

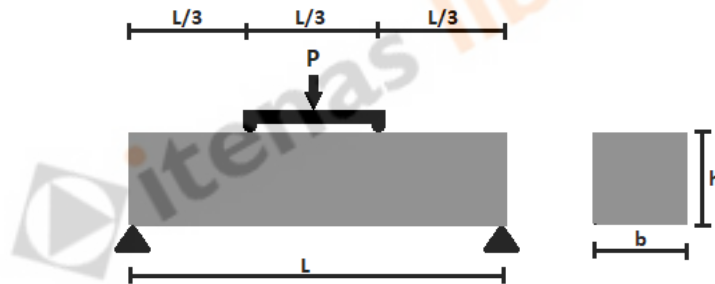
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kuat Tarik Lentur Beton

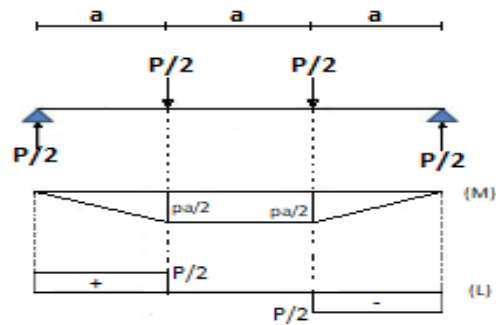
Kuat tarik lentur beton adalah kemampuan balok beton tanpa tulangan berpenampang 15 cm x 15 cm dengan panjang 60 cm untuk memikul tegangan tarik lentur akibat momen lentur yang diletakkan pada dua perletakan. Satuan untuk menyatakan kuat tarik lentur beton dinyatakan dalam satuan *Mega Pascal* (MPa).

Pengujian kuat tarik lentur beton diperlihatkan pada Gambar 2.1. Pada pengujian kuat tarik lentur beton, pembebanan balok benda uji diberikan pada tiap titik pertigaan bentang balok beton. Pembebanan pada balok beton dilakukan hingga balok beton mengalami keruntuhan.



Gambar 2.1 Pengujian kuat tarik lentur

Bidang gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan pada titik pertigaan bentang balok beton ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pada diagram gaya dalam menunjukkan bahwa momen lentur maksimum terjadi pada sepertiga bentang yang berada di tengah.



Gambar 2.2 Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (L)

Pembebanan dilakukan pada titik pertigaan bentang balok bertujuan untuk memperoleh hasil keruntuhan yang hanya disebabkan oleh momen lentur. Rumus kuat tarik lentur beton berdasarkan percobaan dinyatakan pada persamaan 2.1:

$$fr = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (2.1)$$

keterangan :

- $fr$  = kuat tarik lentur beton (MPa);
- $P$  = beban pada waktu lentur (kN);
- $L$  = panjang bentang antar perletakan (mm);
- $a$  = sepertiga panjang bentang antar perletakan (mm);
- $b$  = lebar penampang balok (mm);
- $h$  = tinggi penampang balok (mm).

## 2.2 Korelasi Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Lentur Beton

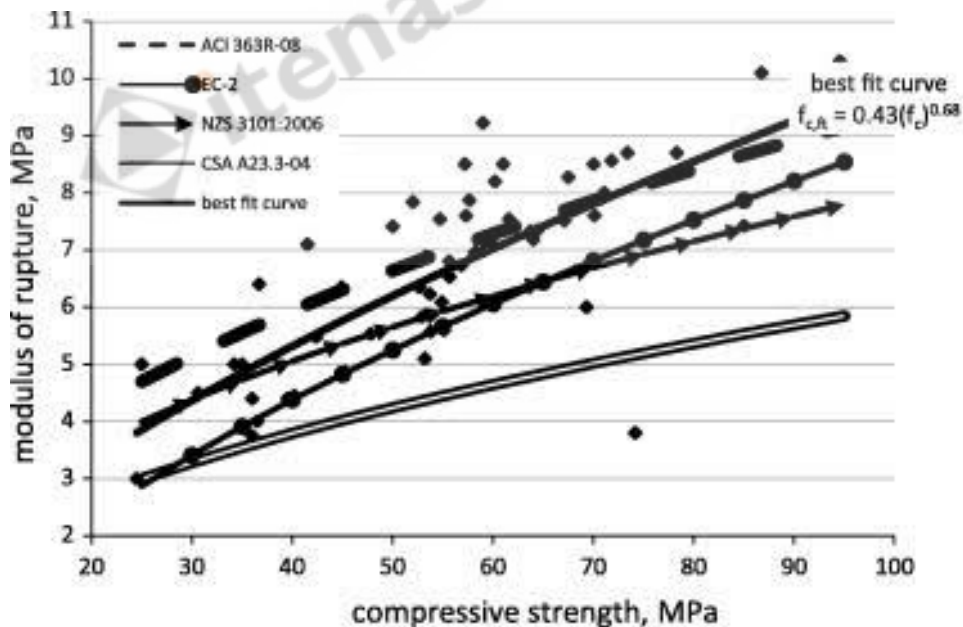
Kuat tarik lentur dan kuat tekan beton memiliki hubungan yang dirumuskan berdasarkan korelasi kuat tarik lentur beton dan kuat tekan beton. Kuat tarik lentur beton memiliki korelasi terhadap kuat tekan beton yaitu, semakin tinggi kuat tekan beton maka kuat tarik lentur beton pun semakin tinggi.

