

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Upaya peningkatan kualitas beton terus dilakukan dari waktu ke waktu, untuk mencapai kekuatan yang paling maksimal. Upaya ini terbukti dari munculnya berbagai penelitian mengenai berbagai bahan yang dapat dicampurkan kedalam campuran beton untuk menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi, karena peningkatan kekuatan beton salah satunya sangat bergantung pada bahan penyusunnya. Salah satu upaya peningkatan kualitas beton adalah dengan penambahan serat atau fiber. Salah satu serat yang dapat dipakai adalah serat jenis plastik yaitu serat *polypropylene* yang sudah terbukti dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat structural dari beton (ACI Committee 544,1982).

2.2. Perkembangan Penelitian Beton Berserat *Polypropylene*

Penelitian mengenai serat *polypropylene* pernah diteliti oleh Adianto dan Joewono (2006), yang membahas tentang hubungan penambahan serat *polymeric* terhadap karakteristik beton normal ($f_c' = 30$ Mpa). Khusus serat *polypropylene*, kadar serat yang dimasukkan kedalam campuran beton adalah $0,0 \text{ kg/m}^3$; $0,6 \text{ kg/m}^3$; $0,9 \text{ kg/m}^3$; $1,3 \text{ kg/m}^3$; $1,8 \text{ kg/m}^3$ beton, dan setelah dilakukan percobaan di laboratorium, hasilnya menunjukkan bahwa dengan penambahan serat *polypropylene*, kekuatan tekan beton meningkat sejalan dengan waktu pengerasan, semakin banyak kadar serat, semakin rendah modulus elastisitas dan kadar optimum penambahan serat adalah $0,9 \text{ kg/m}^3$ beton untuk umur beton 28 hari.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Kartini (2007), tentang penggunaan serat *polypropylene* untuk meningkatkan kuat tarik belah beton. Dalam penelitian ini digunakan serat *polypropylene* dengan panjang 12 mm dengan komposisi serat adalah $0,0 \text{ kg/m}^3$; $0,3 \text{ kg/m}^3$; $0,6 \text{ kg/m}^3$; dan $0,9 \text{ kg/m}^3$ beton, dengan pencampuran beton (mix design) menggunakan metode ACI. Hasilnya adalah peningkatan kuat tarik belah sebesar 3,17 % jika dibandingkan dengan beton normal, dan kadar optimum penambahan serat *polypropylene* adalah $0,9 \text{ kg/m}^3$ campuran beton.

Apriyatno (2010) dalam penelitiannya tentang kapasitas geser balok beton bertulang dengan *polypropylene fiber* sebesar 4 % dari volume beton, memberikan kesimpulan bahwa kuat tekan beton serat turun sekitar 15,88 % dari beton normal, dan modulus elastisitas beton serat juga turun sekitar 16,16 % dari beton normal. Kuat tarik belah beton berserat meningkat 22,063 % dari beton normal dan beton serat ini masih mampu menerima gaya tarik meskipun telah mengalami retak. Penambahan serat *polypropylene* juga meningkatkan kapasitas geser balok bertulang *fiber* sebesar 11,76 % dari beton normal. Jumlah retakan, lebar retakan, serta panjang retakan dari beton normal lebih besar jika dibandingkan dengan beton serat.

Penelitian oleh Hasanr dkk. (2013) mengenai pengaruh penambahan *polypropylene fiber mesh* terhadap sifat mekanis beton, meneliti tentang nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan campuran *polypropylene* dengan berbagai kadar. Kadar serat yang dimasukkan dalam campuran beton adalah $0,0 \text{ kg/m}^3$; $0,4 \text{ kg/m}^3$; $0,6 \text{ kg/m}^3$; dan $0,8 \text{ kg/m}^3$ beton, dengan kuat rencana

f_c' 20 Mpa. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa, penambahan serat mengakibatkan menurunnya *workability* yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai slump. Nilai kuat tekan awal beton pada umur 7 hari lebih kecil dari umur 28 hari. Kesimpulan lainnya adalah kuat tekan beton mengalami peningkatan sebesar 3,62 % terhadap beton normal dengan kadar serat optimum 0,6 kg/m³ beton, kuat tarik belah meningkat 20,44 % dengan kadar optimum serat 0,65 kg/m³ beton, dan kuat lentur meningkat 11,26 % dari beton normal dengan kadar serat optimumnya adalah 0,58 kg/m³ beton yang diuji pada umur 28 hari.

2.3. Beton

Berdasarkan SNI 2847:2013, beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambah (*admixture*).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), beton adalah campuran antara semen portland, agregat, air, dan terkadang ditambahi dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serta sampai dengan bahan bangunan non-kimia pada perbandingan tertentu. Menurut Mulyono (2004), beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentukannya seperti semen hidrolik (*Portland Cement*), agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah.

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Mulyono (2004), secara umum kelebihan dan kekurangan beton sebagai berikut :

1. Kelebihan beton

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

- b. Mampu memikul beban yang berat.
 - c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
 - d. Biaya pemeliharaan yang kecil.
2. Kekurangan beton
 - a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
 - b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
 - c. Berat.
 - d. Daya pantul suara besar.

