

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Agregat Dalam Campuran Beton

Secara umum material yang digunakan dalam pembuatan beton terdiri dari semen, air, pasir (agregat halus), dan kerikil (agregat kasar) yang dicampur dengan komposisi tertentu dan menghasilkan kuat tekan tertentu. Agregat memiliki fungsi yang penting dalam pencampuran beton, karena menempati 70-75% dari total volume beton. Fungsi agregat dalam pencampuran beton diantaranya:

- a. menghemat penggunaan semen *portland*;
- b. mengurangi penyusutan pada beton;
- c. menghasilkan kekuatan yang besar pada beton;
- d. menghasilkan beton yang padat dan kokoh jika gradasinya baik.

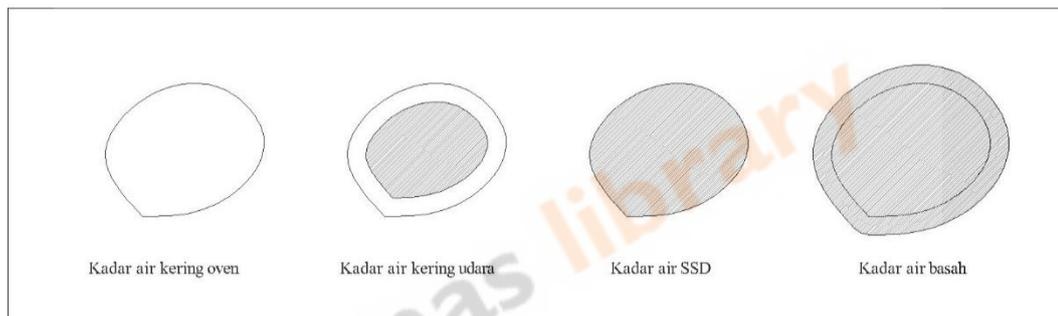
Agregat dibagi menjadi dua kelompok yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah bahan pengisi campuran beton yang memiliki ukuran butiran antara 5 mm – 40 mm, sedangkan agregat halus adalah bahan pengisi campuran beton yang ukurannya lebih kecil dari 5 mm.

Jika dibedakan berdasarkan kondisi fisik agregat, kondisi fisik agregat dibagi menjadi 4 yaitu:

- a. kondisi kering oven adalah kondisi agregat yang pori-porinya tidak terdapat air;
- b. kondisi kering udara adalah kondisi agregat yang sebagian pori-porinya terisi air;
- c. kondisi jenuh kering permukaan adalah kondisi agregat yang pori-porinya penuh air dan permukaannya kering;
- d. kondisi basah adalah kondisi agregat yang pori-porinya penuh air dan permukaannya terdapat lapisan air.

2.2 Kondisi Kadar Air Agregat dalam Perancangan Pencampuran Beton

Kondisi kadar air agregat memiliki berbagai macam kondisi yaitu kondisi kering oven, yaitu kondisi agregat yang pori-porinya tidak terdapat air. Kondisi ini hanya tercapai jika agregat dikeringkan dalam oven dengan suhu 120 °C selama 24 jam. Selanjutnya kondisi kering udara adalah kondisi agregat yang sebgayaan pori-porinya terisi air. Kondisi lainnya adalah kondisi SSD yaitu kondisi agregat yang pori-porinya penuh air dan permukaannya kering. Kondisi SSD juga tercapai di laboratorium. Selanjutnya kondisi basah yaitu agregat yang pori-porinya penuh air dan permukaannya terdapat lapisan air. Berbagai kondisi agregat ini diperlihatkan pada **Gambar 2.1**.



