



KEKUATAN TARIK BETON

Ridwan Suhud

RINGKASAN

Sudah merupakan sifat dari beton, bahwa kekuatan tariknya jauh lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tekannya, sehingga beton ini diutamakan untuk menahan gaya-gaya tekan. Secara umum persyaratan-persyaratan yang diminta dalam struktur beton memang dititik beratkan pada kekuatan tekan dari beton (f_c'). Untuk memperkirakan kekuatan tekan tersebut, kita melaksanakan uji tekan sampai hancur pada benda-benda uji yang berupa silinder atau kubus dan untuk melaksanakan uji tekan ini sangat sederhana.

Kadang-kadang ada juga permintaan, bukan saja kekuatan tekannya, tetapi kekuatan tariknya juga disyaratkan, misalnya untuk perkerasan jalan atau pavement lapangan terbang. Ternyata bahwa pelaksanaan percobaan untuk memperkirakan besarnya kekuatan tarik beton tidak semudah seperti percobaan kekuatan tekannya.

Untuk mendapatkan beberapa informasi mengenai masalah ini, telah dilakukan beberapa percobaan di Laboratorium Struktur, Departement de Genie Civil, INSA-Toulouse, Perancis dan di Laboratorium beton Lembaga Politeknik Pekerjaan Umum ITB Bandung.

SUMMARY

It is observed that tension strength of concrete is much lower compared to its compression, so that the concrete is primarily useful for compression forces. In general, the requirements in concrete structures are related to the compression strength (f_c') for its analysis and design. In determination of the strength, compression test is required for concrete samples of cylinders or cubes.

In many occasions, besides compression strength, tension strength is required its for the purpose of analysis, for examples airport or highway pavement.

It was found that the experiment to determine tension strength of concrete is not as simple as for compression test.

Some tests were carried out to obtain more informations related to the problems, in Laboratory of Structures, Departement de Genie Civil, INSA, Toulouse, France and Laboratory of Concrete, Polytechnic Institute of Public Works-ITB, Bandung.

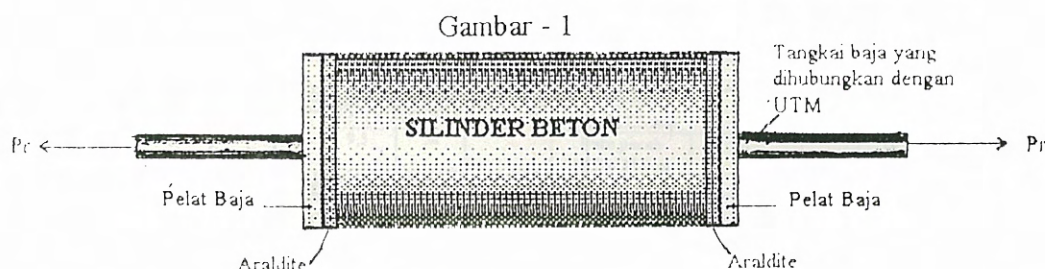
I. PENDAHULUAN

Untuk memperkirakan besarnya kekuatan tarik dari beton, orang biasanya melakukan percobaan-percobaan terhadap benda uji seperti halnya untuk memperkirakan besarnya kekuatan tekan. Sampai saat ini untuk memperkirakan kekuatan tarik tersebut umumnya percobaan-percobaan

yang dilakukan orang ada tiga macam[1]

a. Percobaan tarik langsung

Pada percobaan ini benda uji beton dibebani dengan beban aksial sampai putus. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30cm, seperti terlihat pada Gambar -1.



Permukaan kedua ujung silinder diratakan dan dihaluskan, kemudian pelat baja yang dilengkapi dengan tangkai direkat dengan araldite pada permukaan tersebut. Setelah araldite kering, benda uji ditarik seperti halnya uji tarik pada besi beton, sampai benda uji silinder itu putus.