Rumus empirik yang digunakan untuk memperoleh kuat tarik lentur beton dari beberapa standar ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rumus Empirik Kuat Tarik Lentur Beton dari Beberapa Standar

Standar	Negara	Rumus Kuat Tarik Lentur
SNI 03-4431-1997	Indonesia	$f_r = 0,7\sqrt{f'c}$
ACI 318-02	Amerika	$f_r = 0,62\sqrt{f'c}$
IS: 456-2000	India	$f_r = 0,7\sqrt{f'c}$
NZS-3101-2006	New Zealand	$f_r = 0,6\sqrt{f'c}$
BS-8110	Inggris	$f_r = 0,6\sqrt{f'c}$
EC-02	Eropa	$f_r = 0,201f'c$

Penelitian mengenai hubungan kuat tarik lentur beton, dan kuat tekan beton telah dilakukan oleh Vilanova dan rekan (2011). Hasil dari penelitian tersebut disajikan dalam bentuk grafik hubungan kuat tekan beton, dan kuat tarik lentur beton yang dibandingkan terhadap beberapa standar dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Lentur Beton

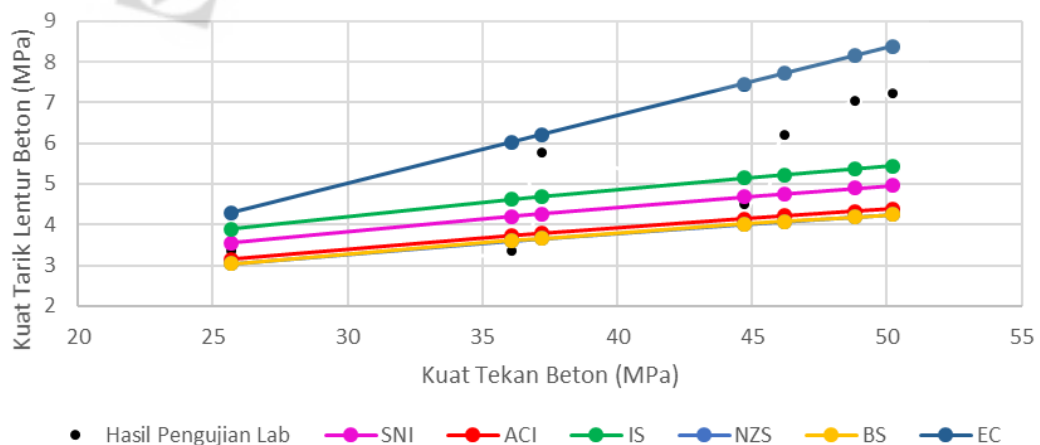
Sumber: Vilanova, 2011

Pada tahun yang sama Windah dan rekan (2011) juga melakukan penelitian mengenai kuat tarik lentur beton. Windah dan rekan melakukan evaluasi hubungan antara kuat tekan beton rata- rata dan kuat tarik lentur beton rata- rata dari hasil pengujian. Hasil dari pengujian Windah dan rekan dapat dilihat pada Tabel 2.2, dan jika disajikan dalam bentuk grafik hubungan kuat tekan beton dan kuat tarik lentur beton yang dibandingkan terhadap beberapa standar dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Tabel 2.2 Hasil Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat Tekan Rata- rata (MPa)	Kuat Tarik Lentur (MPa)			Kuat Tarik Lentur Rata- rata (MPa)
	Balok 1	Balok 2	Balok 3	
Silinder				
25,75	3,43	3,43	3,24	3,37
36,16	3,81	3,81	4	3,87
37,2	5,633	5,31	-	5,77
44,74	4,38	4,57	4,57	4,51
46,2	6,15	6,27	-	6,21
48,8	6,93	7,13	-	7,03
50,2	7,19	7,25	-	7,22

