

## KEKUATAN TARIK BETON

Reky Stenly Windah

### ABSTRAK

*Kuat tarik beton dapat diperoleh dari beberapa percobaan, yaitu: percobaan kuat tarik melalui uji lentur, kuat tarik belah dan kuat tarik langsung. Kuat tarik langsung sulit untuk dilaksanakan karena belum tersedia peralatan dan mesin yang memadai untuk melakukan pengujian. Kuat tarik lentur, biasanya menggunakan benda uji balok dengan dimensi tertentu, kemudian diuji dengan menggunakan mesin uji lentur. Kuat tarik belah, menggunakan benda uji silinder yang ditekan pada sisi memanjangnya.*

*Ketiga tehnik pengujian kuat tarik akan memberikan hasil yang berbedah satu dengan yang lain. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa secara signifikan nilai kuat tarik belah lebih kecil dari modulus of repture dan berkisar antara 62-80% dengan hasil rata-rata yang diperoleh 72,81%. Umumnya nilai kuat tarik belah yang diperoleh dari benda uji silinder yang menjadi dasar para perencana untuk menetapkan nilai kuat tarik dari suatu beton dengan mutu tertentu.*

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang sangat populer penggunaannya dalam dunia industri konstruksi. Beton digunakan dalam berbagai ragam struktur, seperti gedung bertingkat, jembatan, apron, dermaga, silo, cerobong, bendungan, terowongan, dan lain sebagainya.

Bahan-bahan dasar pembentuk beton yaitu pasir, kerikil atau batu pecah, semen, dan air mudah diperoleh. Pembuatan beton bisa dilaksanakan mulai dari cara yang sederhana menggunakan sekop sampai dengan memanfaatkan alat yang canggih seperti concrete mixing plant.

Salah satu keunggulan beton sebagai bahan konstruksi adalah kekuatan tekannya yang tinggi. Sebaliknya kekuatan tarik beton hanya sebagian kecil dari kekuatan tekan, biasanya kurang lebih 10 %. Oleh karena itu beton sebagai elemen struktur hanya memanfaatkan nilai kekuatan tekannya saja, sedangkan kekuatan tarik diabaikan, dan fungsinya digantikan oleh material baja, dalam bentuk tulangan atau batangan, yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Kombinasi beton-baja ini, dimana beton berfungsi menahan tegangan tekan dan tulangan baja menahan tegangan tarik, disebut beton bertulang (reinforced concrete).

Beton bertulang sangat efektif digunakan untuk struktur atau elemen struktur dengan ukuran normal, seperti kolom atau balok dan yang tipis seperti pelat. Untuk struktur dengan massa yang besar seperti bendung gravitasi, adalah tidak praktis untuk mengabaikan kekuatan tarik beton dan mengandalkan seluruh kemampuan menahan tarik pada tulangan baja. Bendung yang dibebani gempa, akan menimbulkan tegangan tarik maximum yang sama besar dengan tegangan tekan maximum. Jelas bahwa hal yang membatasi kapasitas bendung beton sewaktu terjadi gempa, adalah kekuatan tarik beton. Menjadi pertanyaan, apakah tegangan tarik beton dan bagaimana diukur.

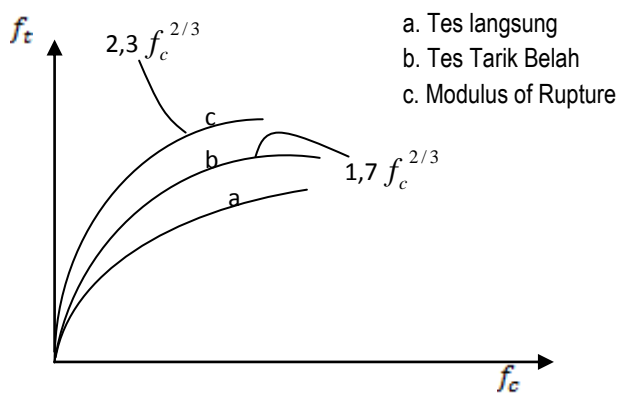
Beberapa cara penyelesaian telah digunakan untuk mengevaluasi nilai kekuatan tarik beton. Pada tes langsung, benda uji ditahan pada kedua ujung dan ditarik sampai putus, kekuatan tarik adalah beban putus dibagi luas penampang benda uji. Pada tes tarik belah, benda uji silinder ditekan pada kedua sisi yang berhadapan, sehingga terbelah menjadi dua bagian akibat tegangan tarik. Pada tes lentur, suatu balok dengan penampang persegi dibebani ditengah atau pada jarak sepertiga dan hancur akibat momen lentur, dimana tegangan tarik yang dihitung pada saat hancur disebut modulus of rupture. Tetapi setiap metode pengetesan kekuatannya mempunyai hasil karakteristiknya masing-masing. Kebanyakan sarjana teknik mengasumsi bahwa kekuatan tarik langsung beton sebesar 10% dari kekuatan tekan beton. Kekuatan tarik belah kurang lebih sama, dan modulus of rupture kurang lebih 10-15% kekuatan tekan.