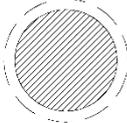
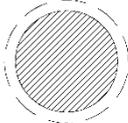
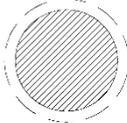
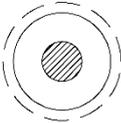
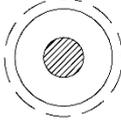
Gambar 2. 1 Berbagai macam kondisi agregat

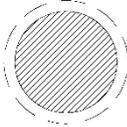
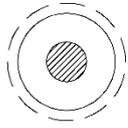
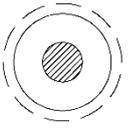
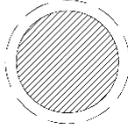
Pada pencampuran beton dengan cara SNI kondisi agregat yang digunakan adalah kondisi SSD. Akan tetapi proses pencampuran di lapangan agregat yang selalu terjadi adalah agregat kering udara. Hal ini menyebabkan jumlah air yang ditambahkan akan diserap sehingga akan mengakibatkan nilai *slump* lebih rendah daripada nilai *slump* yang direncanakan. Oleh karena itu diperlukan perlakuan pada agregat agar jumlah air campuran tidak serap.

Penelitian tentang penyesuaian kondisi agregat terjadi di lapangan agar menghasilkan campuran beton yang agregatnya berperilaku SSD dilakukan oleh Ali Hussain Ali, Nadwa Sadi Hassan, dan Mohammed Yasin Hammed (2011) adalah agregat dalam kondisi SSD dapat disiapkan dan dikendalikan di laboratorium, namun di lapangan, sulit dan mustahil untuk mendapatkan itu. Oleh karena itu sembilan probabilitas kondisi kelembaban agregat akan muncul, dan untuk mengatasi masalah ini, penyesuaian lapangan dengan kaitannya terhadap

lembab kondisi agregat harus diperhitungkan ketika konstituen beton dimasukkan dalam mixer. Berikut sembilan kemungkinan kasus agregat berkaitan dengan kelembaban kondisi muncul, dan kasus ini dapat diringkas dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Kondisi kelembaban agregat di lapangan

Kasus	Pasir	Kerikil
A	 basah	 basah
B	 kering udara	 kering udara
C	 basah	 kering udara
D	 kering udara	 basah
E	 basah dengan kapasitas penyerapan	 basah dengan kapasitas penyerapan

Kasus	Pasir	Kerikil
F	 basah	 basah dengan kapasitas penyerapan
G	 basah dengan kapasitas penyerapan	 basah
H	 kering udara	 basah dengan kapasitas penyerapan
I	 basah dengan kapasitas penyerapan	 kering udara

Telah diolah kembali

Sumber : Ali H (2011)

Di lapangan kondisi agregat yang selalu terjadi adalah agregat kering udara. Oleh karena itu jumlah air campuran harus ditambah agar nilai *slump* tercapai. Agar penambahan air untuk mencapai *slump* rencana tidak memperbesar faktor air-semen maka harus juga ditambahkan semen agar nilai faktor air-semen sesuai yang direncanakan. Cara ini digunakan oleh Ali dan rekan yang diperlihatkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Penyesuaian komposisi beton untuk kondisi agregat kering udara

Campuran	Konstituen	Komposisi bahan:			
		Air	Semen	Pasir	Kerikil
Agregat SSD	Berat (kg/m ³)	200	416,7	502	1236
	Persentase	0,480	1,000	1,205	2,966
	Proporsi campuran	1 : 1,205 : 2,966 ; w/c = 0,480			
	<i>Slump</i> rencana	80 -130 mm			
	fc rencana	34,00 MPa			
Agregat Kering Udara	Berat (kg/m ³)	233,1	485,63	502	1236
	Persentase	0,480	1,000	1,034	2,545
	Proporsi campuran	1 : 1,034 : 2,545 ; w/c = 0,480			
	<i>Slump</i> aktual	127 mm			
	fc pengujian	35,62 MPa			

Telah diolah kembali

Sumber : Ali H (2011)

Besarnya air yang ditambahkan tergantung pada kadar air kering udara. Kondisi kadar air agregat di lapangan selalu berubah-ubah sehingga air yang ditambahkan akan selalu berbeda sehingga akan menyulitkan pelaksanaan pembuatan campuran beton karena komposisi air dan semen senantiasa berubah.