Telah diolah kembali



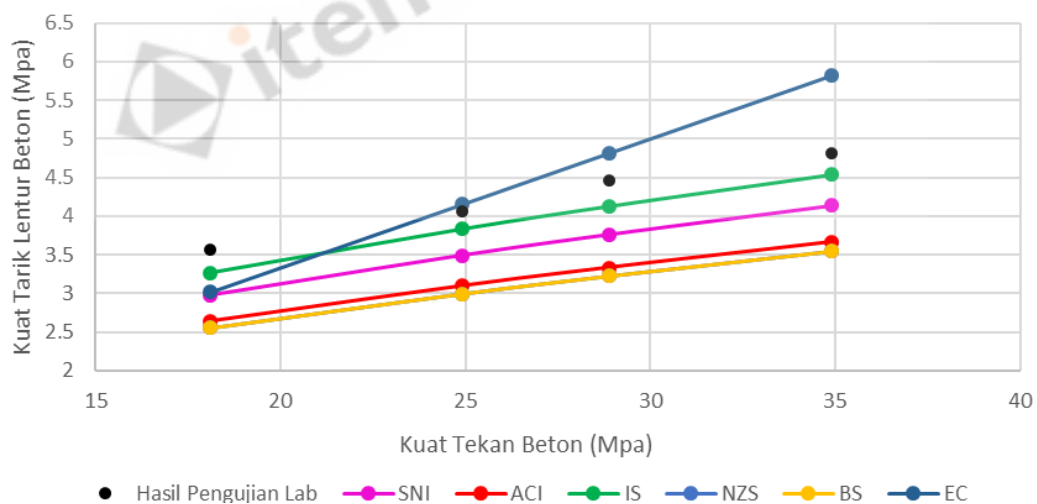
Gambar 2.4 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Lentur Beton

Kemudian Pane dan rekan (2015) melakukan penelitian mengenai perbandingan kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. Pada penelitian tersebut hasil kuat tekan beton dari benda uji silinder digunakan untuk dibandingkan dengan kuat tarik lentur dari benda uji berbentuk balok berukuran penampang 10 cm x 10 cm dengan panjang 40 cm. Hasil dari pengujian Pane dan rekan dapat dilihat pada Tabel 2.3, dan jika disajikan dalam bentuk grafik hubungan kuat tekan beton dan kuat tarik lentur beton yang dibandingkan terhadap beberapa standar, dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Tabel 2.3 Hasil Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat Tekan Rata- rata (MPa)	Kuat Tarik Lentur (MPa)								Kuat Tarik Lentur Rata- rata (MPa)
Silinder	Balok 1	Balok 2	Balok 3	Balok 4	Balok 5	Balok 6	Balok 7	Balok 8	
18,1	3,459	3,292	3,812	3,361	3,774	3,683	3,601	3,527	3,56
24,9	3,925	4,319	3,822	4,150	3,973	3,815	4,215	4,337	4,07
28,9	4,458	4,411	4,504	4,561	4,421	4,483	4,380	4,442	4,46
34,9	4,648	4,634	4,791	4,985	4,805	4,713	5,100	4,873	4,82

Telah diolah kembali



Gambar 2.5 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Lentur Beton

Untuk mengetahui standar yang memiliki korelasi paling mendekati dengan hasil pengujian, dapat dilakukan dengan cara memperhatikan grafik yang paling mendekati titik hasil pengujian. Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan beton dan

kuat tarik lentur beton yang disajikan pada Gambar 2.3, Gambar 2.4 dan Gambar 2.5, dapat dilihat bahwa hasil pengujian belum menunjukkan hubungan yang mendekati dengan grafik hubungan kuat tarik lentur dari beberapa standar. Hal tersebut dikarenakan hasil pengujian cenderung tidak memiliki keseragaman yang mendekati standar yang ada. Ketidakteraturan hasil pengujian tersebut diduga disebabkan oleh adanya perbedaan kuat tekan beton dari benda uji kuat tarik lentur, dan kuat tekan beton dari benda uji kuat tekan, yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton.

