

Studi Mengenai Peluang Capaian Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Pemilihan Faktor Granular Agregat

FISKA AYU SOFIANI¹, PRIYANTO SAELAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: fiskayusofiani@gmail.com

ABSTRAK

Dreux Gorisse (1979) merumuskan kuat tekan beton tidak hanya ditentukan oleh rasio berat semen terhadap air (C/W) tetapi juga ditentukan oleh kepadatan (compactness) agregat dalam campuran beton. Kepadatan agregat di dalam campuran beton oleh Dreux Gorisse dinamakan faktor granular (G). Pada pelaksanaan campuran beton, gradasi agregat tidak dapat dijamin kestabilannya sehingga gradasi agregat dapat mudah berubah-ubah yang mengakibatkan faktor granular juga akan berubah dan menyebabkan peluang capaiannya tidak terjamin. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai faktor granular (G) maksimal yang tidak berkurang akibat perubahan gradasi agregat. Analisis data dilakukan dengan menggunakan grafik BS (SNI 2000) dan ACI (SNI 2012) pada kurva hubungan kuat tekan dan faktor air-semen.

Kata kunci: Kuat tekan, Dreux Gorisse, Faktor Granular

1. PENDAHULUAN

Penelitian dilakukan menggunakan nilai berdasarkan Dreux Gorisse dan formulasi yang diajukan untuk mengetahui nilai G maksimal yang peluang capaiannya dapat dijamin tidak berkurang akibat perubahan gradasi agregat yang terjadi pada saat pelaksanaan pembuatan campuran beton.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Formulasi Kuat Tekan Beton

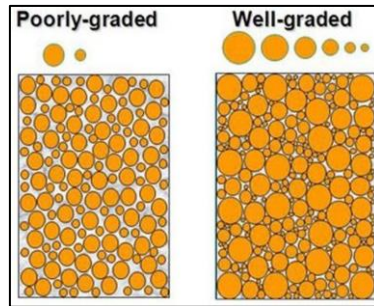
Kuat tekan beton (f_c') dirumuskan dengan menggunakan **Persamaan 1**:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- f_c' = kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (MPa)
- P = beban maksimum tekan (N)
- A = luas permukaan benda uji (mm^2)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor lainnya selain oleh FAS. Hal ini dapat dijelaskan melalui **Gambar 1**.



Gambar 1. Gradasi agregat dalam campuran beton

Sumber : *Packing Density of Aggregates*

Campuran pada **Gambar 1** dapat memiliki komposisi yang sama namun dengan gradasi agregat yang berbeda. Kuat tekan yang dihasilkan akan berbeda sekalipun faktor air-semennya tetap sama. Perbedaan gradasi akan menyebabkan perbedaan kepadatan. Oleh Dreux Gorisse (1979) kuat tekan beton dirumuskan berdasarkan fenomena fisika yang membentuknya, yaitu pada **Persamaan 2**.

$$f_c' = G \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5\right) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- f_c' = kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari (MPa)
- f_{pc} = kekuatan tekan mortar semen pada umur 28 hari (MPa)
- G = faktor granular atau faktor kekompakan butiran agregat gabungan dalam campuran beton segar dengan nilai berkisar 0,35-0,65
- $\frac{c}{w}$ = rasio berat semen terhadap air

Formulasi nilai G dapat dihitung jika kepadatan agregat diketahui terlebih dahulu. Dalam keadaan belum bercampur dengan pasta semen, kepadatan agregat gabungan atau *packing density* dapat dirumuskan seperti pada **Persamaan 3**.

