

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Tentang Perancangan Campuran Beton Cara SNI

Salah satu acuan dalam merancang campuran beton adalah cara SNI 03-2834-2000. SNI 03-2834-2000 menjelaskan tentang persyaratan teknis dalam pemilihan proporsi campuran beton untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan mutu beton rencana.

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$f_{cr} = f'_c + 1,64 \times S_r \quad (2.1)$$

dengan:

f_{cr} = kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan pada umur 28 hari (MPa);

f'_c = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (MPa);

1,64 = nilai tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%;

$$S_r = \text{standar deviasi rencana} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ (MPa);}$$

x_i = indeks kuat tekan beton masing-masing benda uji;

$$\bar{x} = \text{kuat tekan beton rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} ;$$

n = jumlah nilai hasil uji, minimum 30 buah.

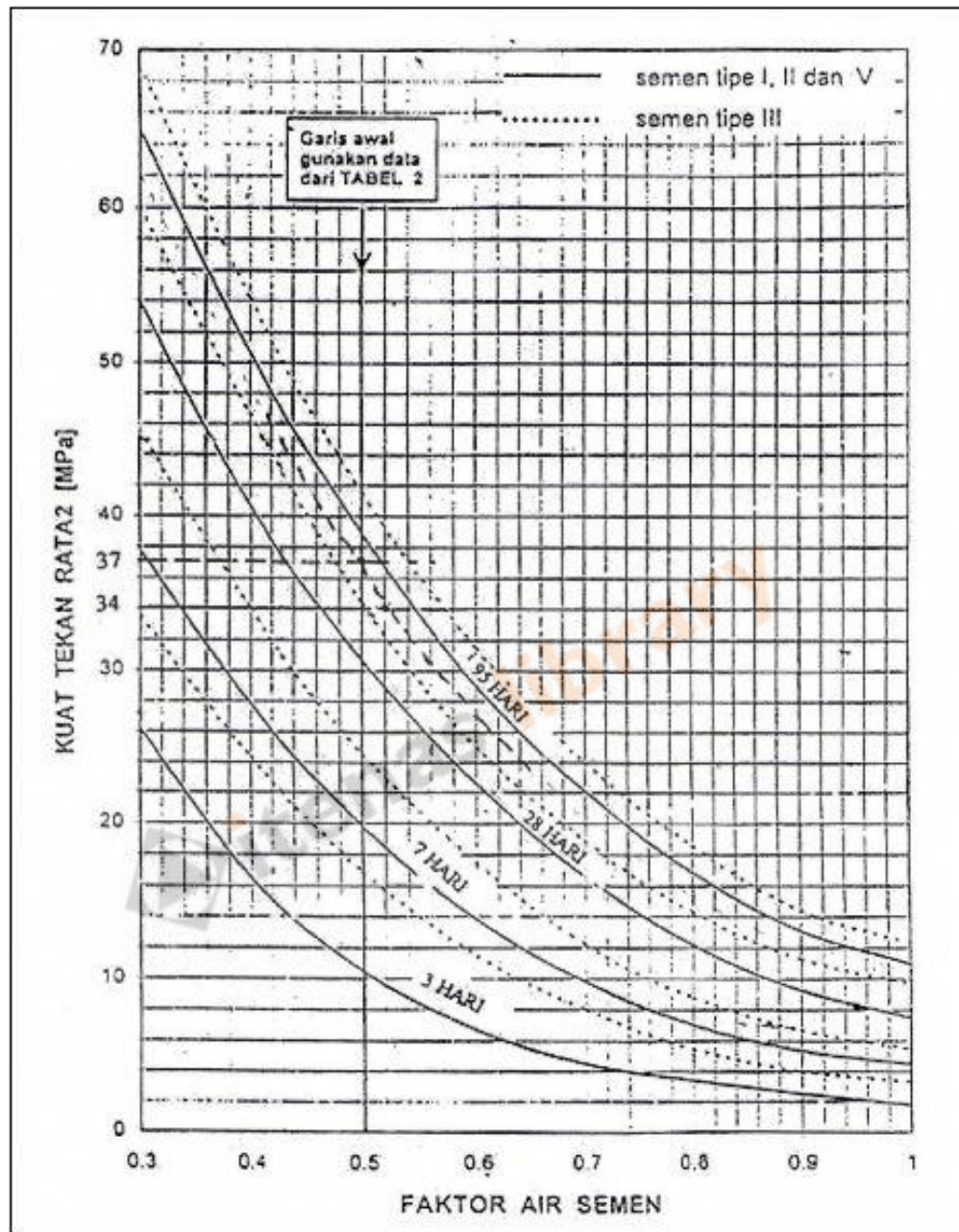
Apabila produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji di lapangan untuk perhitungan deviasi standar, maka kuat tekan rata-rata rencana (f_{cr}) ditetapkan berdasarkan Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kuat tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar

Persyaratan kuat tekan (f_c) (MPa)	Kuat tekan rata-rata perlu, f_{cr} (MPa)
Kurang dari 21	$f_c + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f_c + 8,5$
Lebih dari 35	$f_c + 10,0$

Sumber: SNI 03-2847-2002

Untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan, dibutuhkan nilai faktor air-semen yang didasarkan pada grafik hubungan antara faktor air-semen dengan kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.1 Grafik hubungan kuat tekan dan faktor air-semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan kondisi agregat SSD)

Hubungan antara kuat tekan beton dengan faktor air-semen didasarkan pada nilai-nilai yang terdapat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air-semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Benda uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	32	44	48	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Untuk mengetahui jumlah air dalam campuran beton, maka dapat menggunakan data pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton untuk kondisi agregat SSD

slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum		----	---	----	----
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara Untuk suhu diatas 25 °C, setiap kenaikan 5 °C harus ditambah air 5 liter per m^3 adukan beton.

Sumber : SNI 03-2834-2000

Jumlah agregat gabungan juga dapat dihitung menggunakan persamaan volume absolut $1 m^3$ beton yaitu:

$$V_C + V_{CA} + V_{FA} + V_W + V_A = 1 m^3 \quad (2.4)$$

dengan:

V_C = volume absolut semen dalam $1 m^3$ beton;

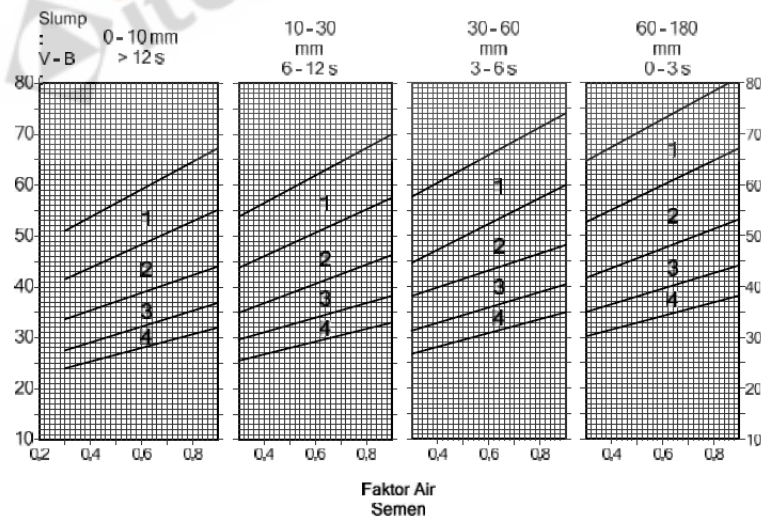
V_{CA} = volume absolut agregat kasar dalam $1 m^3$ beton;

V_{FA} = volume absolut agregat halus dalam $1 m^3$ beton;

V_W = volume absolut air dalam $1 m^3$ beton;

