

LAPORAN PENELITIAN

“Studi Mengenai Pengaruh Gradasi Agregat Kasar terhadap Kebutuhan Air untuk Mencapai Suatu Keleccakan Campuran Beton pada Cara SNI.”

Priyanto Saelan, Ir., MT.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2019**

Studi Mengenai Pengaruh Gradasi Agregat Kasar terhadap Kebutuhan Air untuk Mencapai Suatu Keleccakan Campuran Beton pada Cara SNI

BAYU NUGRAHA, PRIYANTO SAELAN

Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: bayu.und@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan air untuk mencapai suatu rentang keleccakan campuran beton yang direncanakan pada cara SNI hanya bergantung pada ukuran maksimum agregat kasar dan jenis agregat yang digunakan. Pada cara SNI ini banyaknya ragam gradasi agregat kasar yang digunakan selama ukuran maksimumnya tidak berubah, maka jumlah air yang dibutuhkan tetap sama. Kejelasan tentang jenis gradasi agregat kasar yang terdapat pada perkiraan jumlah air dalam campuran beton sangat perlu untuk memperhitungkan kebutuhan air campuran beton menjadi lebih tepat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh gradasi agregat kasar terhadap kebutuhan air campuran beton pada cara SNI. Kebutuhan air campuran beton berbanding lurus dengan persentase jumlah air tiap ukuran agregat kasar yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah air yang dibutuhkan sesuai dengan perhitungan jumlah air yang dihitung. Jumlah air yang dibutuhkan dapat dirumuskan sebagai jumlah dari persen ukuran agregat kasar dikali jumlah air dari tiap ukuran agregat kasar tersebut.

Kata kunci: cara SNI, gradasi agregat kasar, kebutuhan air

ABSTRACT

Amount of waters that need to reach a slump range of mix concrete that planned on SNI only depending on maximum amount of coarse aggregate and the kind of aggregate. Depending of SNI, variety of graded coarse aggregate as long as the maximum amount does not change or stable does not change the amount of water needed. Clarity of the kind of coarse aggregate graded on water amount estimate to calculate a water on mix concrete to be accurate. The study was done to overcome the effect coarse aggregate graded to amount of water needed on SNI. The water needed mix concrete directly proportional with percentage of water every size of coarse aggregate used. The result shown that amount of water needed equivalent with calculation of water that calculated. Amount of water needed can be formulated as a total of percentage size of coarse aggregate multiplied by amount of water of every size of coarse aggregate.

Keywords: SNI method, coarse aggregate graded, water needed

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air untuk mencapai suatu kelecakan campuran beton yang direncanakan pada perancangan campuran beton cara SNI bergantung pada ukuran maksimum agregat kasar dan jenis agregat yang digunakan. Selama ukuran maksimum agregat tidak berubah, maka jumlah air yang diperlukan untuk mencapai suatu rentang kelecakan akan sama untuk berbagai faktor air-semen yang digunakan. Dengan perkataan lain kebutuhan air tidak dipengaruhi oleh kuat tekan beton, tetapi hanya ditentukan oleh tingkat kelecakan yang direncanakan sesuai dengan ukuran maksimum agregat yang digunakan. Ukuran maksimum agregat yang terdapat pada perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai kelecakan pada cara SNI, tidak menunjukkan gradasi agregat kasar secara jelas. Dengan demikian kejelasan tentang jenis gradasi agregat kasar yang terdapat pada perkiraan jumlah air dalam campuran beton untuk mencapai suatu kelecakan pada cara SNI masih belum secara nyata ditampakkan. Untuk itu perlu diteliti lebih lanjut sehingga dapat diketahui pengaruh gradasi agregat kasar terhadap kebutuhan air tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelecakan Campuran Beton

Kelecakan campuran beton adalah mudah tidaknya campuran beton dikerjakan. Proses pengerjaan beton merupakan serangkaian pelaksanaan pengadukan, penuangan, dan pemadatan. Kelecakan campuran beton pada umumnya diukur dengan melakukan percobaan uji *slump*. Tingkat kelecakan campuran beton ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Tingkat Kelecakan Campuran Beton