2.3 Perancangan Campuran Beton Cara SNI

Salah satu acuan dalam merancang campuran beton adalah cara SNI 03-2834-2000. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

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

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);

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

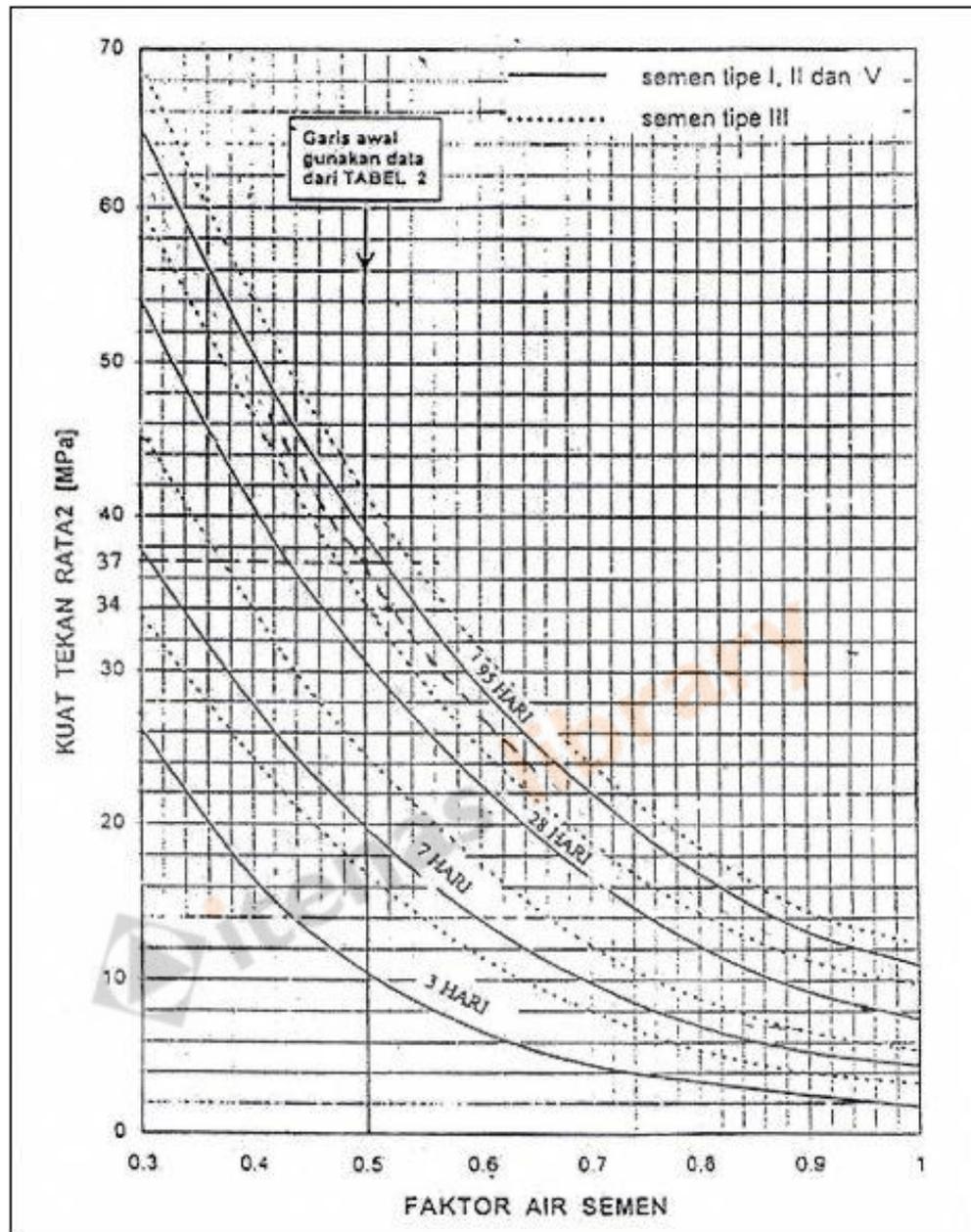
Besarnya nilai f_{cr} pada persamaan 2.1 dalam SNI 03-2847-2002 ditunjukkan pada **Tabel 2.3.**

Tabel 2. 3 Kuat tekan rata-rata perlu/target

Persyaratan kuat tekan (f_c) (MPa)	Kuat tekan rata-rata perlu/target (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, nilai faktor air-semen yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan grafik hubungan antara faktor air-semen dengan kuat tekan yang terdapat pada **Gambar 2.2.**



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 2 Grafik hubungan kuat tekan dan faktor air-semen

Hubungan antara kuat tekan beton dengan faktor air-semen didasarkan pada nilai-nilai yang terdapat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 4 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)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Benda uji
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II	Batu tak dipecahkan	20	28	40	58	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Untuk mengetahui jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton, maka dapat menggunakan data pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton untuk kondisi agregat SSD

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis Agregat	Slump(mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
		---	---	---	---
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^2 adukan beton.