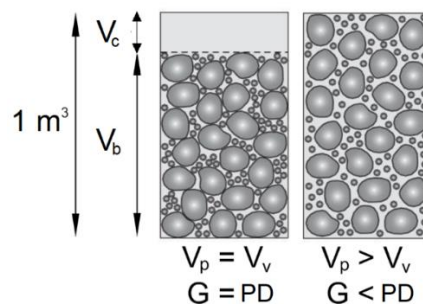
$$PD = \frac{\text{volume mutlak agregat gabungan}}{\text{volume gembur agregat gabungan}} \dots\dots\dots(3)$$

$$V_{\text{gembur gabungan}} = V_{\text{mutlak agregat kasar}} + V_{\text{gembur agregat halus}} \dots\dots\dots(4)$$

Dalam rasio berat, PD dapat dirumuskan seperti pada **Persamaan 5**.

$$PD = \frac{\text{Berat isi}}{\text{Berat jenis}} \dots\dots\dots(5)$$

Jika agregat gabungan bercampur dengan pasta semen maka terjadi perubahan nilai PD. Perubahan nilai PD bergantung dari jumlah pasta semen. Semakin besar pasta semen, maka nilai PD semakin berkurang karena rongga antar butiran agregat semakin membesar akibat adanya pasta semen. Hal ini diperlihatkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Perubahan PD dalam beton segar

Sumber : *Effect of Particle Packing On Flow Property and Strength of Concrete Mortar*

Besarnya rongga antar butiran agregat dapat dihitung dengan **Persamaan 6**.

$$V_v = V_b - V_a \quad \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- V_a = volume mutlak agregat gabungan dalam keadaan kering (*absolute volume*)
- V_b = volume gembur agregat gabungan dalam keadaan kering (*bulk volume*)
- V_p = volume campuran pasta semen
- V_v = volume rongga antara agregat (*void volume*)

PD pada agregat kering akan berubah di dalam beton segar menjadi G. Penelitian tentang formulasi nilai G telah dilakukan oleh Saelan (2022), dan menghasilkan suatu rumus pendekatan yaitu:

$$G = k_2 \left(PD - k_1 \times \frac{V_a \times V_b}{V_p} \right) \quad \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- PD = kepadatan agregat gabungan dalam keadaan kering (*dry*)
- G = faktor granular agregat gabungan di dalam campuran beton segar

Harga k_1 dapat ditentukan sebagai berikut :

1. $V_p = 1 - V_a$
2. $k_1 = V_c$ jika $V_b \geq PD$
3. $k_1 = V_v$ jika $V_b < PD$ dan $PD \leq 0,82$
4. $k_1 = V_c$ jika $V_b < PD$ dan $PD > 0,82$

Harga k_2 dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. $k_2 = 1$ jika $0,65 \text{ m}^3 \leq V_a \leq 0,73 \text{ m}^3$
2. $k_2 = \frac{0,65}{V_a}$ jika $0,73 \text{ m}^3 < V_a \leq PD$
3. $k_2 = \frac{V_a}{0,65}$ jika $0,62 \text{ m}^3 \leq V_a < 0,65 \text{ m}^3$
4. $k_2 = \frac{V_a}{0,70}$ jika $V_a < 0,62 \text{ m}^3$

Persamaan 2 dan **Persamaan 7** dapat digunakan dalam mengetahui kuat tekan prediksi. Perbandingan kuat tekan prediksi dengan pengujian diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kuat tekan prediksi penelitian Yun-Hong Cheng umur 28 hari berdasarkan Persamaan 7