Tingkat Kelecakan	Kekentalan Adukan Beton	Nilai <i>Slump</i> [mm]	
		SNI	Road Note no. 4
Sangat rendah	Sangat kental	0-10	0-25
Rendah	Kental	10-30	25-50
Sedang	Sedang	30-60	50-100
Tinggi	Encer	60-180	100-175

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan campuran beton segar adalah:

1. Kadar Air
Semakin banyak penggunaan air maka kelecakan campuran beton akan semakin tinggi, sehingga campuran beton akan lebih encer dan mudah dalam proses pekerjaan.
2. Faktor Air-Semen
Faktor air-semen yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah air lebih banyak dari pada jumlah semen. Semakin tinggi faktor air-semen maka semakin mudah campuran beton dikerjakan untuk kadar semen yang sama. Hubungan faktor air-semen dengan kelecakan campuran beton dapat ditunjukkan berdasarkan penelitian. Jika ukuran agregat maksimum yang digunakan kurang lebih dari 2,0 cm, maka jumlah air (w) harus dikoreksi dengan faktor koreksi ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Faktor Koreksi Kadar Air

Ukuran Maksimum Agregat [mm]	5	8	12,5	20	31,5	50	80
Koreksi Jumlah Air [%]	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

3. Besar butir Agregat Maksimum
Semakin besar agregat maksimum maka semakin sedikit kebutuhan air yang diperlukan. Jika agregat maksimum lebih kecil, maka kebutuhan air untuk membasahi total luas

permukaan agregat lebih banyak dari pada total luas permukaan agregat maksimum yang besar. Perkiraan kebutuhan air ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perkiraan Kadar Air Bebas [kg/m³] yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan 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

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2000)

2.2 Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Keleccakan Campuran Beton

Pengaruh gradasi terhadap keleccakan campuran beton telah diteliti oleh Newman dan Teychenne (1954) yang hasilnya diperlihatkan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**.

Tabel 4. Pengaruh Gradasi terhadap Keleccakan Campuran Beton

Uraian	Campuran Beton 1	Campuran Beton 2	Campuran Beton 3	Campuran Beton 4
Permukaan spesifik agregat secara keseluruhan [m ² /kg]	2,55	2,55	2,55	2,55
Persentase pasir	46	36	29	24
Proporsi berdasarkan volume	1 ; 2,5 ; 3,5	1 ; 2 ; 4	1 ; 1,5 ; 4,5	1 ; 1,25 ; 4,75
Air-semen dalam berat	0,6	0,6	0,6	0,6
Faktor kepadatan [compacting factor]	0,92	0,93	0,93	0,93
Kuat tekan umur 28 hari [MPa]	27,1	28,1	29,2	29

Tabel 5. Pengaruh Gradasi terhadap Keleccakan Campuran Beton

Uraian	Campuran Beton 1	Campuran Beton 2	Campuran Beton 3	Campuran Beton 4
Permukaan spesifik agregat secara keseluruhan [m ² /kg]	2,08	2,55	3,04	3,55
Persentase pasir	36	36	36	36
Proporsi berdasarkan volume	1 ; 2 ; 4	1 ; 2 ; 4	1 ; 2 ; 4	1 ; 2 ; 4
Air-semen dalam berat	0,58	0,60	0,63	0,66
Faktor kepadatan [compacting factor]	0,92	0,95	0,95	0,96
Kuat tekan umur 28 hari [MPa]	31,6	28,9	24,8	23,2

Hasil dari penelitian Newman dan Teychenne (1954) pada **Tabel 4** dan **Tabel 5** menunjukkan bahwa gradasi agregat berpengaruh terhadap tingkat keleccakan. Jika Permukaan spesifik agregat secara keseluruhan memiliki nilai yang sama, maka tingkat keleccakan campuran beton yang dihasilkan tidak akan jauh berbeda. Jika permukaan agregat secara keseluruhan memiliki nilai yang berbeda, maka tingkat keleccakannya akan berbeda-beda. Hal yang sama mengenai pengaruh gradasi terhadap keleccakan campuran beton diteliti juga oleh Saelan dan Arifin (2002) dimana gradasi agregat dinyatakan dalam modulus kehalusan yang ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Komposisi Campuran Beton dengan Nilai Modulus Kehalusan yang Sama

