

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton

##### 2.1.1. Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture atau additive*).

Berdasarkan fungsi dan kegunaannya beton dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis diantaranya:

- a. Mortar adalah campuran pasta semen yang dicampur dengan agregat halus.
- b. Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (density) lebih ringan dari pada beton pada umumnya, dengan berat jenis tidak lebih dari 2000 kg/m<sup>3</sup>.
- c. Beton non pasir adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya.
- d. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
- e. Beton pracetak adalah beton yang telah dicetak dan dibuat terlebih dahulu di pabrik atau tempat khusus yang erpisah dari lokasi konstruksi
- f. Beton *prestress* (pratekan) adalah beton bertulang dimana telah diberikan tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
- g. Beton massa adalah beton yang mempunyai ukuran penampang komponen besar, sehingga memerlukan perlakuan untuk mengatasi panas hidrasi dari semen serta menjaga perubahan volume yang dapat menimbulkan keretakan.
- h. Beton *fiber* (serat) adalah campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dengan tambahan berupa serat (serat baja, plastik, glass maupun serat alami) yang disebar secara diskontinu.

- i. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal yaitu menggunakan pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$  dengan kuat tekan sekitar 15 - 40 MPa.
- j. Beton berat adalah beton yang mempunyai berat isi lebih besar dari  $2500 \text{ kg/m}^3$  (SNI 7656:2012)

### **2.1.2. Umur Beton**

Umur beton merupakan lama waktu (usia) yang dihitung setelah dilakukannya pengecoran beton. Semakin lama umur beton semakin bertambah kuat tekan pada beton. Kekuatan akan naik secara proporsional sampai umur 28 hari, tetapi untuk hari berikutnya kenaikan beton akan kecil. Biasanya kuat tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Laju kenaikan umur beton sangat tergantung pada penggunaan bahan penyusunnya terutama semen karena semen fungsinya sebagai perekat agregat dan berpengaruh besar pada tingkat kinerja kuat tekannya.

### **2.1.3. Sifat Beton**

Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik. Berdasarkan kuat tekan beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis yang terdapat pada tabel di bawah.

## **2.2. Pelat Mortar *Glass Fiber* dan *Strapping Band***

### **2.2.1. Pengertian Pelat**

Pelat adalah suatu elemen struktur bidang datar dengan ketebalan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi yang lainnya, dimana perbandingan antara tinggi/tebal nya dengan lebarnya kurang dari satu dan menerima beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Struktur yang bisa dikatakan dua dimensi, membuat berat pelat lebih ringan karenanya memberi banyak keuntungan.

Dengan memiliki struktur dan kegunaan yang istimewa ini, tidak mengherankan apabila para perancang dan desainer struktur lebih leluasa bereksplorasi memanfaatkan perancangan struktur pelat dalam bentuk apapun (M. Ridho Alcaesar, 2011).

### 2.2.2 Mortar

Mortar merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Fungsi utama dari mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halusnya. Mortar mempunyai nilai penyusun yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika terjadi penyerapan air pada mortar dengan cepat maupun dengan jumlah yang besar, maka mortar akan mengeras dengan dan akan kehilangan ikatan adhesinya (Derry Firdiansya, 2020).

Campuran mortar dengan penambahan bahan tambahan akan diperoleh perubahan sifat-sifat tertentu dari mortar. Dalam penelitian ini digunakan *glass fiber* dan *strapping band* sebagai bahan tambahannya untuk bahan *repair*. Adapun bahan penyusun mortar sebagai berikut :

#### a. Semen Portland

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan yang mengatur waktu ikat. Semen portland dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Bahan dasar pembentuk semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi.

Menurut SNI-7656-2012 terdapat beberapa jenis semen portland yaitu semen Portland jenis I, semen Portland jenis II, semen Portland jenis III, semen Portland jenis IV, semen Portland pozzolan, dan semen Portland komposit.

- Semen Portland tipe I merupakan semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Semen Portland jenis II merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kadar hidrasi sedang
- Semen Portland jenis III merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi
- Semen Portland jenis IV merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- Semen Portland pozzolan (PPC) merupakan semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan pozzolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen Portland dengan bubuk pozzolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 6% sampai dengan 40% massa semen Portland pozzoland
- Semen Portland komposit (PCC) merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan antara satu atau lebih bahan organik bersama-sama terak semen portland dan gips, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan organik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland komposit.

Pada penelitian ini, semen yang akan digunakan yaitu semen tipe PCC (*Portland Composite Cement*) dikarenakan produksi semen ini yang relative banyak.

b. Agregat halus

Pasir dalam campuran mortar sangat menentukan kemudahan pengerjaan (workability), kekuatan (strength), dan tingkat keawetan (durability) dari mortar yang dihasilkan. Oleh karena itu, pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang telah ditentukan. Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
- 2) Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- 3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui batas 5% maka agregat harus dicuci dahulu sebelum digunakan dalam campuran beton.
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH).
- 5) Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam dan melewati ayakan sebesar 4,75 mm.

Susunan butiran diperoleh dari hasil penyaringan benda uji dengan menggunakan beberapa fraksi saringan. Ukuran fraksi saringan untuk agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.1 (SNI 03-1968-1990 Metode pengujian tentang analisa saringan agregat halus dan kasar).

**Tabel 2.1** Spesifikasi dan Ukuran Saringan Analisa Gradasi Pasir

No. Saringan	Ukuran Lubang Saringan (mm)
9,500	9,5
4,800	4,75
2,380	2,36
1,180	1,18
0,590	0,6
0,297	0,3
0,149	0,15
Pan	-

c. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun mortar yang paling penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan menyebabkan terjadinya pengikatan antara pasta semen dengan agregat, sedangkan fungsi lain sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan pada beton, tetapi kelemasan atau daya kerjanya akan berkurang. Sedang proporsi yang besar akan memberikan kemudahan pengerjaan, tetapi kekuatan hancur mortar menjadi rendah.