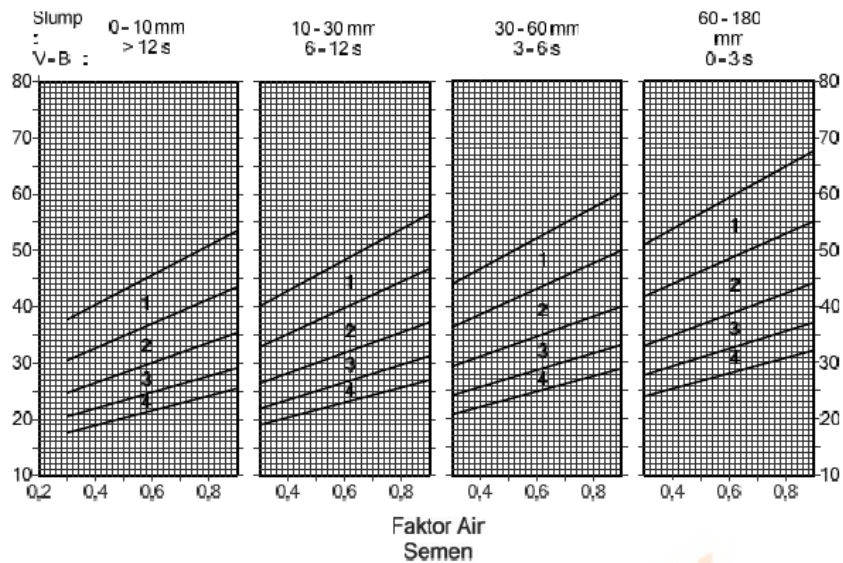
V_A = volume udara dalam $1 m^3$ beton.

Persentase agregat halus dalam campuran beton ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air-semen, dan gradasi agregat halus yang didasarkan pada Gambar 2.2, Gambar 2.3, dan Gambar 2.4.



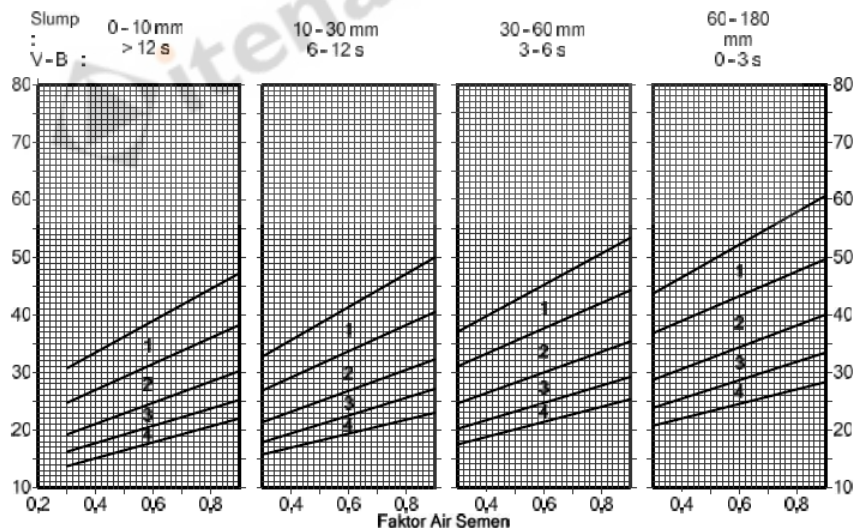
Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.2 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.3 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.4 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Hasil dari perancangan campuran beton mutu f'_c 20 MPa dengan nilai *slump* 12 cm \pm 2 cm menggunakan metode SNI, berat jenis agregat halus $2,5 \text{ t/m}^3$, berat jenis agregat kasar $2,65 \text{ t/m}^3$ dan berat jenis semen $3,15 \text{ t/m}^3$ serta susunan butir agregat pada zona 2 disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi 1 m^3 beton f'_c 20 MPa dengan kondisi SSD, *slump* 12 cm

Bahan	Ukuran agregat <i>max</i> 20 mm	Ukuran agregat <i>max</i> 40 mm
Semen (Kg)	342	308
Pasir (Kg)	774 (45% total agregat)	705 (40% total agregat)
Batu pecah (Kg)	946	1102
Air (Kg)	205	185

2.2 Evaluasi Ketercapaian Perancangan Campuran Beton Cara SNI

Ketercapaian kuat tekan beton menggunakan cara SNI perlu dievaluasi dengan cara Dreux.