Ukuran saringan [mm]	Gradasi acuan	Gradasi actual [%]			
		MF-I	MF-II	MF-III	MF-IV
20-10	56,5	58	61,5	62	65
10-5	5,5	-	-	-	-
5-2,5	5	9	-	-	-
2,5-1,2	7	8	10	-	-
1,2-0,6	6	7	9	18	-
0,6-0,3	6,5	6,5	7,5	12	29
0,3-1,15	6,5	6	6,5	7	6
<0,15	7	5,5	5,5	1	-
Modulus kehalusan	5,19	5,19	5,19	5,19	5,19
Air-semen	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<i>Slump</i> rencana	40	40	40	40	40
<i>Slump</i> actual	35	35	35	40	40
Kuat tekan aktual [MPa], 33 hari	35,35	35,35	40,127	36,306	36,943

Tabel 6 menunjukkan bahwa komposisi dari campuran beton yang bergradasi diskontinu atau gradasi tidak menerus memiliki nilai modulus kehalusan dan nilai air-semen sama, dan tingkat kelecakan yang hampir sama. Hal ini dapat disimpulkan bahwa agregat yang memiliki nilai modulus kehalusan dan nilai air-semen yang sama tidak akan mempengaruhi tingkat kelecakan dan tidak dipengaruhi oleh gradasi agregat pada campuran beton.

2.3 Kebutuhan Air Dalam Campuran Beton pada Cara SNI

Perkiraan kadar air bebas kondisi SSD pada **Tabel 8** telah dimodifikasi oleh Awali, I. F. (2018) untuk kondisi agregat kering udara (*air dry*), yang ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Perkiraan Kadar Air [kg/m³] yang Digunakan untuk Beberapa Tingkat Kelecakan Campuran Beton pada 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	205	216	229	255
	Batu pecah				
20	Batu tak dipecahkan	188	198	210	236
	Batu pecah				
40	Batu tak dipecahkan	177	186	198	222
	Batu Pecah				

Kebutuhan air pada campuran beton untuk mencapai suatu kelecakan dipengaruhi oleh ukuran besar butir agregat maksimum, dan jenis agregat. Semakin besar agregat maksimum, maka semakin sedikit kebutuhan air yang diperlukan untuk mencapai suatu kelecakan campuran beton. Jika agregat maksimum lebih kecil, maka kebutuhan air untuk membasahi total luas permukaan agregat akan semakin banyak dari pada total luas permukaan agregat maksimum yang lebih besar. Ukuran maksimum agregat yang terdapat pada perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai kelecakan pada cara SNI tidak menunjukkan gradasi agregat kasar secara jelas. Berdasarkan definisi agregat kasar yaitu agregat yang berukuran lebih dari 4,75 mm, maka untuk ukuran agregat maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm dianggap sebagai agregat bergradasi seragam. Anggapan ini didasarkan pada ukuran maksimum agregat 10 mm yang merupakan agregat yang berukuran 4,75-10 mm, yang merupakan gradasi seragam. Jika pada ukuran maksimum 20 mm dan 40 mm merupakan gradasi menerus, maka kebutuhan air dapat diperhitungkan berbanding lurus dengan persentase dari masing-masing ukuran. Dengan demikian maka diduga perkiraan