Pada dasarnya kebutuhan semen akan air untuk proses hidrasi hanyalah sekitar 25% dari total bobot semen. Jika air yang digunakan kurang dari 25% maka akan terjadi kelecakan dan kemudahan pengerjaan (*workability*) tidak dapat tercapai. Adonan semen yang mudah dikerjakan dapat didefinisikan sebagai adonan yang pengadukannya mudah, mudah di angkut, dan dituangkan ke dalam cetakan untuk dibentuk (Hewes, 1949).

Banyaknya air yang digunakan dalam campuran semen sering disebut dengan istilah Faktor Air Semen (FAS). Nilai FAS yang biasa digunakan adalah antara lain 0,4 – 0,65 (Tri Mulyono, 2004).

Persyaratan air untuk campuran beton (SNI 03-6861.1-2002) adalah sebagai berikut:

- 1) Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara kasat mata
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter
- 3) Kandungan khlorida harus lebih kecil dari 0,50 gram/liter dan senyawa sulfat kecil dari 1 gram/liter
- 4) Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat di atas, air tidak boleh mengandung khlorida lebih dari 0,05 gram/liter.

#### **2.2.2.1. Jenis-jenis Mortar**

Berdasarkan jenis bahan ikatnya mortar dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

##### **1. Mortar lumpur**

Mortar lumpur terbuat dari campuran pasir, lumpur/tanah liat dan air. Semua bahan bahan atau material tersebut dicampur menjadi satu dengan perbandingan yang telah dihitung matang. Sebab, jika terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan retak-retak pada tembok saat mengeras. Begitu juga jika terlalu banyak pasir dapat menyebabkan adukan kurang melekat.

##### **2. Mortar Kapur**

Mortar kapur terbuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Mula-mula kapur dan pasir dicampurkan dalam keadaan kering lalu tambahkan air. Penambahan air juga harus diperhitungkan dengan benar. Umumnya digunakan jumlah pasir tiga kali volume kapur, hal ini dikarenakan kapur mengalami penyusutan saat proses pelekatan. Kapur yang dapat digunakan adalah *fat lime* dan *hydraulic lime*.

### 3. Mortar Semen

Mortar semen terbuat dari campuran semen, pasir dan air pada proporsi yang sesuai. Perbandingan jumlah semen dan pasir berkisar antara 1:2 sampai dengan 1:6 tergantung pada kebutuhannya. Mortar semen lebih kuat dari jenis mortar lainnya itulah kenapa mortar semen sering digunakan untuk tembok, kolom, pilar dan bagian-bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air, mortar semen ini bersifat perekat atau pengikat dalam proses pengerasan.

### 4. Mortar Instan

Mortar instan atau seme instan terbuat dari campuran semen, pasir silika, zat aditif. Ada beberapa produsen yang menambahkan abu vulkanik sebagai pengerasnya karena abu vulkanik memiliki sifat anti terhadap getaran, tekanan, dan keretakan. Mortar instan dibuat dengan bahan-bahan terbaik dan diproses oleh computer dengan mesin-mesin modern.

### 5. Mortar Khusus

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur dan mortar semen dengan tujuan tertentu. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya mortar tahan api diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dengan *aluminous cement*, dengan perbandingan, satu *aluminous cement* dan dua serbuk batu api. Mortar ini biasanya dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

#### 2.2.2.2. Sifat-sifat Mortar

Mortar yang baik memiliki beberapa sifat diantaranya:

- a. Murah
- b. Tahan lama
- c. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan)
- d. Melekat dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya
- e. Cepat kering dan mengeras
- f. Tahan terhadap rembesan air

- g. Tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

### 2.2.3 *Glass Fiber* (Serat Kaca)

*Glass fiber* merupakan kaca cair yang produksinya ditarik menjadi serat tipis dengan ukuran sekitar 0,005 mm - 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosif (Derry Firdiansya, 2020).

#### 2.2.3.1. Bahan Kimia Penyusun *Glass Fiber* (Serat Kaca)

Menggunakan material *glass fiber* memiliki banyak kelebihan dibanding dengan bahan lain seperti bahan logam, kelebihan tersebut antara lain: lebih murah, mudah dibentuk, dan tentu saja lebih ringan dan fleksibel. Bahan-bahan kimia yang menjadi bahan dasar atau bahan baku untuk membuat *glass fiber* antara lain:

##### 1. Resin.

Resin adalah bahan kimia yang merupakan bahan baku untuk campuran membuat *glass fiber* yang berupa cairan kental seperti lem. Resin berfungsi untuk mengerasakan material *glass fiber* dan tercetak selesai molding atau cetakan yang diinginkan.

##### 2. Serat Fiber (Mat)

Serat Fiber atau Mat adalah salah satu bahan baku untuk membuat produk *glass fiber* yang berbentuk kain yang mana serat tersebut memiliki spesifikasi yang bermacam-macam sesuai dengan bentuk rajutan atau anyaman, mulai dari model anyaman yang cukup halus sampai dengan model anyaman kasar atau besar serta jarang-jarang. Serat *fiber* berfungsi untuk tulangan dan pelapis campuran adonan dasar dari *glass fiber*.

##### 3. Erosil

Erosil adalah bahan baku lain untuk membuat *glass fiber* berbentuk bubuk halus yang berwarna putih. Bahan ini memiliki fungsi sebagai perekat bahan

mat sehingga *glass fiber* memiliki kekuatan dan tidak mudah patah atau pecah.