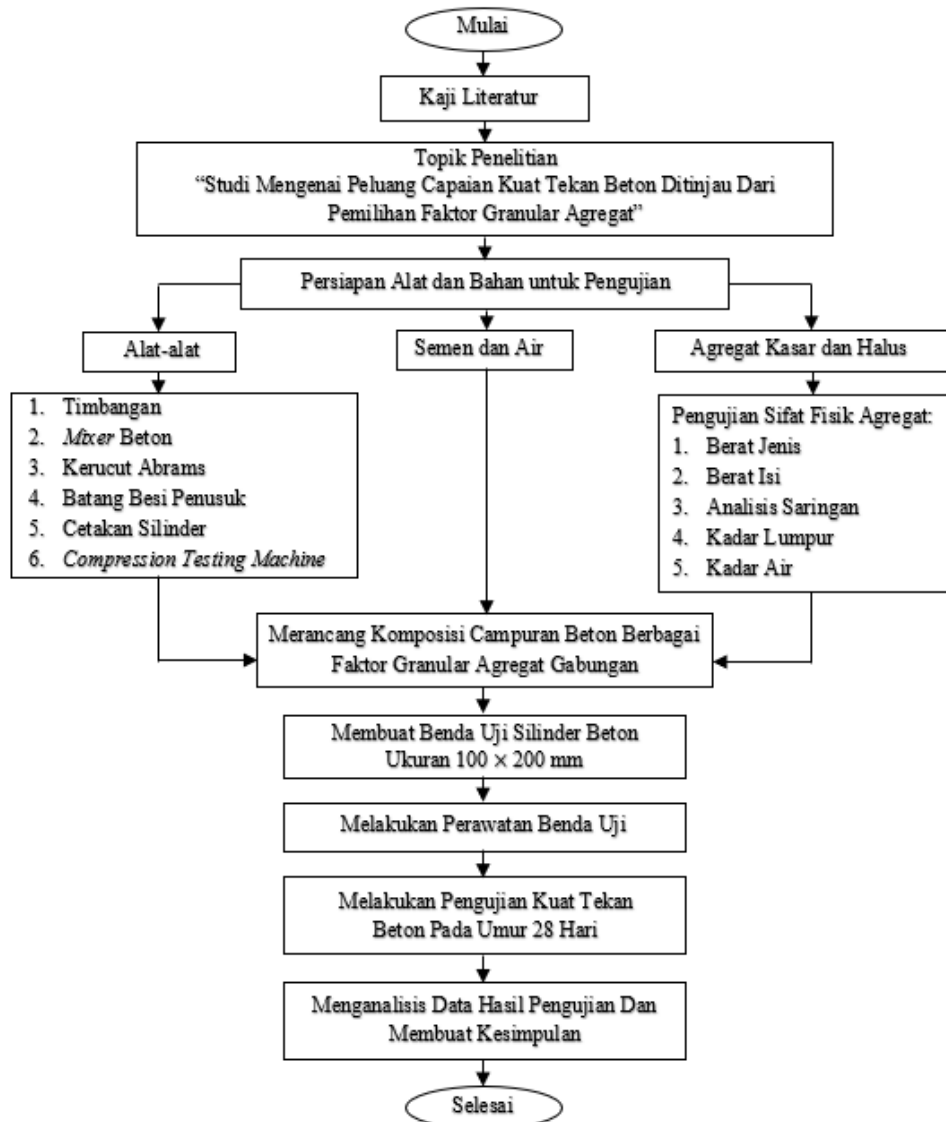
<i>Method</i>		JG55					
<i>W/C ratio</i>		0,42	0,47	0,52	0,42	0,47	0,52
<i>Water content</i>	(Kg/m ³)	215,000	215,000	215,000	155,100	170,500	185,200
<i>Cement content</i>	(Kg/m ³)	511,900	457,500	413,500	369,200	362,700	356,100
<i>Wt. of Fine Aggregates</i>	(Kg/m ³)	511,000	558,700	605,100	626,100	615,100	603,900
<i>Wt. of 25 mm Coarse Aggregate</i>	(Kg/m ³)	1137,400	1134,100	1123,700	1330,000	1306,700	1282,900
<i>Strenght of cube 28 days</i>	MPa	46,560	40,375	35,435	57,352	47,595	41,439
Prediksi kuat tekan kubus berdasarkan rumus yang diajukan 28 hari	MPa	52,284	41,618	37,482	56,275	47,082	40,021

2.2 Kajian Peluang Capaian Faktor Granular G

Faktor G agregat gabungan dapat dihitung jika sifat fisik material agregat halus dan agregat kasar diketahui, yaitu berat jenis dan berat isinya.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