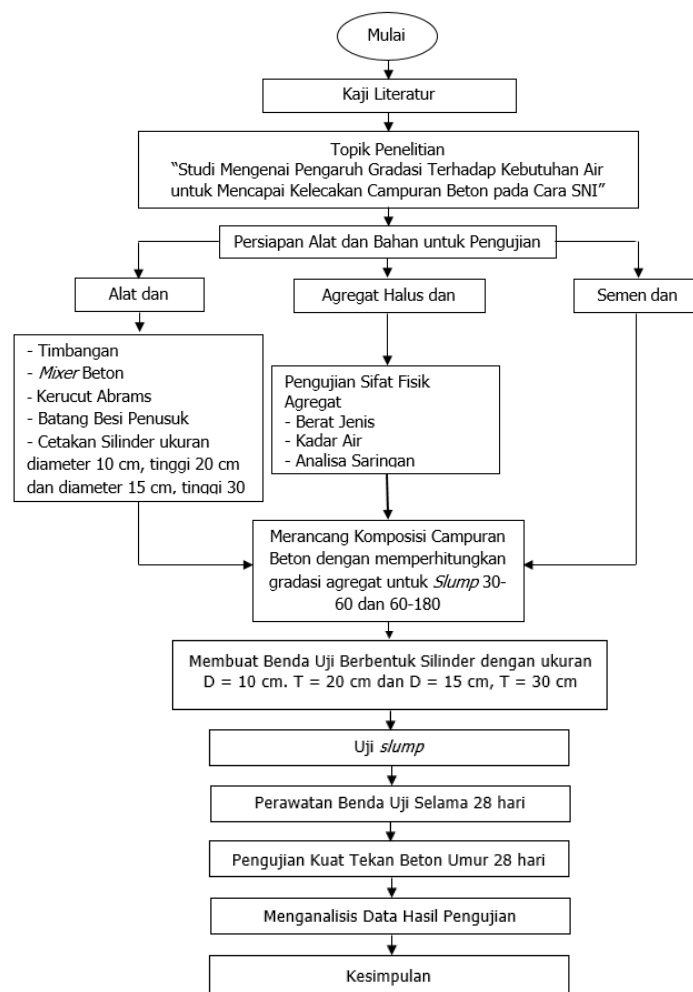
kadar air yang dibutuhkan untuk campuran beton cara SNI dipengaruhi oleh gradasi agregat kasar. Dengan demikian dapat diajukan perkiraan jumlah air total yang digunakan untuk mencapai suatu nilai *slump* rencana, yang dirumuskan pada **Persamaan 1** sebagai berikut:

$$\text{Jumlah air total} = \sum \% \text{ ukuran agregat kasar} * \text{jumlah air tiap ukuran agregat kasar} \quad \dots (1)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengenai pengaruh gradasi agregat terhadap kebutuhan air untuk mencapai kelecanan campuran beton pada cara SNI dilakukan dengan tahapan-tahapan yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan alir metode penelitian

3.2 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan yaitu data sekunder dan data primer. Data primer yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data perkiraan kadar air [kg/m^3] yang digunakan untuk beberapa tingkat kelecanan campuran beton pada kondisi kering udara untuk beberapa variasi gradasi agregat kasar, yang dimodifikasi berdasarkan data sekunder hasil penelitian dari Awali, I. F. (2018) pada **Tabel 8**.
2. Data komposisi bahan campuran beton yang ditunjukkan pada **Tabel 8**, **Tabel 9**, **Tabel**

10, dan Tabel 11.

Tabel 8. Komposisi Kadar Air [kg/m³] yang Digunakan untuk Beberapa Tingkat Kelecekan Campuran Beton pada Kondisi Agregat Kering Udara yang Telah Dimodifikasi

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump [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

Tabel 9. Komposisi Campuran Beton Ukuran Agregat Maksimum 10 mm

Komposisi Gradasi [%]			Bahan	Slump [mm]			
				Untuk 1 m ³		Untuk 4 silinder	
10	20	40		30-60	60-180	30-60	60-180
100	-	-	Air [kg]	229	255	1,582	1,761
			Semen [kg]	400	400	2,764	2,764
			Pasir [kg]	957,58	957,58	6,616	6,616
			Batu Pecah [kg]	637,26	647,58	4,404	4,472