4. Talc

Talc adalah bahan baku yang berbentuk bubuk berwarna putih yang menyerupai tepung sagu. Bahan ini memiliki fungsi agar *glass fiber* menjadi keras namun juga lentur.

5. Katalis

Katalis adalah bahan baku untuk membuat *glass fiber* yang bening dan memiliki fungsi sebagai pengencer adonan. Bahan kimia ini biasanya dijual bersama dengan resin. Perbandingan antara katalis dan resin biasanya adalah katalis 1/40 liter dan resin 1 liter.

6. Pigmen

Seperti umumnya pigmen, bahan ini merupakan bahan pewarna untuk menghasilkan warna bahan *glass fiber* sesuai dengan yang diinginkan.

### 2.2.3.2. Jenis-jenis *Glass Fiber* (Serat Kaca)

*Glass fiber* dibagi mejadi beberapa bentuk menurut orientasi seratnya, antara lain *woven rooving*, *chopped strand mat*, *chopped strand*, *continuos roving* (Caesar Wiratama, 2017).

1. *Woven rooving*

Jenis serat kaca yang diproduksi dengan anyaman yang rapi dari dua arah yaitu horizontal dan vertikal.



**Gambar 2.1** *Woven Rooving Fiber*  
(Sumber: Caesar Wiratama, 2017)

2. *Chopped strand mat*

*Chopped strand mat* adalah serat *glass fiber* yang tersusun dari helaian-helaian serat yang disatukan sehingga membentuk lembaran dan susunannya biasanya tidak beraturan atau acak. *Chopped strand mat* dapat dilihat pada gambar 2.2



**Gambar 2.2** *Chopped Strand Mat Fiber*

(Sumber: Caesar Wiratama, 2017)

3. *Chopped strand*

*Chopped strand mat* adalah jenis serat kaca dalam bentuk potongan-potongan kecil.



**Gambar 2.3** *Chopped Strand Fiber*

(Sumber: Caesar Wiratama, 2017)

4. *Continuous roving*

*Continuous roving* adalah jenis serat *glass fiber* yang arah seratnya tersusun berupa benang panjang yang digulung dan bersifat kontinu. *Continuous roving* dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** *Continuous Roving Fiber*

(Sumber: Caesar Wiratama, 2017)

Pada penelitian ini, jenis *glass fiber* (serat kaca) yang akan digunakan yaitu *Continuous Roving Fiber* dikarenakan menyesuaikan dengan bentuk penyusunan serat yang memanjang searah regangan yang diharapkan pada saat pengecoran pelat dan jenis serat kaca ini juga yang relatif lebih banyak diproduksi.

#### **2.2.4 Strapping Band**

*Strapping band* merupakan suatu bahan (tali) dengan material PP (*Polipropilena*) & PET (*Polyethilena*) yang biasa digunakan dalam pembungkusan suatu paket. Beberapa keunggulan dari bahan ini yaitu memiliki kuat tarik dan kuat tekan yang tinggi, mudah diperoleh dipasaran, dan harganya yang relatif murah sehingga dapat terjangkau oleh masyarakat dengan kondisi ekonomi menengah kebawah. *Strapping band* merupakan bahan yang banyak digunakan diberbagai macam industri, khususnya industri pengemasan *packaging* dan berbagai macam produk industri yang memakai produk *strapping band* diantaranya industri bahan bangunan seperti beton, beton ringan (bata ringan), panel lantai dan sejenisnya.

Berdasarkan bahan dasarnya, secara umum *strapping band* dibagi menjadi dua jenis, yaitu *strapping polypropylene* (PP) dan *strapping polyester* (PET).

##### 1. Strapping Polypropylene (PP)

*Strapping polypropylene* merupakan termoplastik yang terbuat dari monomer propilena yang memiliki sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap bahan kimia pelarut, asam, dan basa. Jenis *strapping band* ini paling banyak digunakan oleh masyarakat. Selain karena harganya yang lebih terjangkau, tali strapping ini juga mempunyai daya ikat yang kuat dan elastisitas yang cukup tinggi sehingga tidak akan mudah putus. Jenis strapping band ini cukup efektif untuk mengikat kemasan berbahan ringan, seperti kemasan kardus atau plastic. Meskipun cukup aman untuk mengikat barang saat pengiriman, namun jenis *strapping* ini tidak boleh terpapar matahari terlalu lama. Hal ini dikarenakan jenis strapping berbahan dasar polypropylene cukup rentan akan terjadinya degradasi akibat sinar UV.



**Gambar 2.5** *Strapping Polypropylene (PP)*

(Sumber:<https://sc04.alicdn.com/kf/HTB1hh5ddQvoK1RjSZFDq6xY3pXaa.jpg>)

## 2. Strapping Polyester (PET)

Strapping Polyester (PET) adalah tali pengikat berbahan Polyester. Bahan PET yang digunakan dari bahan PET recycle. Jenis tali *strapping* ini lebih banyak digunakan untuk mengemas muatan yang kaku dan berat, seperti panel beton dan pelat baja. *Strapping polyester* mempunyai kekuatan yang konstan sehingga muatan akan aman terlindungi meskipun terdapat guncangan yang cukup kuat. Strapping band ini juga masih aman digunakan meskipun cuaca ekstrem.



**Gambar 2.6** *Strapping Polyester (PET)*

(Sumber: <https://image.made-in-china.com/43f34j00zBOtinPRZAqr/Colourful-PET-Polyester-Strapping-Band.jpg>)

Pada penelitian ini, jenis *strapping band* yang akan digunakan yaitu *Strapping Polypropylene (PP)* dikarenakan jenis *strapping band* ini mudah diperoleh di pasaran dan bahkan sering menjadi limbah.