### **2.3 Aplikasi Kuat Tarik Lentur Beton Pada Pekerjaan Perkerasan Jalan**

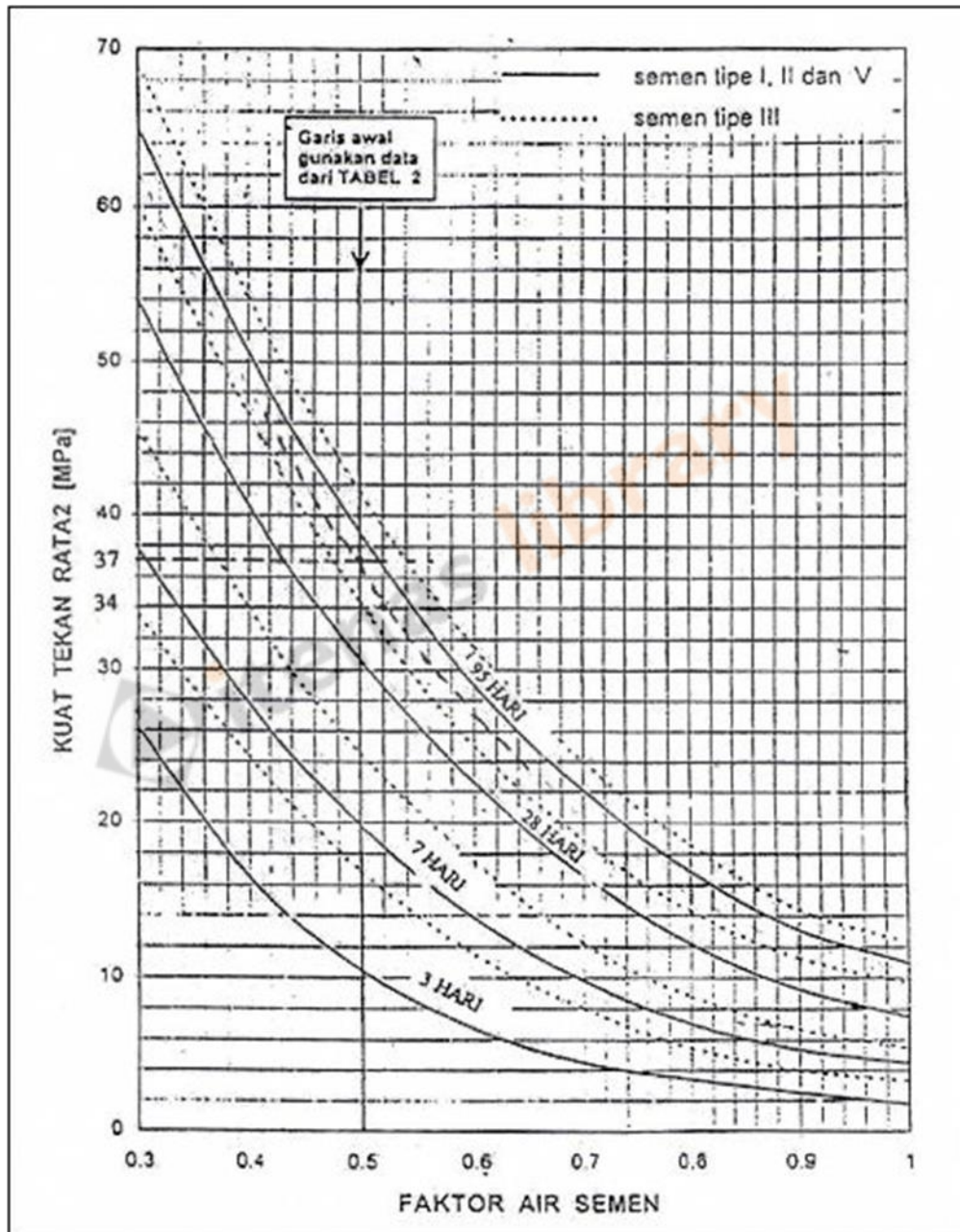
Perkerasan kaku merupakan perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama dalam pekerjaan perkerasan. Dalam pekerjaan perkerasan jalan kaku terdapat salah satu parameter dalam perencanaannya yaitu kuat tarik lentur beton. Untuk mengetahui kuat tarik lentur beton pada perkerasan kaku dapat dihitung dari hasil kuat tekan beton, menggunakan rumus empirik yang diperoleh dari korelasi kuat tekan beton dan kuat tarik lentur beton. Kuat tekan beton yang digunakan untuk menghitung kuat tarik lentur beton diperoleh dari uji kuat tekan beton hasil *core drill* pada perkerasan tersebut.