Tegangan tarik pada saat putus adalah :

$$\sigma_{tr} = \frac{P_r}{A}, \text{ dimana :}$$

P_r : gaya putus

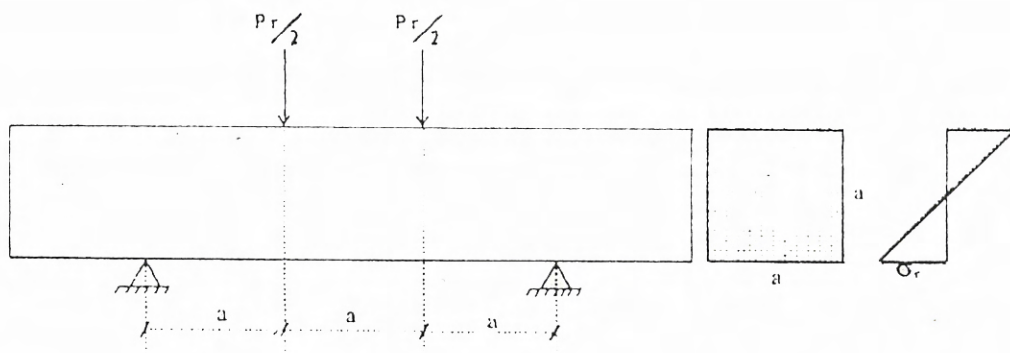
A : Luas penampang silinder beton

b. Percobaan tarik lentur

Benda uji yang digunakan untuk percobaan ini merupakan prisma beton dengan penampang 10 x 10 cm dan panjang 50 cm. Prisma ini diletakan di atas dua tumpuan dan dibebani sampai patah, seperti terlihat pada Gambar -2

$$M_r = 1/2 P_r \cdot a$$

$$\sigma_{tr} = \frac{M_r}{w}, \text{ dimana } w = 1/6 a^3$$

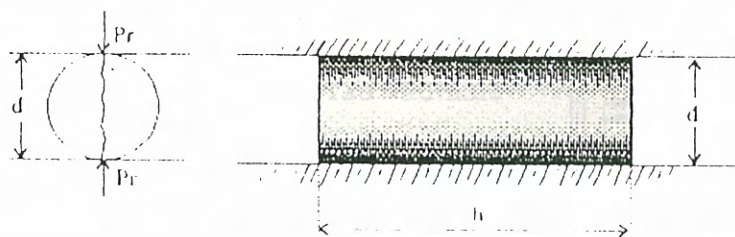


Gambar - 2

c. Percobaan belah (Splitting Test)

Percobaan dilakukan pada sebuah benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, seperti halnya benda uji untuk percobaan tarik langsung atau percobaan tekan. Pembebanan dilakukan pada arah diameternya sampai silinder tersebut belah, seperti terlihat pada gambar - 3.

Gambar - 3



Jika Pr adalah beban yang menyebabkan silinder beton belah, maka tegangan tarik yang terjadi adalah :

$$\sigma_r = \frac{2Pr}{\pi dh} ; \text{dimana}$$

d : diameter silinder

h : tinggi silinder

Percobaan tarik langsung (a) paling sulit dilakukan di antara ketiga percobaan di atas, kemudian percobaan tarik lentur (b) lebih mudah dan percobaan belah (c) yang paling mudah dilakukan di antara ketiga percobaan tersebut.

II. PERCOBAAN

II.1. Beton

Komposisi campuran beton ditentukan dengan cara Dreux [1], dan campuran tersebut dibuat dalam dua seri. Seri A dibuat di Laboratorium Struktur Departement de Genie Civil INSA-Toulouse Perancis dan seri B dibuat di Laboratorium Beton L.P.P.U-ITB Bandung. Semua campuran beton tidak menggunakan bahan tambahan kimia (admixture).

II.1.1. Seri A :

Bahan butiran yang digunakan adalah batu pecah dan abu batu dengan ukuran maksimum 16 mm. Adapun bahan butiran

Tabel 1

Komposisi butiran seri A

Komposisi butiran (tidak termasuk semen) / m ³ beton							
Ukuran butiran (mm)	0,1-0,2	0,2-0,4	0,4-0,8	0,8-1,6	1,6-3,15	3,15 - 8	8 - 16
Persentase (%)	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	9,5	54
Berat (kg)	133	133	133	133	133	173	986

tersebut adalah batu kalsit (mamer) dengan masa jenis 2,72 kg/l. Sedangkan semen yang digunakan adalah CPA-500, yang kurang lebih sama dengan semen Tipe-1ASTM dengan jumlah semen 400 kg/m³ beton.

Susunan butiran dari campuran beton seri-A seperti terlihat pada Gambar - 4 dan komposisi butirannya seperti tercantum dalam Tabel - 1.