### **2.3. Standar Nasional yang Dipakai**

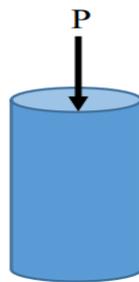
Di dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa standar nasional yang dijadikan acuan, yaitu:

1. SNI-2847-2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
2. SNI-7656-2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa.
3. SNI-1972-2008 Cara uji *slump* beton.
4. SNI-1974-2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.
5. ASTM C469-94 *Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.*
6. SNI-2491-2014 Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder.
7. SNI-4431-2011 Metode pengujian kuat lentur dengan dua pembebanan.

#### 2.4. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton ( $f'c$ ) tergantung pada tipe campuran, waktu dan kualitas perawatan. Kuat tekan ( $f'c$ ) diperoleh berdasarkan hasil uji tekan di laboratorium terhadap benda uji silinder atau kubus pada saat beton berumur 28 hari. Selama periode 28 hari ini, benda uji beton direndam dalam air atau ditempatkan dalam ruangan dengan suhu tetap dan kelembapan 100 %. Hasil pengujian benda uji akan dianggap memuaskan jika kuat tekan semua benda uji dari tiga tes kekuatan bernilai sama atau melebihi nilai  $f'c$  yang direncanakan.

Nilai kuat tekan beton dapat diperoleh dengan pengujian yang mengacu pada standar yang umumnya digunakan yaitu SNI 1974:2011. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.



**Gambar 2.7** Pembebanan pada Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder

Berdasarkan SNI 1974-2011 rumus yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan mortar yaitu,

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$f'c_r = \frac{\sum f'c}{n} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$f'c_r$  = kuat tekan rata-rata (MPa)

P = beban uji maksimum (N)

A = Luas bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )

n = jumlah benda uji

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kuat tekan beton akan meningkat secara cepat sampai umur 28 hari dan setelah itu kenaikannya akan kecil.

## 2.5. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas adalah tolak ukur dari sifat elastis suatu bahan yang merupakan nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis dimana tegangan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum. Pengujian modulus elastisitas ini dengan metode statis dengan kompresor ekstensometer dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah. Berikut beberapa istilah yang berkaitan dengan pengujian ini:

1. Kompresometer adalah alat pengukur deformasi longitudinal dari benda uji, yang terdiri atas dua buah elemen lingkaran, dengan pengunci, batang indikator dan alat ukur (dial gauge)
2. Ekstensometer adalah alat pengukur deformasi lateral dari benda uji yang terdiri atas elemen lingkaran batang pengunci dan alat ukur (dial gauge)
3. Regangan lateral adalah deformasi total pada arah melintang dibagi diameter benda uji
4. Regangan longitudinal adalah deformasi total pada arah memanjang dibagi panjang ukur benda uji.
5. Caping merupakan pelapis perata permukaan bidang tekan benda uji.

Menurut ASTM C469-94 modulus elastisitas mortar dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

E = Modulus elastisitas dalam MPa

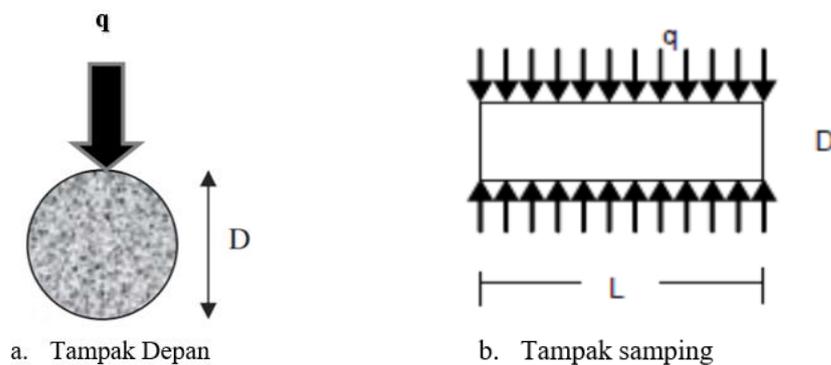
$\sigma_1$  = Tegangan pada saat  $\epsilon_1 = 0,00005$

$\sigma_2$  = Kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum, dalam MPa

$\epsilon_2$  = Nilai kurva regangan pada saat  $\sigma_2$

## 2.6. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah beban yang diberikan tegak lurus sumbu bahannya. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986:11)



**Gambar 2.8** Pembebanan pada Pengujian Tarik Belah Benda Uji Silinder

Menurut SNI 03-2491-2014 kuat tarik belah benda uji dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum yang terbaca pada mesin uji(N)

L = Tinggi benda uji (mm)

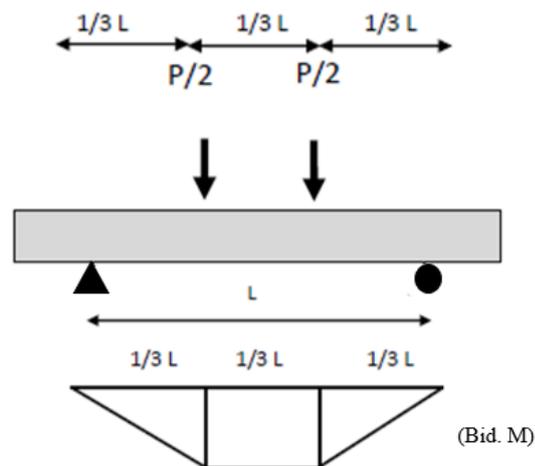
D = Diameter benda uji (mm)

## 2.7. Kuat Lentur Pada Balok atau Pelat Beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok ataupun pelat yang diletakan pada kedua perletakan untuk menahan gaya tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah dinyatakan dalam mega pascal (MPa) gaya per satuan luas.