Sumber : SNI 03-2834-2000

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

$$V_C + V_{CA} + V_{FA} + V_W + V_A = 1\text{m}^3 \text{ beton} \quad (2.2)$$

dengan:

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

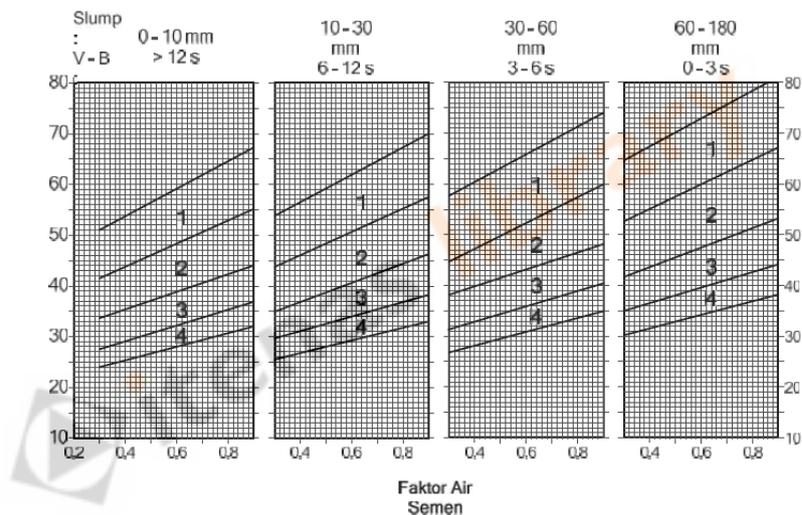
V_{CA} = volume absolut agregat kasar dalam $1 m^3$ beton;

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

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

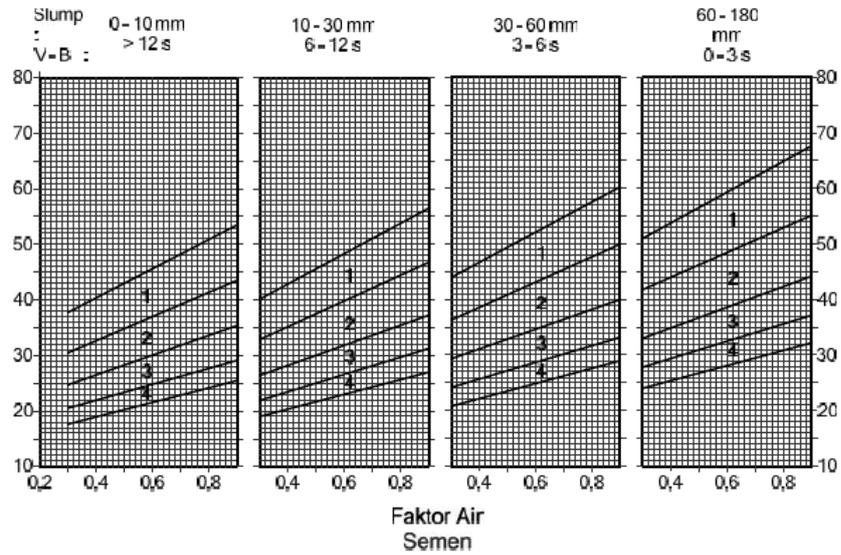
V_A = volume udara dalam $1 m^3$ beton.

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 2.3**, **Gambar 2.4**, dan **Gambar 2.5**.