Untuk satu m³ beton komposisi materialnya adalah sebagai berikut:

- * Semen : 400 kg
- * Air : 200 l (faktor air - semen = 0,5)
- * Bahan butiran : 1824 kg

II.1.2. Seri B :

Bahan butiran yang digunakan terdiri dari agregat halus pasir Galunggung dengan ukuran maksimum 4,75 mm dan massa jenisnya 2,58 kg/l. Agregat kasarnya adalah batu pecah dari batuan basalt dengan ukuran 4,75 a 25 mm dan massa jenisnya 2,63 kg/l. Semen yang digunakan adalah semen tiga roda tipe I.

Adapun seri B ini dibagi dalam dua macam campuran, yaitu seri B1 adalah campuran dengan jumlah semen 400 kg/m³ beton dan seri B2 untuk semen 340 kg/m³ beton. Susunan butiran dari campuran seri B ini, seperti terlihat pada gambar -5 dan komposisi materialnya seperti tercantum pada Tabel - 2.

Tabel 2

Komposisi material campuran Seri B untuk 1 m³ beton

Material	Seri - B ₁ Semen : 400 kg/m ³ beton Faktor air semen : 0,49		Seri - B ₂ Semen : 340 kg/m ³ beton Faktor air semen : 0,60	
	%	Berat (kg)	%	Berat (kg)
Pasir Galunggung 0 a 4,75 mm	37	664	40	738
Batu pecah 4,75 a 12,5 mm	6	110	7	132
Batu pecah 12,5 a 25 mm	57	1043	53	993
Air	-	195	-	205

II.2. Benda Uji

II.2.1. Seri A

Untuk percobaan seri A, benda uji yang digunakan terdiri dari:

- * 4 buah silinder \varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm, untuk percobaan tarik langsung.
- * 10 buah prisma dengan penampang 10×10 cm² dan panjang 50 cm, untuk percobaan tarik-lentur.
- * 10 buah silinder \varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm, untuk percobaan belah (splitting test)
- * 15 buah silinder \varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm, untuk percobaan tekan.

Semua benda uji di atas dibebani pada umur 28 hari.

II.2.2. Seri B

Untuk campuran seri B1 maupun seri B2, hanya dibuat 12 benda uji silinder \varnothing 15 cm dan tinggi 30 cm, masing-masing 6 silinder untuk percobaan belah dan 6 silinder lainnya untuk percobaan tekan.

Semua benda uji ini, juga dibebani pada umur 28 hari.

Meskipun dalam percobaan-percobaan ini,

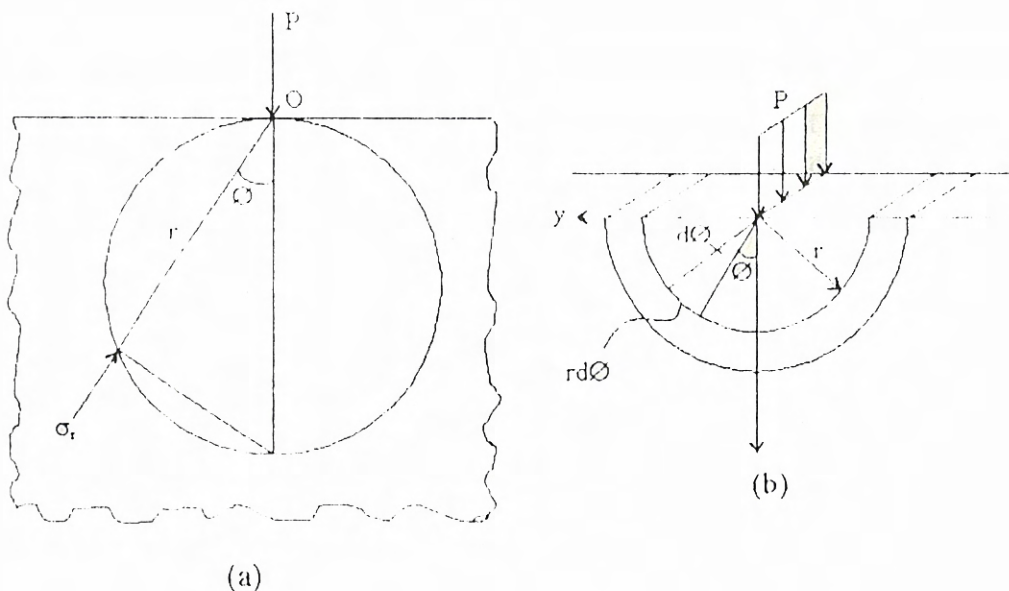
yang menjadi tujuan adalah untuk mengetahui kekuatan tarik, namun demikian percobaan tekannya juga dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk membandingkan hasil-hasil percobaan tersebut di atas dengan rumus empiris untuk menghitung kekuatan tarik beton, yang disajikan oleh CEB/FIP 1970.[2].

