dibutuhkan akan mengurangi kekuatan beton sendiri.

3.2.5. *Superplasticizer*

Ada tiga jenis *Superplasticizer* berdasarkan kandungan klorida, diantaranya (Paulus, Nugraha. 1989) :

1. kondensasi sulfonat melamin formaldehid dengan kandungan klorida sebesar 0.005%,
2. sulfonat naftalin formaldehid dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan,
3. modifikasi lignosulfonat tanpa kandungan klorida.

Penggunaan *superplasticizer* membutuhkan tingkatan kontrol yang cukup tinggi terhadap penakaran bahan beton, terutama airnya, karena bila *superplasticizer* ditambahkan pada saat workabilitas yang tidak tepat maka akan terjadi segregasi (Murdock dan Brock, 1999).

Pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* merek ADT yang juga berfungsi menstabilkan *foam* pada penggunaan *foam agent* dalam campuran beton. Oleh Suseno (2011) dalam penelitiannya tentang pengaruh variasi proporsi campuran dan penambahan *superplasticizer* terhadap beton ringan struktural beragregat batuan andesit piroksen menyimpulkan bahwa nilai *slump* dipengaruhi oleh variasi penambahan *superplasticizer*, dimana semakin banyak prosentase *superplasticizer* yang ditambahkan akan mengakibatkan nilai *slump* meningkat yang menunjukkan tingkat workabilitas campuran beton semakin tinggi. Dari penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa variasi penambahan *superplasticizer* juga memberikan pengaruh pada kuat tekan beton ringan.

3.3. Beton Foam

Beton *foam* adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara didalam beton (Husin dan Setiadji, 2008). Dengan ditambahkan *foaming agent* maka akan terbentuk pori-pori yang terjadi akibat reaksi kimia dimana kalsium hidroksida

yang terkandung dalam pasir akan bereaksi membentuk gas hidrogen. Gas hidrogen tersebut akan membentuk gelembung-gelembung didalam campuran beton yang mengakibatkan volumenya akan menjadi lebih besar dari volume semula. Diakhir pengembangan, hidrogen yang terbentuk tadi akan terlepas ke atmosfer dan akan digantikan udara. Akibat terbentuknya rongga di dalam campuran beton tadi, maka berat jenis dari beton tersebut akan lebih kecil dari semula (Simbolon, 2015).

Penggunaan *foaming agent* bertujuan untuk memperoleh berat jenis beton yang lebih ringan. Menurut Husindan Setiadji (2008) dalam penelitian oleh Wicaksono (2014), *foam agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antarmuka dan mengaktifkan antarmuka tersebut dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.

Neville and Brooks(1987), ada 2 metode dasar yang dapat ditempuh untuk menghasilkan gelembung gas/udara dalam beton busa atau membuat beton ber-aerasi yaitu sebagai berikut.

- a. *Gas concrete*, dibuat dengan memasukkan suatu reaksi kimia dalam bentuk gas/udara ke dalam mortar basah, sehingga ketika bercampur menghasilkan gelembung-gelembung gas/udara dalam jumlah yang banyak. Cara yang sering digunakan adalah dengan menambahkan bubuk aluminium kira-kira 0,2% dari berat semen ke dalam campuran.

- b. *Foamed concrete*, dibuat dengan menambahkan *foaming agent* ke dalam campuran. *Foaming agent* merupakan salah satu bahan pembuat busa yang biasanya berasal dari bahan berbasis protein *hydrolyzed* atau resin sabun. Fungsi dari *foam agent* adalah untuk menstabilkan gelembung udara selama pencampuran dengan cepat. Bahan pembentuk *foam agent* dapat berupa bahan alami dan buatan. *Foam agent* dengan bahan alami berupa protein memiliki kepadatan 80 gr/lt, sedangkan bahan buatan berupa *synthetic* memiliki kepadatan 40gr/lt (Ismatullah, 2009).