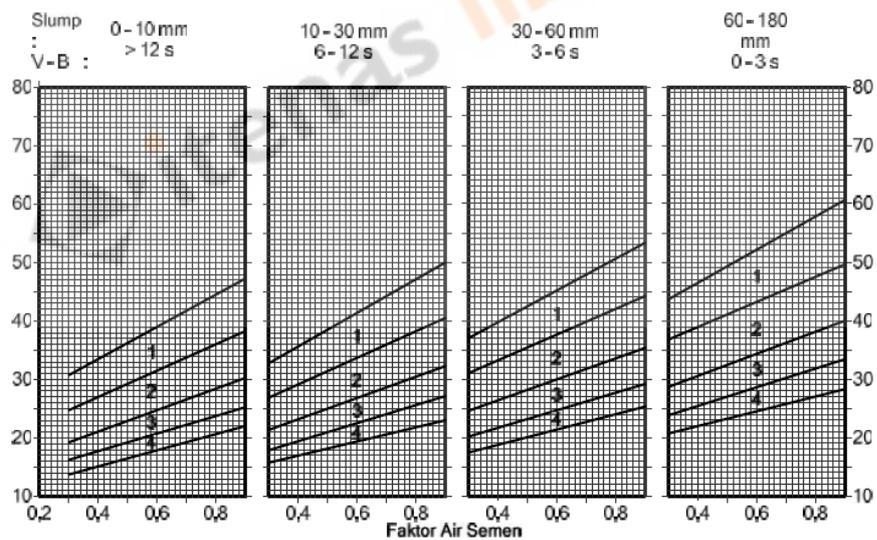
Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.3 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 4 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 5 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Jika cara penyesuaian agregat kering udara yang dilakukan oleh Ali pada **Tabel 2.2** diterapkan pada cara SNI yang menggunakan agregat SSD maka diduga tidak praktis karena penyesuaian kebutuhan air tambahan dilakukan secara coba-coba sedemikian rupa sampai *slump* rencana tercapai. Untuk mengatasi ini maka hasil penelitian Awali (2018) dapat digunakan untuk menghitung tambahan air. Hasil penelitian Awali tertera pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Perkiraan kadar air bebas (kg/m³) 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	205	216	229	255
20	Batu tak dipecahkan Batu pecah	188	198	210	236
40	Batu tak dipecahkan Batu pecah	177	186	198	222

Sumber : Awali (2018)

Jika grafik yang digunakan dalam perancangan campuran beton cara SNI adalah grafik yang bergaris penuh untuk kuat tekan 28 hari seperti pada **Gambar 2.2** maka grafik ini dapat dinyatakan secara matematis seperti pada persamaan 2.3 yaitu :

$$f'_c = 0,47 f_{pc} \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad (2.3)$$

dimana :

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

f_{pc} = kekuatan mortar semen umur 28 hari (MPa) = 42,5 MPa;

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

Persamaan 2.3 memiliki bentuk yang sama dengan persamaan yang digunakan oleh Dreux yaitu :

$$f'_c = G f_{pc} \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad (2.4)$$

dimana:

G = faktor granular.

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

$$G = K \times \text{volume pasir} \quad (2.5)$$

Besar nilai K diperlihatkan pada **Tabel 2.7**

Tabel 2.7 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)

Persamaan 2.4 berlaku untuk kondisi agregat kering udara. Dengan demikian grafik hubungan kuat tekan beton dan faktor air-semen pada cara SNI yang kondisi agregatnya 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 2.5 yang dinyatakan dalam bentuk lain yaitu :

$$\text{Volume pasir} = \frac{G}{K} \quad (2.6)$$

Nilai G pada cara SNI adalah 0,47

Dengan demikian kondisi agregat SSD pada cara SNI dapat dilakukan perlakuan (*treatment*) dengan dua cara yaitu:

- a. cara pertama berat agregat SSD diperlakukan sebagai kering udara dengan berat yang berkurang tanpa mengalami perubahan jumlah air yang dihitung dengan cara SNI;
- b. cara kedua yaitu agregat cara pertama ditambah air yang dibutuhkan untuk mencapai SSD dengan cara menambah selisih jumlah air yang diperlukan untuk mencapai *slump* rencana terhadap jumlah air teoritis yang menghasilkan *slump* aktual. Cara kedua ini didasarkan pada asumsi bahwa air yang diberikan diserap oleh agregat kering udara untuk mencapai kondisi agregat SSD.