III. KERANGKA PEMIKIRAN

III.1. Ulasan teori

Untuk percobaan tarik langsung dan tarik-lentur, tampaknya rumus-rumus tegangan yang digunakan tidak perlu diulas lagi, karena sudah sangat populer, baik dalam pelajaran Mekanika Teknik Dasar maupun perhitungan-perhitungan dimensi untuk material-material yang lainnya.

Di lain pihak rumus yang digunakan untuk percobaan belah (Splitting Test), mungkin masih dirasakan agak asing, sehingga perlu penjelasan asal-usulnya. Oleh karena itu disini hanya ulasan teori tentang rumus tegangan dari percobaan belah yang akan diulas.



Gambar - 5

Apabila gaya vertikal P bekerja pada suatu bidang dari material yang elastis seperti gambar -5 (a) maka tegangan pada suatu titik dengan jarak r dan sudut θ adalah : [3][4]

$$\sigma_r = \frac{2P \cos\theta}{\pi r}$$

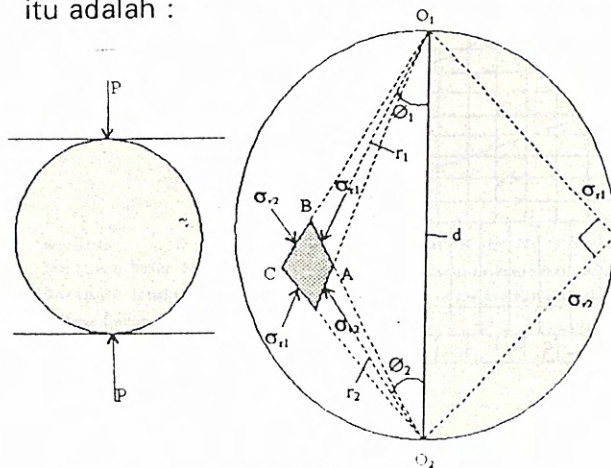
$$\sigma_\theta = 0$$

$$\sigma_{r\theta} = 0$$

Hal ini dapat dibuktikan dengan keseimbangan seperti gambar 5(b). Reaksi gaya vertikal yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} &= 2 \int_0^{\pi/2} \sigma_r \cdot \cos\theta \cdot r \cdot d\theta \\ &= 2 \int_0^{\pi/2} \frac{2P}{\pi} \frac{\cos^2\theta}{r} \cdot r \cdot d\theta \\ &= \frac{4P}{\pi} \int_0^{\pi/2} \cos^2\theta d\theta \\ &= \frac{4P}{\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{(1 + \cos 2\theta)}{2} \cdot d\theta \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[\int_0^{\pi/2} d\theta + \int_0^{\pi/2} \cos 2\theta \cdot d\theta \right] \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[\theta \Big|_0^{\pi/2} + \frac{1}{2} \sin 2\theta \Big|_0^{\pi/2} \right] \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[\frac{\pi}{2} + \frac{1}{2} (\sin \pi - \sin 0) \right] \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[\frac{\pi}{2} + 0 \right] = P \end{aligned}$$

Apabila sebuah piring ditekan dengan gaya P pada arah diameternya seperti gambar -6, maka tegangan yang terjadi pada sembarang titik yang terjadi di dalam piring itu adalah :



Gambar - 6

Akibat P dari atas :

$$\sigma_{r1} = \frac{2P \cos\theta_1}{\pi r_1} ; \sigma_{r2} = 0$$

Akibat P dari bawah :

$$\sigma_{r2} = \frac{2P \cos\theta_2}{\pi r_2} ; \sigma_{r1} = 0$$

Jadi keadaan tegangan di titik tersebut adalah :

$$\sigma_{r1} = \frac{2P \cos\theta_1}{\pi r_1}$$

$$\sigma_{r2} = \frac{2P \cos\theta_2}{\pi r_2}$$

Apabila titik tersebut terletak di lingkaran pinggir piring dimana :

$$r_1 = d \cos \theta_1$$

$$r_2 = d \cos \theta_2$$

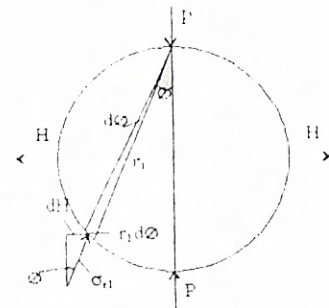
Maka tegangannya menjadi :