Dari pengujian kuat lentur dapat diketahui pola retak dan lendutan yang terjadi pada beton yang memikul beban lentur. Kuat lentur beton juga dapat menunjukkan tingkat daktilitas beton. Kekuatan tarik di dalam lentur yang dikenal dengan modulus runtuh (*modulus of rupture*) merupakan sifat yang penting di dalam menentukan retak dan lendutan balok. Saat terjadi momen lentur positif, regangan tekan akan terjadi pada bagian atas balok dan regangan tarik akan terjadi pada bagian bawah balok. Oleh karena itu balok yang dirancang harus mampu menahan tegangan tekan dan tarik.

Lentur pada balok maupun pelat diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah maka struktur akan mengalami deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak disepanjang bentang balok atau pelat. Bila beban semakin bertambah, akhirnya terjadi keruntuhan pada elemen struktur.

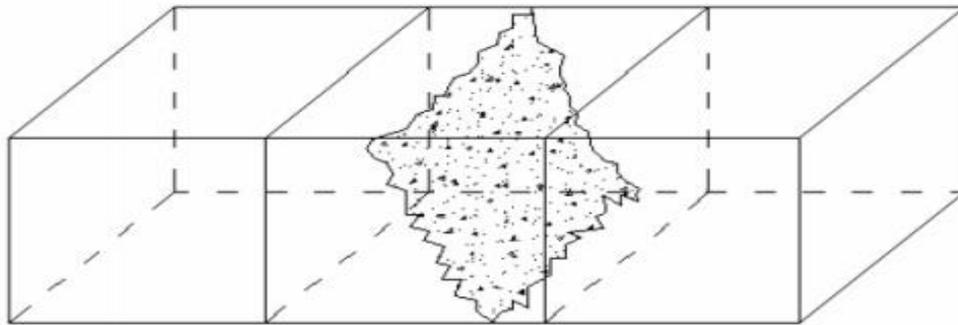


**Gambar 2.9** Bidang Momen pada Dua Titik Pembebanan

Berdasarkan SNI 4431:2011, berikut rumus perhitungan untuk menghitung nilai kuat tarik lentur berdasarkan letak patahan yang terjadi pada benda uji:

- a. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah  $1/3$  jarak titik perletakan bagian tengah), dapat dilihat pada Gambar 2.10 maka kuat tarik lentur dihitung dengan rumus:

$$f_s = \frac{P \times L}{b \times h^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

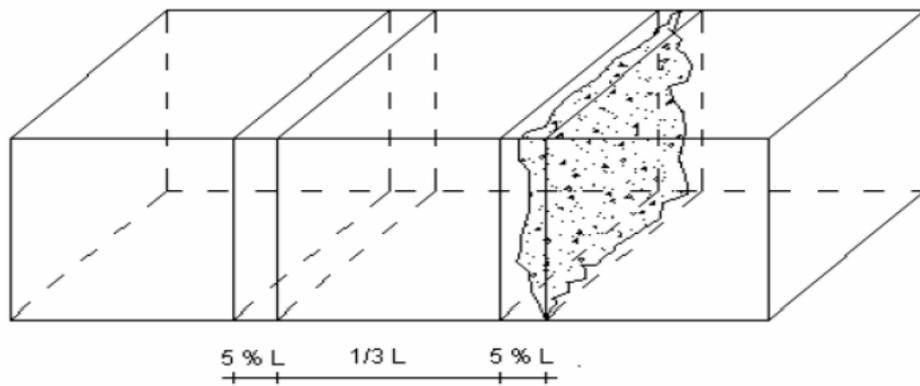


**Gambar 2.10** Patahan Terletak di Daerah Pusat

(Sumber : SNI 4431:2011)

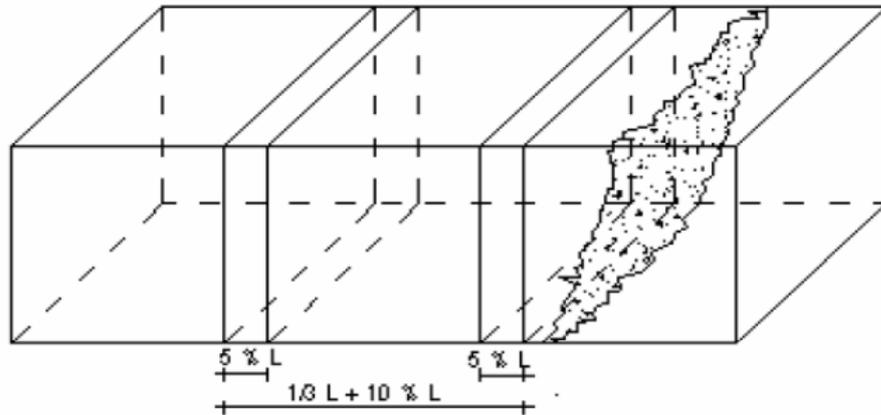
- b. Untuk pengujian dimana patah benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dapat dilihat di Gambar 2.11 dan Gambar 2.12, dan jarak titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan, dan jarak titik patah lebih dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur dihitung dengan rumus:

$$f_s = \frac{P \times a}{b \times h^2} \dots \dots \dots (2.6)$$



**Gambar 2.11** Patah di Luar 1/3 Bentang Tengah dan Garis Patah pada <5% dari Bentang

(Sumber : SNI 4431:2011)



**Gambar 2.12** Patah di Luar 1/3 Bentang Tengah dan Garis Patah pada  $>5\%$  dari Bentang

(Sumber : SNI 4431:2011)

Dimana:

$f_s$  = Kuat tarik lentur benda uji(MPa)

$P$  = Beban maksimum yang terbaca pada mesin uji(N)

$L$  = Jarak bentang antara dua garis perletakan (mm)

$b$  = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

$h$  = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

$a$  = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm).