### 2. PENGUKURAN KEKUATAN TARIK BETON

Banyak hasil-hasil tes laboratorium untuk kekuatan tarik beton, modulus of rupture dan kekuatan tekan beton yang telah dipublikasi, tetapi hanya beberapa saja yang secara lengkap mengetest ketiga sifat tadi pada suatu beton yang sama di suatu laboratorium

Hasil tes dari beberapa peneliti, Gonnerman dan Shuman, 1928<sup>[2]</sup>; Walker dan Bloem 1960<sup>[3]</sup>; Grieb dan Werner<sup>[4]</sup> dan Houk 1965 memperlihatkan bahwa nilai modulus of rupture secara nyata berbeda dengan nilai kekuatan tarik lainnya, kurang lebih sepertiga lebih tinggi.

Ketiga macam tes tarik menghasilkan tiga nilai kekuatan tarik yang berbeda, masing-masing dengan nilai karakteristiknya sendiri. Kekuatan tarik langsung kurang lebih 5% kekuatan tekan, kekuatan tarik belah kurang lebih 10% dan modulus of rupture kurang lebih 15%.



Gbr 1. Hubungan antara Kuat Tarik dan Kuat Tekan

Menjadi pertanyaan kenapa nilai kekuatan tarik beton berbeda untuk ketiga jenis tes tersebut, dan nilai kekuatan tarik yang mana yang dapat diandalkan untuk digunakan dalam aplikasi.

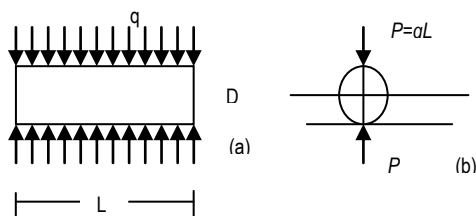
**3. TES TARIK LANGSUNG**

Tes tarik langsung, merupakan suatu cara pengukuran yang paling logis untuk mengukur kekuatan tarik beton. Akan tetapi banyak kesulitan yang timbul yang menyebabkan tes langsung ini jarang digunakan biasanya tes ini dilaksanakan hanya untuk keperluan riset saja.

Benda uji silinder atau prisma, dilekatkan dengan resin pada pelat baja pada kedua ujung silinder. Penggunaan resin untuk menyatukan silinder beton dengan pelat baja, untuk memindahkan tegangan silinder pada ujung beton. Kedua ujung benda uji harus dipotong tegak lurus dengan kesalahan paling tinggi 1/4. Disamping kondisi tersebut, benda uji tidak boleh terdapat retak rambut akibat kurang baiknya proses perawatan. Retak rambut akan mengurangi luas penampang benda uji, dan berpengaruh pada ketelitian hasil tes. Dengan berbagai kesulitan yang dihadapi dalam pelaksanaan tes langsung, maka tes ini tidak digunakan keperluan kontrol rutin, tetapi hanya digunakan untuk keperluan riset saja.

**4. TES TARIK BELAH**

Benda uji silinder digunakan dalam tes tarik belah. Silinder diletakkan mendatar diatas pelat dan ditekan pada bagian atas secara merata.



Gbr 2. Kondisi Pembebanan Tes Tarik Belah

Sebelum keruntuhan, timbul tegangan tekan biaxial. Pada daerah dibawah beban, yang mempunyai ketahanan terhadap keruntuhan yang besar karena berada dalam kondisi terbungkus (confined state). Untuk sebagian besar daerah sumbu beban, timbul tegangan tarik yang cukup merata dan bila kekuatan tarik beton dilampaui maka akan terjadi keruntuhan benda uji silinder, yang dapat membelah silinder menjadi dua bagian, dengan permukaan belah yang cukup merata, karena bidang belah akan memotong baik agregat kasar maupun mortar.