$$\sigma_{r1} = \frac{2P \cos\theta_1}{\pi d \cos\theta_1} = \frac{2P}{\pi d}$$

$$\sigma_{r2} = \frac{2P \cos\theta_2}{\pi d \cos\theta_2} = \frac{2P}{\pi d}$$

$$\sigma_{r1} = \sigma_{r2} = \frac{2P}{\pi d} \text{ dan saling tegak lurus.}$$

Gaya horizontal H akibat gaya vertikal P, seperti pada Gambar - 7 adalah :



Gambar - 7

$$dH = r_1 \cdot d\theta \cdot \sigma_{r1} \cdot \sin\theta = d \cdot \sigma_{r1} \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta$$

$$\sigma_{r1} = \frac{2P}{\pi d}$$

$$dH = d \frac{2P}{\pi d} \cos\theta \sin\theta d\theta$$

$$= \frac{P}{\pi} \sin 2\theta \cdot d\theta$$

Akibat P dari atas dan dari bawah :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{2P}{\pi} \int_0^{\pi/2} \sin 2\theta d\theta \\
 &= \frac{2P}{\pi} \left[-\frac{1}{2} \cos 2\theta \right]_0^{\pi/2} \\
 &= \frac{2P}{\pi} \left[-\frac{1}{2} (\cos \pi - \cos 0) \right] \\
 &= \frac{2P}{\pi} \left[-\frac{1}{2} (-1 - 1) \right] = + \frac{2P}{\pi}
 \end{aligned}$$

Gaya H ini untuk satu satuan panjang dengan tinggi (diameter piring).

Jika piring tersebut merupakan silinder dengan diameter d dan tinggi h, maka tegangan horizontal yang terjadi adalah :

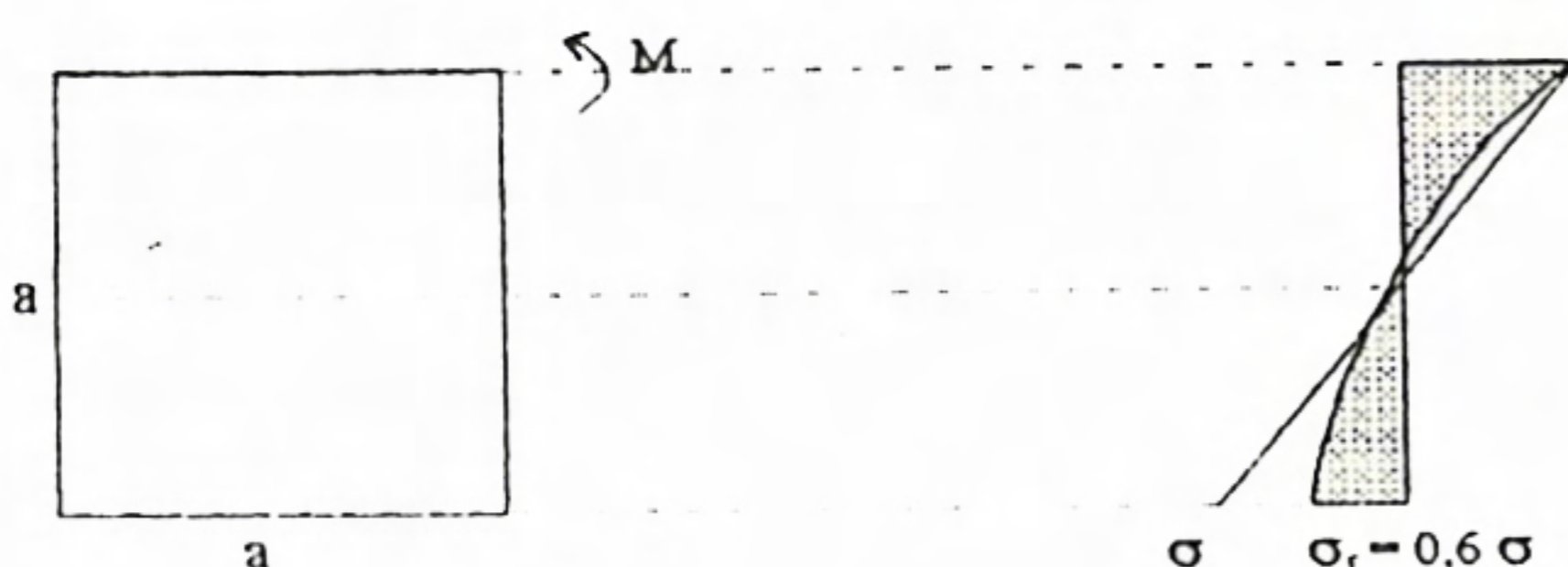
$$\sigma = \frac{H}{d \cdot h} = \frac{2P}{\pi d h}$$

Tegangan ini merupakan tegangan tarik.