3.2 Pengumpulan Data Sifat Fisik Material

Tabel 2. Data sifat fisik material

Material	Berat Jenis (SSD) Kg/m ³	Berat Isi Kg/m ³	Modulus Kehalusan (FM)	Kadar Lumpur %	Kadar Air %	PD Agregat
Agregat Halus (Pasir)	2532	1551	2,897	7,817	2,302	0,613
Agregat Kasar (Batu pecah ukuran maks. 20 mm)	2554	1630	7,167	1,010	3,268	0,638
Semen	3150	-	-	-	-	-

3.3 Perancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Komposisi campuran hasil perhitungan dalam penelitian untuk berbagai nilai G disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Komposisi 1 m³ campuran beton untuk berbagai G dengan $f_c' = 30$ MPa dan agregat ukuran maksimum 20 mm dengan cara Dreux Gorisse

Bahan		fc=30 MPa					
		Ukuran Agregat Maksimum 20 mm					
		Slump 30-60 mm					
G		0,53		0,54	0,55	0,60	0,63
PD Gabungan		0,73	0,80	0,80	0,80	0,73	0,73
Va (m ³)		0,65	0,68	0,70	0,70	0,68	0,70
Campuran		1	2	3	4	5	6
Semen	Kg	398,438	360,849	328,022	303,058	327,327	303,660
	m ³	0,126	0,115	0,104	0,096	0,104	0,096
		1	1	1	1	1	1
Pasir	Kg	984,560	691,526	706,072	717,091	1037,684	1055,525
	m ³	0,389	0,273	0,279	0,283	0,410	0,417
		2,471	1,916	2,153	2,366	3,170	3,476
Batu Pecah	Kg	656,373	1037,289	1059,109	1075,636	691,789	703,683
	m ³	0,257	0,406	0,415	0,421	0,271	0,276
		1,647	2,875	3,229	3,549	2,113	2,317
Air	Kg	208,388	188,729	183,972	180,822	195,303	191,463
	m ³	0,208	0,189	0,184	0,181	0,195	0,191
		0,523	0,523	0,561	0,597	0,597	0,631

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil-hasil Penelitian

Hasil-hasil pengujian diperlihatkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil pengujian uji kuat tekan beton untuk berbagai nilai G dengan $f_c' = 30$ MPa dan ukuran agregat maksimum 20 mm

Uraian		fc=30 MPa					
		Ukuran Agregat Maksimum 20 mm					
		Slump 30-60 mm					
G		0,53		0,54	0,55	0,60	0,63
PD Gabungan		0,73	0,80	0,80	0,80	0,73	0,73
Va (m ³)		0,65	0,68	0,70	0,70	0,68	0,70
Campuran		1	2	3	4	5	6
Semen	Kg	398,438	360,849	328,022	303,058	327,327	303,660
	m ³	0,126	0,115	0,104	0,096	0,104	0,096
		1	1	1	1	1	1
Pasir	Kg	984,560	691,526	706,072	717,091	1037,684	1055,525
	m ³	0,389	0,273	0,279	0,283	0,410	0,417
		2,471	1,916	2,153	2,366	3,170	3,476
Batu Pecah	Kg	656,373	1037,289	1059,109	1075,636	691,789	703,683
	m ³	0,257	0,406	0,415	0,421	0,271	0,276
		1,647	2,875	3,229	3,549	2,113	2,317
Air	Kg	208,388	188,729	183,972	180,822	195,303	191,463
	m ³	0,208	0,189	0,184	0,181	0,195	0,191
		0,523	0,523	0,561	0,597	0,597	0,631
Nilai Slump Aktual	mm	30	35	30	30	30	35
fc prediksi 28 hari	MPa	31,81	31,82	29,51	27,59	30,18	29,06
fc prediksi 7 hari	MPa	20,67	19,83	19,18	17,93	19,62	18,89
Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata 28 Hari	MPa	26,820	27,730	32,147	26,107	25,393	26,505
Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata 7 Hari	MPa	19,633	19,370	20,673	18,713	18,910	18,887