Kekuatan tarik dihitung dengan rumus

$$f_{cs} = \frac{2P}{\pi D} \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

- Dimana  $f_{cs}$  = tegangan tarik belah (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = beban saat runtuh (kg)  
 L = panjang silinder (cm)  
 D = diameter silinder (cm)

Retak rambut yang mungkin terjadi akibat kering permukaan (surface drying), terjadi pada daerah permukaan silinder yang berada dalam daerah tekan, dan tidak akan mempengaruhi sifat beton pada daerah tarik yang berada pada daerah sumbu beban didalam silinder. Dengan demikian kekuatan tarik belah dipengaruhi oleh kondisi kering permukaan dan dapat dianggap sebagai nilai kekuatan tarik beton yang representatif.

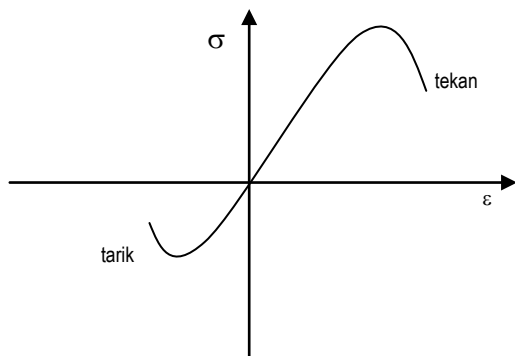
**5. TES LENTUR**

Tes lentur dilaksanakan menurut ASTM C78, standar tes method for flexural strength of concrete (using simple beam with Third-point loading). Hasil tes lentur yang sering disebut modulus of rupture menunjukkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dari kedua tes lainnya. Modulus of rupture dihitung dari rumus lentur balok :

$$f_{cr} = \frac{Pl}{bd^2} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

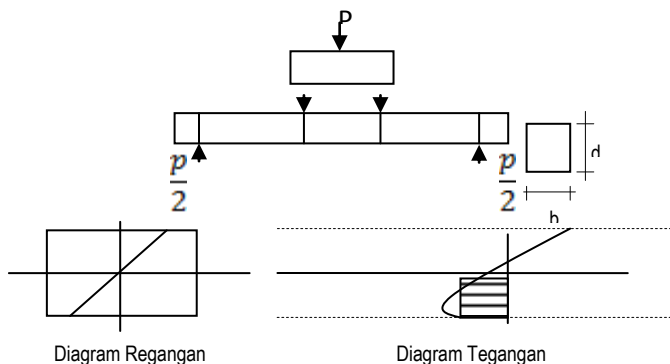
- Dimana  $f_{cr}$  = modulus of rupture (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = beban runtuh (kg)  
 L = panjang bentang (cm)  
 B = lebar balok (cm)  
 D = tinggi balok (cm)

Rumus diatas diturunkan dari teori elastik, dengan asumsi sifat elastik terjadi pada beton didaerah runtuh. Beberapa penelitian mengenai stress-strain diagram untuk tarik pada beon, menunjukkan bentuk yang sama dengan stress strain diagramnya, hanya dengan skala sepersepuluh.



Gbr 3. Hubungan Tegangan-tegangan Tarik dan Tekan

Pada saat mencapai tegangan tarik maximum, beton didaerah tersebut bersifat non elastik terhadap tarik. Dengan pendekatan ini, Raphael<sup>[1]</sup> telah mengevaluasi kembali modulus of rupture beton.



Gbr 4. Keruntuhan Lentur Balok dengan Penampang Persegi

Karena balok runtuh akibat tegangan tarik didaerah tarik yang besarnya hanya sepersepuluh dari kekuatan tekan, maka distribusi tegangan tekan masih berada dalam keadaan linier. Untuk menentukan besar dan letak resultan gaya tarik T, digunakan diagram tegangan persegi yang diusulkan oleh Whitney pada tahun 1937, yang banyak digunakan di beberapa negara antara lain, Amerika Serikat dan Indonesia.

Asumsi yang digunakan, pertama garis netral tetap berada pada pusat penampang, sama seperti perhitungan modulus of rupture pada kondisi elastik. Kedua, mengganti diagram tegangan tarik dengan bentuk sederhana yaitu balok tegangan dari Whitney. Besarnya tegangan tarik  $0,85f_t$ , dimana  $f_t$  adalah tegangan tarik maksimum dan tinggi blok tegangan sebesar 85% dari daerah tarik. Besarnya gaya tarik T dapat dihitung sebagai berikut.