Di Indonesia seringkali menggunakan rumus empirik dari SNI untuk menghitung kuat tarik lentur beton pada perkerasan jalan kaku, sehingga menjadi permasalahan jika hasil kuat tarik lentur yang diperoleh dari rumus empirik tidak menunjukkan kuat tarik lentur sebenarnya.

### **2.4 Perancangan Campuran Untuk Kuat Tarik Lentur Beton**

Perancangan campuran beton untuk mencapai kuat tarik lentur yang direncanakan dapat menggunakan cara perancangan campuran beton yang berlaku, seperti cara SNI. Untuk mencapai kuat tarik lentur beton yang ditargetkan, maka perlu dihitung terlebih dahulu kuat tekan beton yang direncanakan menggunakan rumus empirik yang mengkorelasikan kuat tarik lentur beton dan kuat tekan beton seperti yang disajikan pada Tabel 2.1.

Jika grafik yang digunakan dalam perancangan campuran beton cara SNI adalah grafik yang bergaris penuh untuk kuat tekan 28 hari seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata

Jika grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 dinyatakan dalam persamaan matematis maka akan berbentuk seperti persamaan 2.2.

$$f'c = 0,47 fpc \left( \frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad (2.2)$$

Dimana:

$f'c$  = kuat tekan silinder beton umur 28 hari (MPa)

$fpc$  = kekuatan mortar semen umur 28 hari (MPa) = 42,5 MPa

$\frac{c}{w}$  = rasio perbandingan berat semen terhadap berat air

Sehingga persamaan 2.2 memiliki bentuk yang sama dengan persamaan yang digunakan Dreux, yaitu :

$$fc = G fpc \left( \frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad (2.3)$$

Dimana :

G = faktor granular

Besarnya G dirumuskan oleh Thesia (2013) pada persamaan 2.4 yaitu:

$$G = K \times \text{volume pasir.} \quad (2.4)$$

Besar nilai K diperlihatkan pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Nilai K

No.	$V_{\text{pasir}}/V_{\text{total agregat}}$	$k$
1	$\leq 0,26$	3
2	0,26 - 0,29	2
3	0,29 - 0,39	1,8
4	0,39 - 0,43	1,5
5	0,43 - 0,49	1,8
6	$\geq 0,5$	1,5



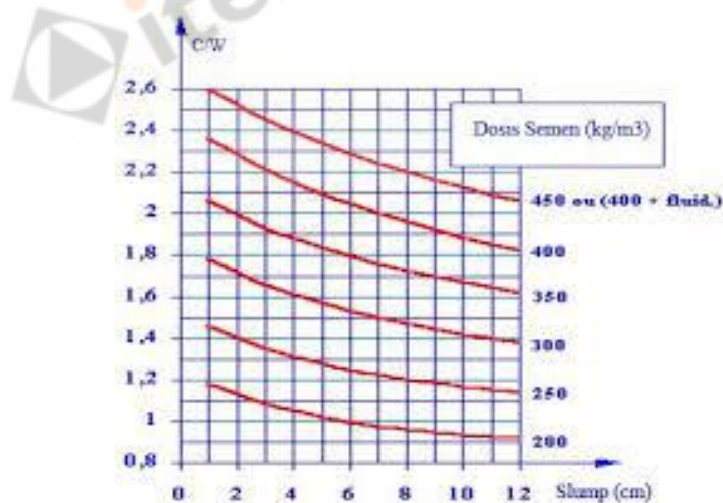
Persamaan 2.2 berlaku untuk kondisi agregat kering udara. Dengan demikian maka grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton pada cara SNI yang mensyaratkan kondisi agregat SSD dapat diperlakukan (*treatment*) untuk kondisi agregat kering udara yang disesuaikan. Penyesuaian ini dilakukan dengan mengurangi berat agregat SSD dengan kadar air yang hilang pada agregat kondisi kering udara.

Selanjutnya jumlah pasir yang diperlukan pada cara SNI dapat dimodifikasi menggunakan persamaan 2.4 yang dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$\text{Volume pasir} = \frac{G}{k} \quad (2.5)$$

Dimana nilai G pada cara SNI adalah 0,47

Air yang dibutuhkan pada campuran beton cara SNI dimodifikasi untuk agregat kering udara dengan menggunakan grafik dari Dreux yang diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik Hubungan C/W dengan Nilai Slump dan Kadar Semen