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

1. Kuat tekan beton pada umur 7 hari secara teoritis besarnya $\pm 65\%$ dari kuat tekan beton pada umur 28 hari, yaitu sebesar 19,50 MPa. Hasil uji tekan 7 hari menunjukkan nilai yang berdekatan dengan prediksi secara teoritis. Hasil uji tekan ini menunjukkan bahwa nilai G yang digunakan dalam perancangan campuran beton menggunakan persamaan 7 diperoleh capaiannya.

2. Hasil uji tekan pada umur 28 hari dengan kuat tekan target sebesar 30 MPa hanya dicapai oleh campuran 3, menggunakan $G = 0,54$ dengan PD gabungan = 0,80 dan volume mutlak agregat total (V_a) sebesar 0,70 m³. Hal ini menandakan bahwa pada campuran 3, persamaan 7 yang digunakan dapat dijadikan sebagai rujukan untuk pendekatan menghitung nilai G.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian uji kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai $G \leq 0,55$ adalah nilai G maksimal yang peluang capaiannya dapat dijamin 100 % walaupun terjadi perubahan gradasi agregat selama dalam pelaksanaan pekerjaan beton nilai w/c tidak berubah, dan persyaratan pemadatan serta perawatan terpenuhi.
2. Nilai G lebih besar dari 0,55 capaiannya dapat dijamin dengan syarat komposisi dan gradasi agregat yang digunakan tidak mengalami perubahan.
3. Secara teoritis perancangan campuran beton yang menggunakan $G \leq 0,55$ merupakan perancangan campuran beton yang memiliki jaminan capaian kuat tekan 28 hari.

5.2 Saran

Gradasi agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang digunakan sebaiknya memiliki berat isi gembur (*bulk density*) ≥ 50 % berat jenisnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Attar, T. S. (2013, February). *A Quantitative Evaluation Of Bond Strength Between Coarse Aggregate And Cement Mortar In Concrete*. Vol.9, No.6 ISSN: 1857-7881, 56-57. Iraq: University of Technology.
- Azka, Afina. (2016). *Studi Tentang Faktor Granular Tinggi pada Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorisse*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional.
- Cai, W. (2017). *Effect of particle packing on flow property and strength of concrete mortar*. Iowa: Iowa State University.
- Ejiogu, I. K. (2018, May). *Comparative Study of Various Methods for Designing and Proportioning Normal Concrete Mixture*. 19, 26-27. Nigeria: Nigerian Institute Of Leather and Science Technology.
- Mishra, J. K. (2012, January). *Comparison of IS, BS and ACI Methods of Concrete Mix Design and Proposing Function Equations Based Design*. Vol.2, Issue 1 2012 20-56, 2, 25-28. India.
- Masruri, N. (2000). SNI 03-2834-2000 tentang *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Narasimha Raj, S. G. (2014). *Concrete Mix Design By Packing Density Method*. e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 11, Issue 2 Ver. I (Mar- Apr. 2014), PP 34-46, 11, 35-41. Delhi, India.
- Owus M. Ibearugbulem, J. C. (2021, May). *Effect Of Packing Density On Compressive Strength Of High Strength Concrete*. Volume 10, Issue 05, May 2021 , 10, 310-311. Owerri: Federal University of Technology Owerri.
- Shoib B Wani, T. M. (2021). *Study on concrete proportioning methods: a qualitative and economical perspective*. India.
- Sipil, P. T.-0. (2012). SNI 7656:2012 tentang *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Yun-Hong Cheng, B.-L. Z.-H.-Q. (2021, January). *Design of Concrete Mix Proportion Based on Particle Packing*. Materials 2021, 14, 623., 14, 6-9. China: Northeastern University.