III.2. Faktor koreksi

Rumus-rumus tarik lentur dan splitting test berlaku untuk material dalam keadaan elastis. Menurut para peneliti [1][5][6], ternyata apabila benda uji beton dibebani sampai patah, rumus-rumus di atas harus diberi faktor koreksi.

a) Percobaan tarik lentur



Gambar - 8

Apabila pada percobaan tarik-lentur, benda uji beton dibebani sampai patah, distribusi tegangannya seperti pada gambar - 8.

Tegangan tariknya lebih kecil daripada diagram pada keadaan elastis (diagram linier). Untuk tarik lentur ini faktor koreksinya sama dengan 0,6, maka kekuatan tarik beton berdasarkan percobaan lentur ini :

$$\sigma_u = 0,6 \frac{M_r}{w}$$

b) Percobaan belah (Splitting Test)

Seperti halnya pada percobaan lentur, pada percobaan belahpun rumus :

$$\sigma_u = \frac{2P}{\pi d h}$$

berlaku untuk material dalam keadaan elastis. Kemudian apabila melihat kondisi pembebanan, besarnya gaya P harus diperhitungkan semenjak benda uji silinder mengalami retak pertama dalam arah diameternya, dimana retak ini belum dapat dilihat oleh mata telanjang. Sedangkan pembebanan baru dihentikan setelah retak tersebut terlihat jelas dengan mata. Dengan demikian antara retak pertama dengan retak jelas, masih menunjukkan kenaikan beban, yang sulit untuk ditentukan besarnya.

Para peneliti [5][6] mengambil faktor koreksi untuk percobaan belah ini antara 0,8 a 0,85, yang dalam percobaan ini diambil 0,85, yaitu angka yang disarankan oleh CEB/FIB tahun 1970[2]. Dengan demikian kekuatan tarik beton berdasarkan percobaan belah ini adalah :

$$\sigma_u = 0,85 \frac{2P}{\pi d h}$$

IV. HASIL-HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil-hasil penelitian

Nilai-nilai kekuatan tarik dan kekuatan tekan yang diperoleh merupakan nilai rata-rata dari benda-benda uji di atas. Untuk seri-A nilai tersebut tercantum dalam Tabel-3 dan untuk seri-B tercantum dalam Tabel -4

Tabel - 3 :

Kekuatan tarik dan kekuatan tekan untuk Seri - A

Kekuatan tarik (kg/cm ²)			Kekuatan tekan (kg/cm ²)
Tarik langsung	Tarik lentur	Tarik belah	
29	33	34	435

Tabel - 4 :

Kekuatan tarik dan kekuatan tekan untuk Seri - B.

Kekuatan tarik (tarik belah) (kg/cm ²)		Kekuatan tekan (kg/cm ²)	
Seri - B ₁	Seri - B ₂	Seri - B ₁	Seri - B ₂
29	21	377	262

IV.2. Pembahasan

Apabila diperhatikan kekuatan tarik yang tercantum dalam tabel - 3, maka harganya sangat berdekatan, lebih-lebih antara kekuatan tarik lentur dan kekuatan tarik belah (splitting test). Dalam kebanyakan hal, memang tegangan tarik beton pada struktur akan ditimbulkan oleh lenturan (momen) dan bukan oleh gaya tarik aksial. Maka wajar apabila kekuatan tarik lentur lebih merupakan rujukan daripada tarik langsung.

Dilain pihak CEB/FIP - 1970[2] menyajikan rumus untuk memperkirakan harga kekuatan tarik beton berdasarkan kekuatan tekan yang bersangkutan sebagai berikut:

$$\sigma_b = 8 + 0,06\sigma_c$$

kekuatan tarik beton.
kekuatan tekan beton.

Rumus ini berlaku untuk kekuatan beton pada umur 28 hari.