Kuat tekan beton pada perancangan campuran beton cara Dreux dinyatakan dalam persamaan 2.5.

$$f'_c = G \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad (2.5)$$

dengan:

f'_c = kuat tekan silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari (MPa);

f_{pc} = kuat tekan mortar semen umur 28 hari (MPa);

G = faktor granular (0,35 – 0,65);

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

Besarnya faktor granular (G) didapat dari persamaan Thesia (2013) pada persamaan 2.6.

$$G = K \cdot V_{pasir} \quad (2.6)$$

dengan:

K = konstanta yang nilainya ditunjukkan pada Tabel 2.5;

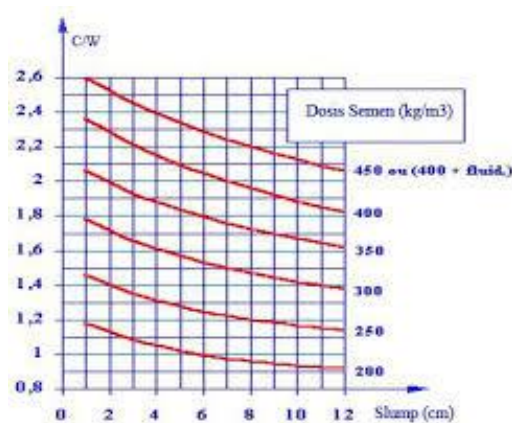
V_{pasir} = volume pasir dalam $1 m^3$ beton.

Tabel 2.5 Nilai K untuk $0,4 \leq G \leq 0,6$

No	V pasir/ V 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	$\geq 0,50$	1,5

Sumber: Thesia, 2013

Hubungan antara faktor air-semen dengan nilai *slump* dan kadar semen untuk agregat maksimum 20 mm oleh Dreux Gorrise ditampilkan pada Gambar 2. Jika penggunaan agregat kasar menggunakan batu pecah dengan ukuran agregat yang sama, maka nilai *slump* akan berkurang sebesar 2 cm..



Sumber: Dreux 1979 dalam Azka, A., 2016

Gambar 2.5 Hubungan c/w dengan nilai *slump* dan kadar semen

Untuk mencapai nilai *slump* rencana sesuai dengan kondisi agregat di lapangan, diperlukan jumlah air yang didasarkan pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton untuk kondisi agregat kering udara