$$T = 0,85f_t * b * 0,425. d = 0,361f_t. b. d$$

Panjang lengan adalah

$$0,333. d + 0,287. d = 0,620. d$$

Maka momen lentur adalah

$$M = 0,361f_t. b. d * 0,62. d = 0,224f_t. b. d^2$$

Atau

$$f_t = 4,46 \frac{m}{b. d^2}$$

Karena

$$M = \frac{p}{2} * \frac{l}{3} = \frac{pl}{6}$$

$$f_t = \frac{4,46}{6} * \frac{pl}{b. d^2} = 0,744 \frac{pl}{b. d^2}$$

Untuk kasus elastik

$$f_t = \frac{pl}{b. d^2}$$

Perhitungan yang lebih baik, untuk menghitung rasio  $f_t/f_r$  adalah dengan menaikan sedikit keatas garis netral sehingga terdapat keseimbangan antara gaya tarik T dan gaya tekan C. Untuk kasus ini analisa yang sama menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda yaitu sebesar  $f_t = 0,73. f_r$ .

Berdasarkan hasil diatas, ternyata kekuatan tarik dapat diukur secara tidak langsung dengan tes lentur, tetapi nilainya diambil sebesar kurang lebih tiga perempat nilai modulus rupture yang diperoleh dengan analisa elastik dari data.

## 6. KEKUATAN TARIK UNTUK ANALISA STRUKTUR

Berapakah nilai kekuatan tarik beton yang dapat dipakai untuk desain struktur dengan massa beton yang besar seperti bending gravitasi akibat gempa? Terdapat kesalahan sebesar 50% pada tes langsung bilamana benda uji tidak diperlakukan dengan hati-hati atau bilamana proses curing kurang baik. Tes tarik belah tidak terlalu dipengaruhi oleh masalah penyimpanan benda uji.

Jika kita mempunyai keinginan untuk mengetahui kekuatan tekan beton yang sebenarnya, maka nilai yang diperoleh dari tes tarik belah dapat dikatakan yang paling andal. Sehubungan dengan ini beberapa peneliti menyarankan kekuatan tarik beton yang dapat digunakan untuk desain secara aman adalah ;

$$f_t = 1,7f_c^{2/3} \text{ untuk pembebanan statis}$$

$$f_t = 2,3f_c^{2/3} \text{ untuk pembebanan statis dengan mempertimbangkan sifat nonlinier beton}$$

$$f_t = 2,6 f_c^{2/3} \text{ untuk pembebanan dinamik (gempa)}$$

$$f_t = 3,4 f_c^{2/3} \text{ untuk pembebanan dinamik dengan analisis elemen hingga}$$

## 7. EVALUASI DATA

Pada tulisan ini, beberapa hasil penelitian mahasiswa mengenai tes lentur dan tes tarik belah pada suatu jenis beton, akan dievaluasi sesuai rumusan yang telah dibahas sebelumnya, dan hasilnya akan dievaluasi seberapa dekat dengan hasil yang diperoleh dari peneliti lain.

Beberapa hasil penelitian mahasiswa [ 1 ], [ 4 ], [ 6 ], [ 7 ], akan digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara kekuatan tarik, tes tarik belah dengan modulus of rupture, ditampilkan data table 1 dan table 2.

| Group               | Benda Uji | Kuat tarik belah [MPa] ( $f_t$ ) |      | Benda Uji | Modulus of rupture [MPa] ( $f_r$ ) |      | $\frac{f_t}{f_r}$ [%] |
|---------------------|-----------|----------------------------------|------|-----------|------------------------------------|------|-----------------------|
|                     |           | Individual                       | rata |           | Individual                         | rata |                       |
| $f_c = 37,2$<br>MPA | A1        | 3,64                             | 3,59 | A6        | 5,63                               | 5,77 | 62,22                 |
|                     | A2        | 3,51                             |      | A7        | 5,91                               |      |                       |
|                     | A3        | 3,55                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | A4        | 3,6                              |      |           |                                    |      |                       |
|                     | A5        | 3,65                             |      |           |                                    |      |                       |
| $f_c = 50,2$<br>MPA | B1        | 4,87                             | 4,91 | B6        | 7,19                               | 7,22 | 68,01                 |
|                     | B2        | 4,83                             |      | B7        | 7,25                               |      |                       |
|                     | B3        | 4,96                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | B4        | 4,94                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | B5        | 4,95                             |      |           |                                    |      |                       |
| $f_c = 48,8$<br>MPA | C1        | 4,78                             | 4,81 | C6        | 6,93                               | 7,03 | 68,42                 |
|                     | C2        | 4,85                             |      | C7        | 7,13                               |      |                       |
|                     | C3        | 4,87                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | C4        | 4,75                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | C5        | 4,8                              |      |           |                                    |      |                       |
| $f_c = 46,2$<br>MPA | D1        | 4,73                             | 4,67 | D6        | 6,15                               | 6,21 | 75,20                 |
|                     | D2        | 4,64                             |      | D7        | 6,27                               |      |                       |
|                     | D3        | 4,77                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | D4        | 4,66                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | D5        | 4,79                             |      |           |                                    |      |                       |
| $f_c = 25,7$<br>MPA | E1        | 2,83                             | 2,66 | E6        | 3,43                               | 3,37 | 78,93                 |
|                     | E2        | 2,71                             |      | E7        | 3,43                               |      |                       |
|                     | E3        | 2,74                             |      | E8        | 3,24                               |      |                       |
|                     | E4        | 2,39                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | E5        | 2,64                             |      |           |                                    |      |                       |
| $f_c = 36,1$<br>MPA | F1        | 3,02                             | 3,12 | F6        | 3,81                               | 3,37 | 80,62                 |
|                     | F2        | 3,44                             |      | F7        | 3,81                               |      |                       |
|                     | F3        | 2,83                             |      | F8        | 4                                  |      |                       |
|                     | F4        | 3,21                             |      |           |                                    |      |                       |
|                     | F5        | 3,12                             |      |           |                                    |      |                       |