## 2.8. Konsep Elemen Hingga SAP2000

Metode elemen hingga adalah suatu teknik umum untuk mendapatkan pendekatan pada persoalan harga batas. Metode elemen hingga, pada prinsipnya membagi sebuah kontinum menjadi bagian-bagian kecil yang disebut elemen, sehingga solusi dalam tiap bagian kecil dapat diselesaikan dengan lebih sederhana (Moch.Fadhli Bargess, 2008)

Konsep yang mendasari metode elemen hingga bukanlah hal yang baru. Prinsip “discretization” dipergunakan hampir pada semua usaha bentuk manusia. Barangkali kebutuhan untuk “discretization” atau membagi sesuatu menjadi bentuk

yang lebih kecil dan dapat dimengerti yang timbul dari keterbatasan manusia. Dengan perkataan lain membagi (*discretize*) alam atau suatu fenomena menjadi bagian-bagian kecil, dan penyatuan secara keseluruhan. Umumnya pada pandangan seperti ini akan terjadi suatu unsur penyimpangan atau kesalahan, tetapi prosedur metode elemen hingga tersebut merupakan pendekatan praktis dengan toleransi penyimpangan yang dapat diterima. Program pada metode elemen hingga akan memakai *software* SAP2000 (Acep Suhendra, 2012).

Tujuan dari penggunaan program SAP2000 pada penelitian ini yaitu untuk menghitung daya dukung rencana pelat pondasi berdasarkan hasil eksperimental dari pelat mortar yang diuji.

## 2.9. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian terdahulu ini diharapkan peneliti dapat melihat perbedaan antara penelitian yang telah dilakukan terdahulu dengan penelitian yang dilakukan.

Penelitian terdahulu yang telah dijadikan perbandingan antara lain:

**Tabel 2.2** Penelitian Terdahulu

No.	Jurnal Penelitian	Rencana Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
1.	Derry Firdiansya (2020), Kajian tentang “ <i>Studi Eksperimen Penggunaan Serat Kaca Sebagai Bahan Pengganti Tulangan Pada Pembuatan Pelat Mortar (Glassfibre Reinforced Cement) Untuk Konstruksi Wilayah Pantai</i> ”	Pada penelitian ini yang diuji yaitu kuat lentur GRC dengan kandungan serat kaca yang digunakan sebanyak 0,5% dari berat total campuran mortar. Benda uji berupa pelat persegi 50 cm x 15 cm, tebal 3,4,5, dan 6 cm dengan menerapkan tiga variasi dan masing masing variasi dibuat 3 buah benda uji.	Didapat hasil momen lentur maksimum rata-rata benda uji variasi I-III berturut-turut; 19,11 kg.m, 22,73 kg.m, dan 25,92 kg.m.	Didapat hasil momen maksimum rata-rata terbesar yaitu pada benda uji variasi III sebesar 25,92 kg.m.

2.	K. Jagannadha Rao (2009), dengan tema <i>“Suitability of Glass Fibers in High Strength Recycled Aggregate Concrete an Experimental Investigation”</i>	Pada penelitian ini dilakukan uji kuat lentur dengan mutu beton M50 dengan bentuk benda uji balok 15 cm x 15 cm x 60 cm, dengan variasi penggunaan serat kaca 0%, 0,01%, 0,02%, dan 0,03%.	Pada umur 28 hari, hasil kuat lentur balok dengan variasi 0%, 0,01%, 0,02%, dan 0,03% berturut-turut yaitu; 6,08 MPa, 6,16 MPa, 6,68 MPa, dan 6,80 MPa.	Pada umur 28 hari dengan kadar serat kaca berturut-turut 0,01%, 0,02%, 0,03% terjadi kenaikan kuat lentur berturut-turut sebesar 1,32%, 9,87%, 11,84% dibanding tidak menggunakan serat kaca.
3.	Chandramouli K. (2010) penelitian dengan tema <i>“Strength Properties of Glass Fibre Concrete”</i>	Diuji kuat lentur dengan bentuk benda uji balok 10 cm x 10 cm x 50 cm dengan variasi mutu beton M20, M30, M40 dan M50 dengan kadar serat kaca di setiap campuran sebesar 0,03 % dari berat total campuran beton. Dengan	Didapatkan hasil kuat lentur sebagai berikut: - Untuk variasi mutu M20 berturut-turut; 4,08 N/mm <sup>2</sup> , 4,59 N/mm <sup>2</sup> , 4,85 N/mm <sup>2</sup> , dan 5,02 N/mm <sup>2</sup> . - Untuk variasi mutu M30 berturut-turut; 4,78 N/mm <sup>2</sup> , 5,39 N/mm <sup>2</sup> ,	Pada umur 28 hari penggunaan serat kaca sebesar 0,03% terjadi kenaikan kuat lentur sebesar 15-17 %, sedangkan pada umur 180 hari terjadi kenaikan sebesar 21-26%