Tabel 10. Komposisi Campuran Beton Ukuran Agregat Maksimum 20 mm

Komposisi Gradasi [%]			Bahan	Slump [mm]			
				Untuk 1 m ³		Untuk 4 silinder	
10	20	40		30-60	60-180	30-60	60-180
-	100	-	Air [kg]	210	236	1,451	1,541
			Semen [kg]	400	400	2,764	2,764
			Pasir [kg]	957,58	957,58	6,616	6,616
			Batu Pecah [kg]	702,24	739,2	4,851	5,106
25	75	-	Air [kg]	214,75	240,75	1,483	1,663
			Semen [kg]	400	400	2,764	2,764
			Pasir [kg]	957,58	957,58	6,616	6,616
			Batu Pecah [kg]	685,12	616,875	4,733	4,261
50	50	-	Air [kg]	219,5	245,5	1,516	1,696
			Semen [kg]	400	400	2,764	2,764
			Pasir [kg]	957,58	957,58	6,616	6,616
			Batu Pecah [kg]	670,77	602,91	4,634	4,165
75	25	-	Air [kg]	224,25	250,25	1,549	1,729
			Semen [kg]	400	400	2,764	2,764
			Pasir [kg]	957,58	957,58	6,616	6,616
			Batu Pecah [kg]	653,94	586,47	4,517	4,051

Tabel 11. Komposisi Campuran Beton Ukuran Agregat Maksimum 40 mm

Komposisi Gradasi [%]			Bahan	Slump [mm]			
				Untuk 1 m ³		Untuk 4 silinder	
10	20	40		30-60	60-180	30-60	60-180
-	-	100	Air [kg]	198	222	3,463	3,883
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	750,6	664,2	13,128	11,617

Tabel 11. Komposisi Campuran Beton Ukuran Agregat Maksimum 40 mm lanjutan

Komposisi Gradasi [%]			Bahan	Slump [mm]			
				Untuk 1 m ³		Untuk 4 silinder	
10	20	40		30-60	60-180	30-60	60-180
25	-	75	Air [kg]	205,75	230,25	3,599	4,027
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	720,9	667,89	12,609	11,488
50	-	50	Air [kg]	213,5	238,5	3,734	4,171
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	694,32	628,32	12,144	10,989
75	-	25	Air [kg]	221,25	246,75	3,87	4,316
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	665,55	597,69	11,466	10,139
-	25	75	Air [kg]	201	225,5	3,515	3,944
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	665,88	673,935	11,646	11,787
-	50	50	Air [kg]	204	229	3,568	4,005
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	726,24	659,49	12,702	11,534
-	72	25	Air [kg]	207	232,5	3,62	4,066
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	714,195	647,82	12,491	11,33
25	25	50	Air [kg]	208,75	233,75	3,651	4,088
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	708,885	642,51	12,398	11,234
25	50	50	Air [kg]	211,75	237,25	3,704	4,15
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	696,96	630,96	12,19	11,035
50	25	25	Air [kg]	216,5	242	3,787	4,233
			Semen [kg]	400	400	6,996	6,996
			Pasir [kg]	957,58	957,58	16,748	16,748
			Batu Pecah [kg]	682,5	614,25	11,937	10,743

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Nilai *slump* yang terjadi menggunakan kebutuhan air yang dihitung dengan cara perbandingan lurus ini masih berada pada rentang nilai *slump* yang direncanakan, yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 12** dan **Tabel 13**.

Tabel 12. Hasil Kuat Tekan Beton untuk Nilai *Slump* Rencana 30-60 mm

Ukuran Maksimum Butiran [mm]	No Benda Uji	Gradasi [%]			Jumlah Air [kg/m ³]	<i>Slump</i> 30-60 [mm]	Kuat Tekan Rata-rata 14 hari [MPa]		Berat Rata-rata [kg]	
		10	20	40		Aktual	Aktual	Prediksi	Aktual	Teoritis
10	1	100	-	-	229	35	17,45	26,36	3,494	3,491
	3	-	100	-	210	35	29,24	29,71	3,645	3,563
	5	-	-	-	214,75	50	23,85	28,82	3,559	3,544
20	3A	25	75	-	210	35	23,74	29,71	3,564	3,536
	7	50	50	-	219,5	40	25,38	27,97	3,628	3,529
	3B	50	50	-	210	15	26,19	29,71	3,590	3,514
	9	75	25	-	224,25	30	21,95	27,15	3,528	3,510
	11	-	-	100	198	15	27,47	32,15	12,174	12,222
40	13	25	-	75	205,75	40	21,01	30,58	12,060	12,106
	15	50	-	50	213,5	50	23,32	29,05	12,037	12,006
	17	75	-	25	221,25	60	13,16	27,66	11,927	11,895
	19	-	25	75	201	45	17,66	31,51	12,100	11,789
	21	-	50	50	204	50	17,94	30,89	12,033	12,125
	23	-	75	25	207	45	23,64	30,29	12,267	12,077
	25	25	25	50	208,75	40	18,25	29,95	12,167	12,058
	27	25	50	25	211,75	45	24,38	29,38	12,200	12,011
	29	50	25	25	216,5	50	25,79	28,50	12,233	11,960