Apabila rumus ini diterapkan pada hasil-hasil di atas maka :

- untuk seri A dengan $\sigma_b = 435 \text{ kg/cm}^2$ memberikan $\sigma_b = 34 \text{ kg/cm}^2$
- untuk seri B₁ dengan $\sigma_b = 377 \text{ kg/cm}^2$ memberikan $\sigma_b = 31 \text{ kg/cm}^2$
- untuk seri B₂ dengan $\sigma_b = 262 \text{ kg/cm}^2$ memberikan $\sigma_b = 24 \text{ kg/cm}^2$

Harga - harga ini sangat mendekati harga-harga yang tercantum dalam Tabel -3 dan Tabel -4.

Dengan adanya rumus di atas, apabila dalam keadaan tertentu samasekali tidak dapat melakukan percobaan tarik, maka kekuatan tarik tetap dapat diperkirakan jika kekuatan tekannya diketahui. dalam keadaan sebaliknya, rumus ini juga dapat digunakan untuk mendisain campuran beton [1], apabila kekuatan tariknya merupakan salah satu persyaratan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Kekuatan tarik beton yang dihasilkan oleh percobaan belah (splitting test) dengan faktor koreksi CBE/FIP - 1970 sebesar 0,85, betul-betul memberikan harga yang memuaskan, baik dibandingkan dengan harga yang dihasilkan oleh percobaan tarik lentur maupun harga yang dihasilkan oleh rumus empiris dari CEB/FIP - 1970 [2].

Hal ini betul-betul akan memberikan keuntungan dalam disain campuran beton, apabila kekuatan tarik beton merupakan salah satu persyaratan.

V.2. Saran

Untuk kepentingan praktis apabila perlu mengetahui kekuatan tarik dari beton yang digunakan, percobaan belah (splitting test) sudah cukup memadai. Hal ini mengingat :

- a. Cetakan benda ujinya sama dengan silinder untuk percobaan tekan, dimana Standar Tata Cara Perhitungan Struktur

Beton - 1991, sudah merujuk pada benda uji silinder \varnothing 15 cm - tinggi 30 cm.

- b. Pembebanannya tidak banyak berbeda dengan percobaan tekan, bahkan kemudahan lainnya bahwa benda uji yang bersangkutan tidak memerlukan capping lebih dulu.

DAFTAR PUSTAKA

1. G. DREUK : Nouvean Guide du Beton, Editions Eyrolles, Paris 1979
2. CEB/FIP : Recommandations Internationales Pour le calcul et l'execution des ouvrages en Beton - 1970
3. TIMOSHENKO: Theory of Elasticity, Mc. Graw Hill Book, Inc New York and London 1934
4. ALBIGES : Resistance des Materiaux et COIN Appiquee, Tome - I, Editions Eyrolles, Paris 1982
5. CARLE G. : Cours de Beton, Departement de Genie Civil, INSA- Toulouse, FRANCE, 1976
6. PINGLOT : Contribution a l'etude de la rupture et des deformations des poutres partiellement precontraintes. These Docteur-Ingenieur, Toulouse, Janvier 1981
7. R.SUHUD : Contribution a l'etude du comportement des poutres armees precontraintes par fils adherents sous chargement direct . These Docteur-Ingenieur, Toulouse, Janvier 1981
8. R.SUHUD : Disain campuran Beton Jurnal PUSLITBANG jalan, Juni 1991
9. R.SUHUD : Beton Mutu Tinggi. Jurnal PUSLITBANG Pemukiman, Juli-Agustus 1993

Penulis :

Prof. Dr. Ir. H. Ridwan Suhud DEA, Dosen pada jurusan Teknik Sipil ITB. S3 Bidang Beton Prategang Parsial dari Institute National Des Sciences Appliques (INSA) Toulouse - Perancis.

Februari 1979 berupa retakan dan penurunan badan jalan, kemudian makin meluas memotong seluruh badan jalan pada bulan Oktober 1992.

Penanggulangan yang dilakukan sejak tahun 1992 adalah dengan memindahkan badan jalan ke arah tebing kiri jalan (dari arah Bandung) yang kondisinya lebih mantap, namun masih mempunyai kendala karena pada pelaksanaan galian tebing dengan desain $1\frac{1}{2} : 1$ (56.3°) mengalami longsoran.