Nawy (1990) mengemukakan 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.

2.4. Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain berupa serat. Pada umumnya serat berupa batang-batang dengan ukuran 5-500 μm dengan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm (Mulyono 2003).

Menurut Adianto dan Joewono (2006), beton serat adalah beton yang terbuat dari semen portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya ditambah agregat halus dan kasar, air, dan diperkuat oleh serat dan kinerja dari material komposit beton sangat dipengaruhi oleh interaksi antara serat dan matrik beton.

Menurut Suhendro (1998), keuntungan penambahan serat dalam adukan beton yaitu :

1. Daktilitas yang berhubungan dengan penyerapan energi.
2. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).
3. Ketahanan terhadap gaya tarik dan momen lentur.
4. Ketahanan terhadap kelelahan
5. Ketahanan terhadap susut
6. Ketahanan terhadap ausan, fragmentasi, dan *spalling*.

2.5. Bahan Penyusun Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari beberapa bahan penyusun, diantaranya adalah :

2.5.1. Semen Portland

Berdasarkan SNI-15-2049-2004, Semen portland adalah 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 berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya. Menurut Siregar (2014), semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan melalui

penghalusan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan untuk mengatur awal ikatan semen.

Dalam SNI-15-2049-2004, berdasarkan jenis dan penggunaan, semen dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

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

Bahan dasar semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung unsur kimia seperti yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Susunan unsur semen portland

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3.0-8.0
Besi (Fe ₂ O ₃)	0.5-6.0
Magnesia (MgO)	0.5-4.0
Sulfur (SO ₃)	1.0-2.0
Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0.5-1.0

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

2.5.2. Air

Air merupakan salah satu bahan campuran dalam beton yang mudah didapat dan murah karena air adalah salah satu sumber daya alam yang tidak terbatas . Air menjadi sangat penting karena diperlukan untuk kelangsungan reaksi pengerasan semen, dan bertindak sebagai pelumas antar agregat sehingga mudah dikerjakan (*workability*) dan dibentuk sesuai kebutuhan.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25%-30% dari berat semen, namun pada kenyataannya jika nilai faktor air semen kurang dari 0,35 maka adukan beton akan sulit dikerjakan. Meskipun demikian, jumlah air untuk pelicin pada adukan beton tidak boleh

terlampau banyak untuk menghindari beton porous yang mengakibatkan kekuatan menjadi rendah.

Air yang digunakan sebagai bahan campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007):

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton, asam, zat organik lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida atau $Cl > 0,5$ gram/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat > 1 gram/liter.

2.5.3. Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan penyusun campuran beton berupa butiran alami baik halus maupun kasar, yang memiliki persentase paling banyak sekitar 70 % volume campuran beton.

Komposisi agregat yang banyak dalam campuran beton, membuat kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton, sehingga pemilihan agregat perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas agregat yang baik. Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat yang baik harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

- a. Butirnya tajam dan keras.
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.

- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar.
- d. Tidak mengandung zat organik dan zat reaktif terhadap alkali.

Menurut ukuran butirnya, agregat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus.

- a. Agregat halus.

Agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 mm–5 mm (Tjokrodinuljo, 2007). Agregat halus (pasir) menurut gradasinya sebagaimana tercantum pada Tabel 2.2 seperti di bawah ini:

Tabel 2.2 Batas-batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan dalam persen			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
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 : Tjokrodinuljo, 2007

b. Agregat kasar.

Menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu :

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 gram/cm³, misalnya magnetit (Fe₃O₄), barites (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm³ yang digunakan sebagai dinding pelindung.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm³ 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.

2.6. Serat Polypropylene

Polypropylene adalah senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C₃H₆, dengan wujud berupa filament tunggal atau jaringan serabut tipis berbentuk jala,

dengan ukuran panjang berkisar antara 6 mm sampai 50 mm dengan diameter kira-kira 8-90 mikron (Hasanr dkk, 2013).

Serat *Polypropylene* biasanya digunakan untuk bahan dasar pembuatan barang yang terbuat dari plastik. Material ini berbentuk filament-filamen yang akan terurai ketika dicampurkan dalam adukan beton dan serat jenis ini dapat meningkatkan kuat tarik, lentur dan tekan beton (Arde, 2005).

Menurut Dina (1999), penggunaan serat *Polypropylene* memiliki beberapa keuntungan antara lain :

1. Memperbaiki daya ikat matriks beton.
2. Memperbaiki ketahanan terhadap kikisan.
3. Memperbaiki ketahanan terhadap tumbukan.
4. Memperbaiki ketahanan terhadap tembusan air dan bahan kimia.
5. Memperbaiki keawetan beton.

Sedangkan kelemahan penggunaan serat ini adalah (Adianto dan Joewono, 2006) :

1. Mudah terbakar,yang mengakibatkan porositas beton akan bertambah, apabila beton mengalami kebakaran.
2. Lemah terhadap sinar matahari dan oksigen, yang membuat serat mudah lapuk akibat radiasi ultraviolet dari sinar matahari dan oksidasi oleh oksigen di udara.