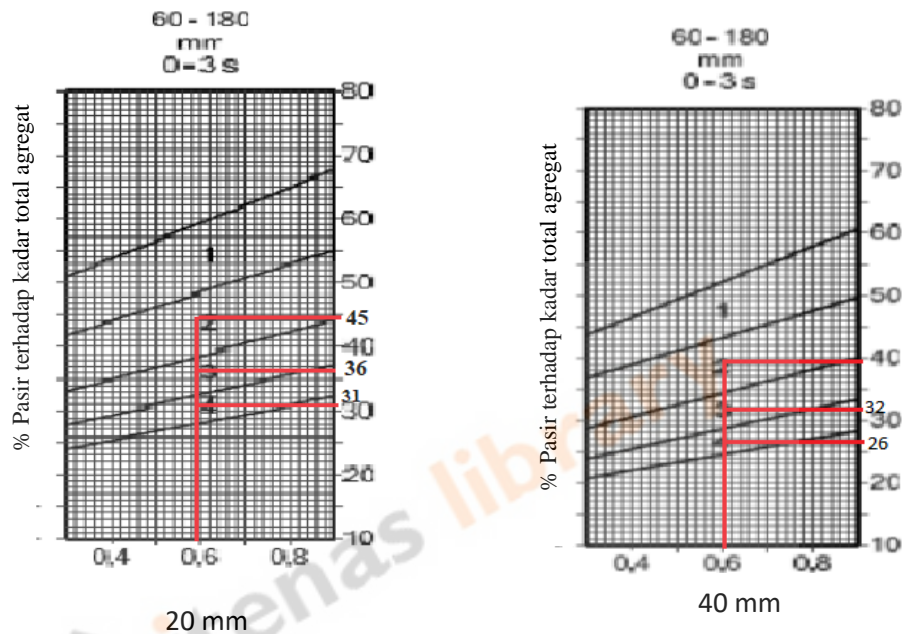
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis Agregat	<i>slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
		----	---	----	----
10	Batu tak dipecahkan Batu pecah	195	205	218	243
20	Batu tak dipecahkan Batu pecah	179	188	200	225
40	Batu tak dipecahkan Batu pecah	124	181	192	216

Jika perancangan campuran beton cara SNI menggunakan grafik kuat tekan beton terhadap faktor air-semen pada Tabel 2.2 yaitu untuk w/c sebesar 0,5 dengan kuat tekan 37 MPa, dievaluasi menggunakan cara Dreux, maka kuat tekan beton rencana tidak tercapai pada ukuran agregat *max* 40 mm. Namun pada ukuran agregat *max* 20 mm, kuat tekan beton mencapai kuat tekan rencana seperti diperlihatkan pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Prediksi kuat tekan beton pada umur 28 hari

<i>Mix Design</i>	Kuat Tekan (MPa)	
	Ukuran agregat <i>max</i> 20 mm	Ukuran agregat <i>max</i> 40 mm
Cara SNI	27	27
Prediksi Dreux	27,668	20,974

Jika pasir berada pada zona 3 dan zona 4, maka persentase pasir akan mengecil sehingga volume pasir juga mengecil yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Akibatnya faktor granular juga akan mengecil sehingga kuat tekan akan berkurang. Oleh karena itu perancangan campuran beton cara SNI perlu dimodifikasi.



Gambar 2.6 Persen pasir terhadap kadar total agregat untuk ukuran butir maksimum 20 mm dan ukuran butir maksimum 40 mm untuk zona 2, zona 3, dan zona 4.

Jika grafik yang digunakan dalam perancangan campuran beton pada cara SNI adalah grafik yang bergaris penuh untuk kuat tekan 28 hari yang terdapat pada Gambar 2.1, maka grafik ini dapat dinyatakan secara matematis seperti pada persamaan 2.7 yaitu:

$$f'c = 0,47 \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right) \quad (2.7)$$

Dimana:

$f'c$ = kuat tekan silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari (MPa);

f_{pc} = kuat tekan mortar semen umur 28 hari (MPa);

$\frac{C}{W}$ = rasio berat semen terhadap berat air.

Persamaan 2.7 memiliki bentuk yang sama dengan persamaan yang digunakan oleh Dreux yang terdapat pada persamaan 2.5. Besarnya nilai G dirumuskan pada persamaan 2.6.

Persamaan 2.7 berlaku pada kondisi agregat kering udara. Dengan demikian, maka grafik hubungan kuat tekan beton dan faktor air-semen pada cara SNI yang kondisi agregat nya 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 2.6 yang dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$V_{pasir} = \frac{0,47}{k} \quad (2.8)$$

dimana nilai K tertera pada Tabel 2.5.

Air yang dibutuhkan pada campuran beton cara SNI dimodifikasi untuk agregat kondisi kering udara dengan menggunakan grafik dari Dreux yang ditampilkan pada Gambar 2.5 yang hasilnya disajikan pada Tabel 2.6.