Tabel 13. Hasil Kuat Tekan Beton untuk Nilai *Slump* Rencana 60-180 mm

Ukuran Maksimum Butiran [mm]	No Benda Uji	Gradasi [%]			Jumlah Air [kg/m ³]	<i>Slump</i> Aktual [mm]	Kuat Tekan Rata-rata 14 hari [MPa]		Berat Rata-rata [kg]	
		10	20	40		Aktual	Aktual	Prediksi	Aktual	Teoritis
10	2	100	-	-	255	135	11,96	22,60	3,441	3,548
	4	-	100	-	236	85	23,54	25,27	3,589	3,662
	6	-	-	-	240,75	150	19,38	24,56	3,526	3,478
20	4A	25	75	-	236	75	21,97	25,27	3,563	3,429
	8	50	50	-	245,5	140	19,63	23,88	3,463	3,463
	4B	50	50	-	236	25	22,66	25,27	3,597	3,448
	10	75	25	-	250,25	100	17,25	23,23	3,435	3,445
	12	-	-	100	222	85	19,74	27,53	11,956	11,892
40	14	25	-	75	230,25	100	19,24	26,17	11,971	11,955
	16	50	-	50	238,5	135	18,19	24,89	11,682	11,789
	18	75	-	25	246,75	100	16,02	23,71	11,900	11,671
	20	-	25	75	225,5	100	16,77	26,94	11,900	11,962
	22	-	50	50	229	100	20,66	26,37	12,133	11,904
	24	-	75	25	232,5	100	18,62	25,81	12,133	11,861
	26	25	25	50	233,75	105	20,70	25,62	12,100	11,839
	28	25	50	25	237,25	120	22,42	25,08	12,133	11,767
	30	50	25	25	242	90	22,89	24,38	12,000	11,733

4.2 Pembahasan

Adapun hasil pembahasan dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan nilai *slump* yang direncanakan dihitung berdasarkan dugaan bahwa jumlah air berbanding lurus dengan persentase ukuran butiran dalam gradasi agregat. Sebagai contoh pada *slump* rencana 30 – 60 mm untuk agregat kasar berukuran maksimum 20 mm, yang terdiri dari 25% ukuran agregat 10 mm dan 75% ukuran agregat 20 mm, kebutuhan airnya adalah $(25\% * 229) + (75\% * 210) = 214,75 \text{ kg/m}^3$.
2. Nilai *slump* yang terjadi menggunakan kebutuhan air yang dihitung dengan cara perbandingan lurus ini masih berada pada rentang nilai *slump* yang direncanakan. Nilai *slump* terjadi 15 mm, yang lebih kecil dari rentang yang direncanakan yaitu 30-60 mm terjadi disebabkan oleh sangat keringnya kondisi agregat.
3. Nilai *slump* yang kebutuhan air campurannya tidak dihitung berdasarkan perbandingan lurus maka nilai *slump* yang terjadi lebih rendah dan keluar dari rentang yang direncanakan jika kandungan ukuran maksimum agregat kasar adalah $\leq 50\%$. Hal ini

terjadi pada ukuran maksimum butiran 20 mm, yang terdiri dari 50% ukuran agregat 10 mm dan 50% ukuran agregat 20 mm dengan menggunakan perkiraan kebutuhan air yang sama.