		pengujian balok usia 28-180 hari.	<p>5,62 N/mm<sup>2</sup>, dan 5,93 N/mm<sup>2</sup>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Untuk variasi mutu M40 berturut-turut; 5,52 N/mm<sup>2</sup>, 6,18 N/mm<sup>2</sup>, 6,40 N/mm<sup>2</sup>, dan 6,95 N/mm<sup>2</sup>.</li> <li>- Untuk variasi mutu M50 berturut-turut; 6,23 N/mm<sup>2</sup>, 6,79 N/mm<sup>2</sup>, 7,52 N/mm<sup>2</sup>, dan 7,56 N/mm<sup>2</sup>.</li> </ul>	
4.	Muhammad Ilham Mustari (2011), penelitian dengan judul “ <i>Studi Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Dengan Penambahan Serat Fiberglass</i> ”	Rancangan campuran metode DOE dengan penambahan serat <i>fiberglass</i> ke dalam beton masing-masing sebesar 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, dan 0,4%	Didapatkan hasil kuat lentur penambahan serat fiberglass 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, dan 0,4% berturut-turut adalah 49,8 kg/cm <sup>2</sup> , 55,8 kg/cm <sup>2</sup> , 51,2 kg/cm <sup>2</sup> , 50,2 kg/cm <sup>2</sup> , 47,5 kg/cm <sup>2</sup> .	Penambahan serat fiber dapat meningkatkan kuat lentur, akan tetapi penambahan serat terlalu banyak akan mengurangi kuat lentur beton.

	<i>Pada Beton Normal</i> ".	ditinjau dari berat beton segar		
5.	Satria (2015), penelitian berjudul " <i>Pengaruh Penggunaan Fiber Glass Pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur</i> ".	Pada penelitian ini digunakan volume fraksi fiber glass sebesar 0% ; 0,2% ; 0,4% ; 0,6% terhadap volume beton. Benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan benda uji berupa balok dengan dimensi 50 cm x 10 cm x 10 cm untuk pengujian lentur. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari.	Nilai kuat tekan volume fraksi fiber glass 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6% berturut-turut adalah 10,8687 MPa, 9,6106 MPa, 7,5065 MPa, 7,7065 MPa. Sedangkan nilai kuat lentur beton dengan volume fraksi fiber glass 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6% berturut-turut adalah sebesar 2,8606 MPa ; 3,1814 MPa ; 3,3146 MPa ; 3,6154 MPa.	Kuat tekan tertinggi dicapai pada volume fraksi fiber glass 0 % sebesar 10,8687 MPa, kuat lentur tertinggi dicapai pada volume fraksi fiber glass 0,6 % sebesar 3,6154 MPa. Penambahan serat fiber glass dapat menurunkan kuat tekan beton, tetapi dapat meningkatkan kuat lentur.
6.	Zuraidah, Safrin dan Hastono, Budi dan Lidia, Maria Adelina (2018), dengan	Pada penelitian ini dilakukan uji kuat tekan dan kuat tarik belah dengan bentuk	Pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, hasil kuat tekan beton dengan variasi 0% berturut-turut	Kuat tekan beton terbesar pada umur 28 hari dengan variasi

<p>tema  “Penggunaan  Serat  Polypropylene  Dari Limbah  Strapping Band  Thadap Kuat  Tekan dan Kuat  Tarik Belah  Beton Ringan”.</p>	<p>benda uji silinder  diameter 5 cm  tinggi 10 cm,  dengan variasi  penggunaan  strapping band  FS- 0%, FS-3%,  FS-6% FS-9% .  Pengujian benda  uji untuk kuat  tekan dilakukan  umur 7 hari, 14  hari, 28 hari dan  benda uji untuk  kuat tarik belah  dilakukan pada  umur 28 hari.</p>	<p>yaitu; 7,83 N/mm<sup>2</sup>,  8,02 N/mm<sup>2</sup>, 8,11  N/mm<sup>2</sup>. Hasil kuat  tekan beton dengan  variasi 3% berturut-  turut yaitu; 7,93  N/mm<sup>2</sup>, 8,11  N/mm<sup>2</sup>, 8,21  N/mm<sup>2</sup>. Hasil kuat  tekan beton dengan  variasi 6% berturut-  turut yaitu; 8,21  N/mm<sup>2</sup>, 8,30  N/mm<sup>2</sup>, 8,39  N/mm<sup>2</sup>. Hasil kuat  tekan beton dengan  variasi 9% berturut-  turut yaitu; 8,39  N/mm<sup>2</sup>, 8,49  N/mm<sup>2</sup>, 8,58  N/mm<sup>2</sup>. Hasil kuat  tarik belah beton  pada umur 28 hari  dengan variasi 0%,  3%, 6%, 9%  berturut-turut yaitu;  0,38 Kg/cm<sup>2</sup>, 0,40  Kg/cm<sup>2</sup>, 0,42  Kg/cm<sup>2</sup></p>	<p>penambahan  strapping band  9% yaitu  sebesar 8,58  N/mm<sup>2</sup>. Hasil  kuat tarik belah  beton terbesar  pada variasi  penambahan  strapping band  sebanyak 9%  yaitu sebesar  0,45 Kg/cm<sup>2</sup>.</p>
---	--	---	---

7.	Duan Felany (2004), yang bertema “ <i>Tinjauan Kuat Desak dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Penambahan Serat Tali Beneser</i> ”.	Pada penelitian ini dilakukan uji kuat desak dan kuat tarik belah beton dengan bentuk benda uji silinder diameter 150 mm tinggi 300 mm, dengan variasi penggunaan <i>strapping band</i> 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2%, 1,5%, 1,8%, 2,1%.	Dari penambahan kadar serat tali beneser 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2%, 1,5%, 1,8%, dan 2,1% didapat hasil kuat desak berturut-turut sebesar 20,3735 MPa, 21,0809 Mpa, 21,6469 MPa, 21,3639 MPa, 21,0809 MPa, 20,2321 MPa, 17,6854 MPa, dan 13,5822 MPa serta kuat tarik belah berturut-turut sebesar 1,6269 MPa, 1,9806 MPa, 2,1751 MPa, 2,2637 MPa, 2,1222 MPa, 2,0337 MPa, 1,8390 MPa, dan 1,6092 MPa.	Persentase peningkatan kuat desak tertinggi sebesar 6,251%, terjadi pada kadar penambahan serat 0,6%, sedangkan persentase peningkatan kuat tarik belah tertinggi sebesar 39,142% terjadi pada kadar penambahan serat 0,9%.
8.	Yuri Khairizal, Alex Kurniawandy, Alfian Kamaldi (2015) dengan	Penelitian ini menggunakan variasi kadar serat 0,0 kg/m <sup>3</sup> , 0,2 kg/m <sup>3</sup> , 0,4	Dari hasil penelitian didapatkan peningkatan nilai kuat tekan beton	Peningkatan kuat tekan dan modulus elastisitas terjadi pada

