

Tinjauan Kembali Mengenai Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton

BRAYN GILANG DIMALOUW, PRIYANTO SAELAN
Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
e-mail: brayngilang@yahoo.com

ABSTRAK

Perancangan campuran beton memformulasikan bahwa kekuatan beton hanya ditentukan oleh faktor air-semen sedangkan modulus kehalusan pasir hanya mempengaruhi kelecakan beton segar. Modulus kehalusan pasir yang direkomendasikan SNI yaitu 1,50–3,50 dan pada ACI yaitu 2,40–3,00. Mengingat rentang modulus kehalusan pasir cukup jauh pada cara SNI/BS, dilakukan penelitian lanjut untuk mengetahui pengaruh perubahan modulus kehalusan pasir terhadap kuat tekan beton. Penelitian dilakukan dengan membuat campuran beton menggunakan cara Dreux, untuk kuat tekan rencana 30 MPa, slump rencana 80 mm, faktor granular (G) 0,40, 0,45, dan 0,50, serta modulus kehalusan pasir 1,50, 2,00, 2,50, 3,00, dan 3,50. Hasil penelitian memperlihatkan sebaran kuat tekan aktual berfluktuatif mendekati kuat tekan prediksi. Hal ini menunjukkan modulus kehalusan pasir tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian ini memperkuat perancangan campuran beton cara SNI/BS, ACI, dan lainnya seperti cara Dreux, yang beranggapan bahwa kuat tekan beton hanya dipengaruhi oleh faktor air-semen saja.

Kata kunci: SNI/BS dan ACI, kuat tekan beton, faktor air-semen, modulus kehalusan pasir (FM).

ABSTRACT

The concrete mix design states that the strength is only determined by the water-cement ratio, whereas the sand fineness modulus just affects the workability of fresh concrete. The sand fineness modulus in SNI is recommended about 1.50–3.50 and the ACI is about 2.40–3.00. Considering the ranges of sand fineness modulus is far enough in the SNI/BS, it is necessary to carry out further research to determine the effect of changes of sand fineness modulus on the concrete compressive strength. The Research is performed by making the composition of concrete mix using Dreux method, for the compressive strength design of 30 MPa, slump 80 mm, granular factor (G) 0.40, 0.45, and 0.50, and the sand fineness modulus 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, and 3.50. The results show that the distributions of actual compressive strengths scattered around the prediction of compressive strength. The results indicate that the sand fineness modulus does not affect significantly the compressive strength of concrete, even it does not affect the workability of fresh concrete. Thus this research reinforce concrete mix design theory of the SNI/BS and ACI method, which state that the compressive strength of concrete is only affected by the water-cement ratio.

Keywords: SNI/BS and ACI, concrete compressive strength, water-cement factor, sand fineness modulus (FM).

1. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa metoda perencanaan campuran beton, diantaranya adalah metoda ACI, metoda SNI yang merupakan duplikasi dari metoda BS (*British standart*), dan metoda Dreux Gorrise (Prancis). Kesemua metoda tersebut memperlihatkan bahwa kekuatan beton hanya ditentukan oleh faktor air-semen sedangkan modulus kehalusan pasir (*FM*) hanya mempengaruhi kelecakan campuran beton segar. Nilai modulus kehalusan pasir (*FM*) yang direkomendasikan oleh SNI yaitu 1,50–3,50 dan pada ACI yaitu 2,40–3,00. Mengingat rentang perubahan modulus kehalusan pasir (*FM*) cukup jauh pada cara SNI/BS maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh perubahan modulus kehalusan pasir (*FM*) terhadap kuat tekan beton agar memudahkan pengendalian mutu pada pelaksanaan pekerjaan beton akibat perubahan modulus kehalusan pasir (*FM*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Menurut Gilkey (1961) kuat tekan beton ditentukan oleh beberapa faktor yaitu:

- a) faktor rasio air-semen;
- b) faktor rasio agregat semen;
- c) gradasi, kekasaran permukaan, bentuk, kekuatan, dan kekakuan partikel agregat;
- d) ukuran maksimum agregat.

Dari beberapa faktor diatas faktor (b) sampai (d) adalah faktor yang kurang dominan dibandingkan dengan faktor (a).

Abram dalam Neville (1981) merumuskan bahwa untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja, yaitu faktor air-semen dari pasta. Hal ini dinyatakan dengan **Persamaan 1**:

$$f_c = \frac{A}{B^{(w/c)}} \quad \dots (1)$$

dimana:

- f_c = kuat tekan pada umur tertentu;
 A = konstanta empiris;
 B = konstanta tergantung sifat semen;
 w/c = faktor air-semen.