4. Jika kandungan agregat kasar yang lebih kecil dari ukuran maksimum $\leq 25\%$ dari total agregat kasar, pemberian air tanpa memperhitungkan perbandingan lurus maka nilai *slump* yang terjadi masih dalam rentang yang direncanakan. Hal ini terjadi pada ukuran maksimum butiran 20 mm, yang terdiri dari 25% ukuran agregat 10 mm dan 75% ukuran agregat 20 mm dengan menggunakan perkiraan kebutuhan air yang sama.
5. Dari hasil-hasil yang didapat maka jumlah air yang diperlukan untuk mencapai suatu nilai *slump* berbanding lurus dengan persentase jumlah air pada masing-masing ukuran butiran agregat kasar dalam agregat kasar total.
6. Ditinjau dari hasil uji tekan terdapat banyak hasil uji tekan yang lebih rendah, bahkan terdapat hasil uji tekan yang sangat berjauhan. Berdasarkan perbandingan berat benda uji aktual terhadap berat benda uji teoritis, diduga tidak didapatkan berkurangnya kuat tekan uji dari kuat tekan prediksi yang diakibatkan oleh berkurangnya kepadatan beton secara signifikan. Penelusuran berkurangnya kuat tekan uji dilakukan berdasarkan tingkat kemiringan benda uji disaat akan dilakukan pengujian uji tekan, dimana hal tersebut mengakibatkan penekanan di sebagian titik permukaan benda uji yang mengakibatkan nilai kuat tekan tidak optimal, dapat ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**. Sekalipun demikian masih terdapat benda uji yang hasil uji tekannya mendekati kuat tekan prediksi, yaitu pada benda uji 3, benda uji 4, benda uji 7, dan benda uji 30. Hal ini menandakan bahwa jumlah air yang dihitung dengan cara perbandingan lurus gradasi agregat kasar tidak hanya menghasilkan *slump* yang sesuai dengan rentang *slump* rencana, juga menghasilkan kuat tekan yang berdekatan dengan kuat tekan rencana (kuat tekan prediksi).



Gambar 2. Pola runtuh tekan uji yang lebih rendah dari hasil tekan prediksi



Gambar 3. Pola runtuh tekan uji mendekati hasil tekan prediksi

7. Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan hasil pengujian, perkiraan jumlah air dalam campuran beton untuk mencapai suatu kelecanan pada cara SNI dipengaruhi oleh gradasi agregat kasar dalam campuran beton. Perkiraan jumlah air dalam campuran beton berbanding lurus dengan jumlah air pada gradasi agregat kasar yang digunakan. Perkiraan jumlah air yang digunakan untuk mencapai suatu nilai *slump* rencana dapat dirumuskan: Jumlah air total = Σ % ukuran agregat kasar * jumlah air tiap ukuran agregat kasar.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan:

1. Kebutuhan air dalam campuran beton pada cara SNI yang hanya ditentukan oleh ukuran maksimum agregat kasar masih ditentukan pula oleh keragaman gradasi agregat kasar tersebut.
2. Jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton berbanding lurus dengan jumlah air pada gradasi agregat kasar yang digunakan, dan dapat dirumuskan menjadi: Jumlah air total = Σ % ukuran agregat kasar * jumlah air tiap ukuran agregat kasar.

6. SARAN

Dalam perencanaan campuran beton pada cara SNI, sangat perlu diketahui gradasi agregat kasar yang digunakan, dinyatakan dalam modulus kehalusan agregat kasar, untuk mengetahui ketepatan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *slump* yang direncanakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Awali, I. F. (2018). *Modifikasi Jumlah Air dalam Campuran Beton Cara SNI untuk Kondisi Agregat Kering Udara. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional - Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Newman, J. & Teychenne, D.C. (1954). *Properties of Concrete*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Saelan, P. & Arifin. (2002). *Kaji Bandung Perencanaan Gradasi Bercelah dalam Campuran Beton dengan Menggunakan Cara Modulus Kehalusan dan Permukaan Spesifik. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional - Bandung.