<p>judul  <i>“Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal”</i>.</p>	<p>kg/m<sup>3</sup> , 0,6  kg/m<sup>3</sup> , 0,8  kg/m<sup>3</sup> , dan 1,0  kg/m<sup>3</sup>.  Pembuatan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah. Benda uji berupa balok dengan dimensi panjang 60 cm x 15 cm x 15 cm untuk pengujian lentur dan defleksi.  Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 54 buah sampel dengan setiap umur ada 3 buah. Umur</p>	<p>dengan penambahan serat tali beneser sebesar 18,13% pada variasi 0,4 kg/m<sup>3</sup> , peningkatan modulus elastisitas sebesar 28,36% pada variasi 0,4 kg/m<sup>3</sup> , peningkatan nilai kuat tarik belah sebesar 40,22% pada variasi 1,0 kg/m<sup>3</sup> , dan peningkatan nilai kuat lentur sebesar 35,19% pada variasi 1,0 kg/m<sup>3</sup> dibandingkan dengan beton normal tanpa serat.</p>	<p>variasi kadar serat 0,4 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan peningkatan kuat tarik belah dan kuat lentur terjadi pada variasi kadar serat 1,0 kg/m<sup>3</sup>.</p>
---	--	--	--

		yang di uji yaitu umur 28 hari.		
9.	Eka Saputra Panca Darma (2012), dengan judul “Pengaruh Penggunaan Serat Polypropelyne Dari Bahan Strapping Band Terhadap Kemampuan Mekanik Propertis Beton”	Penelitian ini menggunakan <i>strapping band</i> polos dan berpola. Benda uji kuat tekan dan kuat tarik berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Untuk pengujian kuat lentur benda uji berbentuk balok ukuran 150 mm × 150 mm × 750 mm. Untuk pengujian kuat tarik brequitte mortar dengan ukuran 75 mm x 50 mm x 25 mm, dan pengujian pola retak dengan ukuran 1000 mm x 1000 mm x 300 mm.	Kuat tekan mengalami penurunan sebesar 1,56 % untuk beton serat polos pada konsentrasi serat 1% jika dibandingkan dengan beton normal dan 2.77 % untuk serat berpola pada konsentrasi 3% jika dibandingkan dengan beton normal. Kuat tarik mortar paling optimum pada serat polypropelyne 3% sebesar 28,98 % dari mortar normal. Kuat lentur beton yang didapatkan pada beton fiber dengan serat berpola adalah 44,813kg/cm <sup>2</sup> pada penambahan 3% serat, dan 43,068	Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan serat polypropylene bagus dalam hal tarik dan lentur, dan kurang terhadap kuat tekan dan pola retak.

		<p>Konsentrasi serat untuk masing-masing beton serat adalah 0 dan 1 % untuk serat polos meliputi tes kuat tekan, tes kuat tarik brequitte, dan pengamatan pola retak pelat serta 0 sampai 4 % untuk serat polos, meliputi tes kuat tarik( dari 0,1,2,3,dan 4% ), tes kuat tekan beton (0 dan 3%),dan tes kuat lentur balok (0 dan 3 %).</p>	<p>kg/cm<sup>2</sup> untuk kadar 0%, kuat lenturini meningkat sebesar 4,12%.</p>	
10.	<p>Muhlis Hanafi, Bambang Sujatmiko, Boedi Wibowo (2018), penelitian yang berjudul <i>“Tinjauan Kuat</i></p>	<p>Variasi penambahan fiber pada mutu beton K-350 polypropylene 0,6 kg/m<sup>3</sup> (1%); 1,2 Kg/m<sup>3</sup> (2%). Pengujian untuk</p>	<p>Peningkatan kuat tekan paling besar adalah pada penambahan fiber poypropylene 2% pada umur 7 hari 314,36 kg/cm<sup>2</sup>, naik 15,55% pada</p>	<p>Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan tambahan fiber polypropylene mempunyai kuat tekan</p>

<p><i>Tekan Dan Kuat Lentur Beton Menggunakan Bahan Polymer Polierta Produksi PT. Varia Usaha Beton Dengan Tambahan Pemakaian Fiber Polypropylene”.</i></p>	<p>kuat tekan terdiri dari benda uji sebanyak 27 silinder (15 x 30 cm) dan pengujian untuk kuat lentur terdiri dari benda uji sebanyak 12 balok ( 60 x 15 x 15 cm ) yang diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk tes kuat tekan silinder dan 14, dan 28 hari untuk kuat lentur balok.</p>	<p>umur 14 hari sebesar 404,72 kg/cm<sup>2</sup>, naik sebesar 20,07% dan pada umur 28 naik menjadi 434,6 kg/cm<sup>2</sup> atau naik sebesar 12,47%. Sedangkan peningkatan kuat lentur paling besar adalah pada penambahan serat 1% yaitu pada umur 14 hari 36,5 kN, dan pada umur 28 hari kuat lentur beton naik menjadi 40,5 kN, naik sebesar 30,64%.</p>	<p>lebih tinggi dari pada beton normal tanpa fiber polypropylene.</p>
---	--	--	---