3.4. Kuat Tekan Beton

Salah satu sifat terpenting yang menentukan kualitas mutu beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (Wibawa, 2011). Kuat tekan beton dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya. Jumlah air dan semen dalam beton merupakan faktor penentu utama kuat tekan yang dihasilkan beton. Suatu jumlah air dan semen dalam beton diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, dimana kelebihan air dapat meningkatkan kemampuan pekerjaan namun dapat menurunkan kekuatan dari betonnya (Wang, C.K. dan Salmon, C.G., 1986). Kekuatan beton yang paling umum digunakan sekitar 22 kg/cm² sampai 500 kg/cm².

Nilai kuat tekan diperoleh dari pengujian terhadap silinder beton (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) yang diberikan beban dan ditekan sampai hancur.

Sedangkan menurut SNI 1974-2011, untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dari hasil pengujian dengan mesin uji diformulasikan sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

$f'c$ = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji silinder (mm²)

3.5. Modulus Elastisitas Beton

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brock, 1999). Sesuai dengan SNI-03-1726-2002 dan SNI-03-2847-2002 untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton secara teoritis di gunakan rumus–rumus sebagai berikut.

$$Ec = w_c^{1.5} (0,043)\sqrt{f'c} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

w_c = berat beton antara 1500-2500 kg/m³(kg/m³)

Fc' = mutu beton (MPa)

Ec = modulus elastisitas (MPa)

Dan untuk beton dengan berat normal yang berkisar 2320 kg/m³ :

$$Ec = 4700\sqrt{f'c} \dots\dots\dots(3.3)$$

Berdasarkan penelitian oleh Wang, C. K. and Salmon, C.G., (1986), untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton digunakan rumus :

$$E_c = \frac{0,3 \times f_{maks}}{\epsilon_p} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

- E_c = modulus elastisitas beton tekan (MPa)
 F_{maks} = tegangan beton maksimum (MPa)
 ϵ_p = regangan beton

3.6. Daya Serap Beton

Menurut SNI 03-2914-1990, sifat beton kedap air harus memenuhi persyaratan berikut ini.

1. Beton kedap air normal bila diuji dengan cara perendaman dengan air selama 10+0,5 menit, resapan maksimum adalah 2,5% terhadap berat beton kering oven. Selama perendaman 24 jam, resapan maksimum adalah 6,5% terhadap beton ringan kering oven.
2. Beton kedap air agresif bila diuji dengan tekanan air, maka tembusnya air ke dalam beton tidak melampaui batas berikut ini.
 - a. Agresif sedang : 50 mm
 - b. Agresif kuat : 30 mm

Pada penelitian ini digunakan silinder diameter 70 mm dan tinggi 140 mm untuk melakukan pengujian penyerapan air. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung serapan air :

$$S = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

- W_1 = berat beton kering oven (kg)

W_2 = berat beton kering permukaan (SSD) (kg)
S = daya serap air (%)

3.7. Konversi Dimensi Benda Uji terhadap Kuat Tekan Beton

Pengujian kekuatan beton merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah perencanaan atau *design*. Hal ini yang mewajibkan dilakukan pengujian kuat tekan pada beton di laboratorium untuk menentukan seberapa besar kekuatan yang mampu diterima benda uji. Pada pengujian di laboratorium dapat dilakukan dengan berbagai kondisi. Salah satunya dengan menggunakan skala benda uji yang berbeda-beda untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Beberapa studi yang dilakukan pada pengaruh dimensi benda uji terhadap kuat tekan beton menyimpulkan, bahwa semakin bertambahnya ukuran penampang benda uji menyebabkan semakin turunnya nilai kuat tekan yang dihasilkan (Ozyildirim & Carino, 2006).

Pada peraturan ASTM (*American Standard for Testing Materials*) faktor konversi nilai kuat tekan beton dari berbagai dimensi benda uji ke benda uji standar yaitu silinder 15 cm x 30 cm dijelaskan dalam tabel 2.1.