|                     |    |      |      |    |      |      |       |
|---------------------|----|------|------|----|------|------|-------|
| $f_c = 44,7$<br>MPA | G1 | 3,57 | 3,44 | G6 | 4,38 | 4,51 | 76,27 |
|                     | G2 | 3,34 |      | G7 | 4,57 |      |       |
|                     | G3 | 3,41 |      | G8 | 4,57 |      |       |
|                     | G4 | 3,57 |      |    |      |      |       |
|                     | G5 | 3,31 |      |    |      |      |       |
| Total benda uji     | 35 |      |      | 17 |      |      |       |

Tabel 1. Nilai Kuat Tarik dan Modulus of Rupture

| Group     | $f_t$ [MPa] | $f_r$ [MPa] | $f_t/f_r$ [%] |
|-----------|-------------|-------------|---------------|
| A         | 3,59        | 5,77        | 62,22         |
| B         | 4,91        | 7,22        | 68,01         |
| C         | 4,81        | 7,03        | 68,42         |
| D         | 4,67        | 6,21        | 75,20         |
| E         | 2,66        | 3,37        | 78,93         |
| F         | 3,12        | 3,87        | 80,62         |
| G         | 3,44        | 4,51        | 76,27         |
| Rata-rata | 3,89        | 5,43        | 72,81         |

Tabel 2. Perbandingan Kuat Tarik ( $f_t$ ) dan Modulus of Rupture ( $f_r$ ).

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa secara signifikan nilai kuat tarik belah lebih kecil dari modulus of rupture dan berkisar antara 62-80% dengan hasil rata-rata yang diperoleh 72,81%.

## 8. KESIMPULAN

1. Persentasi nilai kuat tarik belah secara nyata berada dibawah modulus of rupture berkisar 60-80 %.
2. Rasio kuat tarik belah terhadap modulus of rupture diperoleh nilai sebesar 72,81 %.

## 9. DAFTAR PUSTAKA

- Datu, J. Verly. 2000. *Kuat Tarik Belah Beton Agregat Kasar Batuan Andesit dengan Tras Halus sebagai Substitusi Parsial Semen*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Gonnerman, H.F. , and Shuman, E.C. . *Compression, Flexural and Tension Tests of Plain Concrete*. ASTM V28, Part II, 1928, p 527-564.
- Grieb, W.E. , and Werner, G. . *Comparison of the Splitting Tensile Strength of Concrete with Flexural and Compressive Strength*. Public Roads, Dec. 1962, p 97-106.
- Memah, G. C. Yanty. 2003. *Studi Eksperimental Kuat Tarik Belah Beton Ringan dengan Menggunakan*

- Bahan Tambahan Hyperplastisciser LSC 310*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Raphael, J.M. . *Tensile Strength of Concrete*, ACI Journal, March-April 1984, p 158-165.
- Surotinojo, Ibrahim. 2002. *Karakteristik Kuat Tarik Lentur dan Kuat Tarik Belah Beton Beragregat Kasar Batuan Tuff Putih*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tumiwa, S. R. . 2002. *Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton dengan Bahan Tambahan Pozzolih 100Ri, Rheobuild 1000, LN231, LN201*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Walker, Stanton, and Blaem, Nelman, H. . *Effects of Aggregate Size of Properties of Concrete*. ACI Journal, Sept. 1960, p 283-298.