Untuk menanggulangi masalah tersebut dilakukan penyelidikan geoteknik untuk menganalisis talud mantap tebing galian. Di samping itu mengingat batuan pembentuk lereng sangat sensitif terhadap pengaruh cuaca, maka untuk mengatasi cepatnya proses pelapukan dilakukan kontruksi " lining " dengan beton semprot (shotcrete). Pada tulisan ini dibahas mengenai kondisi lapangan, desain lereng galian, teknik beton semprot dan efektifitasnya.

II KONDISI LAPANGAN

II.1. Kondisi Geologi

Daerah penyelidikan ini berada pada punggung perbukitan bergelombang rendah sampai sedang dengan ketinggian 630-683 meter di atas permukaan laut. Kemiringan lerengnya bervariasi mulai dari satuan agak terjal (7-15%) hingga satuan curam (30-70%).

Satuan batuan pembentuk lereng menurut peta geologi lembar Cianjur (Sudjarmiko, 1972) yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung, termasuk dalam Formasi Citarum dengan jenis batuan berupa perselingan batu pasir, batu lanau dan batu lempung menyerpih yang dipengaruhi struktur sesar naik (thrust fault) dan selanjutnya diterobos batuan beku andesit.

Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik yang dilakukan pada bulan Maret 1993, jenis tanah/batuan pada tebing galian terdiri dari 3 lapisan dengan urutan dari atas adalah sbb:

a. Material debris yang terdiri dari lempung

- lanau coklat dengan sifat lolos air.
- b. Batu lempung abu-abu sampai hitam dengan sifat getas
- c. Batu Lanau pasiran kuning kecoklatan

Singkapan batuan yang ditemukan pada tebing jalan baru adalah batu lempung abu-abu sampai hitam, sifat regas dengan sisipan batu pasir abu-abu kecoklatan tebal 30 cm bergradasi sedang-baik dengan butir membundar menyudut tanggung, porositas rendah sampai sedang dan bersifat kompak.

Jurus dan kemiringan lapisan batuan terukur adalah N 51° E/52 dengan arah kemiringan lapisan batuan ke arah Tenggara.

Pada daerah lereng galian ditemukan adanya mata air pada elevasi rencana jalan baru.

II.2. Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan untuk analisis kemantapan lereng galian diperoleh dari pengujian laboratorium terhadap contoh tanah tabung yang diambil dari lokasi lereng galian.

Nilai parameter tanah reduksi hasil uji laboratorium adalah :

NO	JENIS TANAH	LETAK	NILAI PARAMETER TANAH REDUKSI
TB.1	LANAU PASIRAN KUNING KECOKLATAN	KAKI TALUD PALING BAWAH	$\bar{\sigma}^* = 1.080 \text{ t/m}^3$ $C_r^* = 0.031 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_r^* = 24.78^\circ$ $w = 35.97\%$ $LL = 50.50\% \text{ , } PI = 0.41\%$
TB.2	BATULEMPUNG ABU-ABU HITAM	BERM PERTAMA DI ATAS RENCANA JALAN	$\bar{\sigma}^* = 1.980 \text{ t/m}^3$ $C_r^* = 0.063 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_r^* = 19.00^\circ$ $w = 13.78\%$ $LL = 44.60\% \text{ , } PI = 23.80\%$
TB.3	LEMPUNG LANAUAN COKLAT	LAPISAN TANAH TERATAS	$\bar{\sigma}^* = 1.700 \text{ t/m}^3$ $C_r^* = 0.031 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_r^* = 15.30^\circ$ $w = 28.70\%$ $LL = 64.00\% \text{ , } PI = 65.68\%$
TB.4	LANAU LEMPUNGAN COKLAT	JALAN KE BUKIT KAPUR	$\bar{\sigma}^* = 1.700 \text{ t/m}^3$ $C_r^* = 0.042 \text{ kg/cm}^2$ $\beta_r^* = 15.40^\circ$ $w = 40.87\%$ $LL = 53.30\% \text{ , } PI = 14.22\%$

CATATAN : Faktor reduksi : $\bar{\sigma}^* = \bar{\sigma}$
 $C_r^* = kc.c = 0.7 c$
 $\beta_r^* = \text{arc. tan} (k\phi. \tan\phi) = \text{arc. tan} (0.80 \tan\phi)$

II.3. Mekanisme Longsoran

Mekanisme longsoran pada daerah lereng galian diawali oleh penjuhan material penutup lereng yang dikupas dengan sudut talud $1\frac{1}{2} : 1$ (56.3°).

Longsoran diakibatkan oleh sudut talud lebih tegak dari kemampuan tanah setempat.