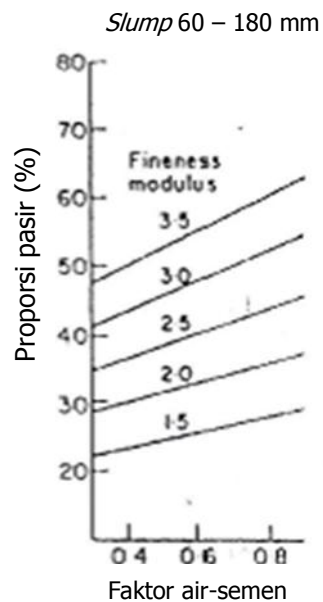
2.2 Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir Dalam Campuran Beton

Modulus kehalusan pasir (*FM*) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif berat yang tertahan saringan diatas ayakan No. 100 (150 μ m) dibagi seratus, hal ini dinyatakan dengan **Persamaan 2** :

$$FM = \frac{\text{jumlah kumulatif (\%)} \text{ berat yang tertahan saringan}}{100} \quad \dots (2)$$

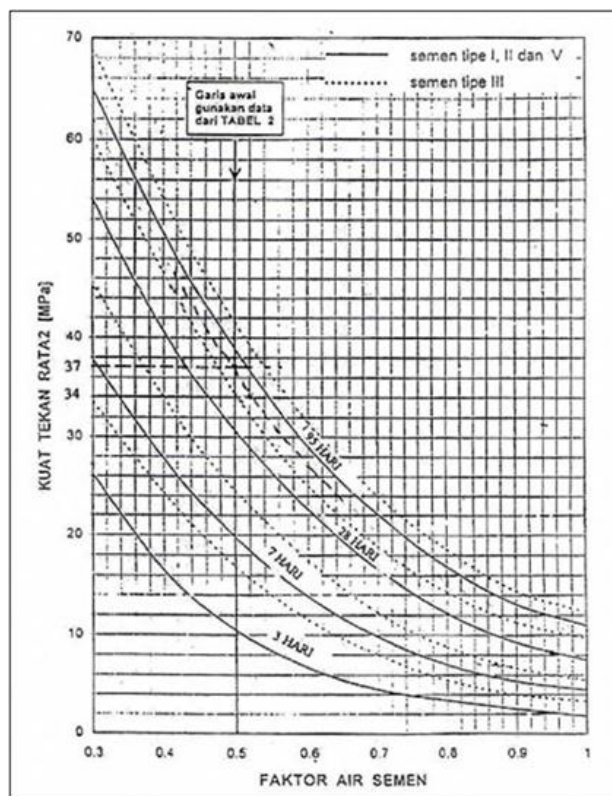
Pada metode perancangan campuran beton cara SNI/BS, modulus kehalusan pasir (*FM*) digunakan untuk menentukan persentase agregat halus dalam agregat gabungan agar mencapai nilai *slump* yang direncanakan seperti diperlihatkan pada **Gambar 1**.

Tinjauan Kembali Mengenai
Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton



Gambar 1. Hubungan persen pasir dengan w/c , FM (*Finenes Modulus*), dan nilai *slump* untuk agregat kasar ukuran maksimum 20 mm (Sumber: Neville, 1981)

Pada cara SNI/BS, kuat tekan beton hanya ditentukan oleh faktor air-semen (w/c) seperti diperlihatkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hubungan antara kuat tekan dan faktor air-semen cara SNI/BS (benda uji silinder beton diameter 100 mm, tinggi 200 mm) (Sumber: Neville, 1981)

Pada cara ACI modulus kehalusan pasir (FM) juga digunakan untuk mengetahui volume gembur (*Bulk Volume*) agregat kasar dalam 1 m^3 campuran beton seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Jumlah Volume Gembur (*Bulk Volume*) Agregat Kasar (Sumber: Neville, 1981)

Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Volume Gembur (<i>Bulk Volume</i>) Agregat Kasar dalam 1 m^3 Campuran Beton (%), untuk Nilai Modulus Kehalusan Pasir (FM)			
	2,40	2,60	2,80	3,00
10	0,50	0,48	0,46	0,44
12,50	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,76	0,74	0,72	0,70
50	0,78	0,76	0,74	0,72
70	0,81	0,79	0,77	0,75
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Pada perancangan komposisi campuran beton cara ACI, kuat tekan beton juga ditentukan oleh faktor air-semen (W/c) seperti diperlihatkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hubungan antara Faktor Air-Semen dan Kuat Tekan Rata-Rata (Sumber: Neville, 1981)

Kuat Tekan Beton pada Hari ke 28 (MPa)	Faktor air-semen
45	0,38
40	0,43
35	0,48
30	0,55
25	0,62
20	0,70
15	0,80

Berdasarkan uraian kedua metoda tersebut maka modulus kehalusan pasir (FM) dalam campuran tidak mempengaruhi kuat beton tetapi hanya mempengaruhi proporsi jumlah agregat halus ataupun agregat kasar dalam suatu perancangan campuran beton untuk mencapai kelecakan beton segar yang direncanakan. Perubahan nilai modulus kehalusan pasir (FM) pada saat pelaksanaannya hanya akan mempengaruhi kelecakan beton segar selama nilai faktor air-semen dan persentase agregat halus dalam agregat gabungan tidak. Dengan demikian maka pada komposisi campuran yang sama, semakin tinggi modulus kehalusan pasir (FM) yang terjadi, semakin tinggi nilai *slump* yang akan dihasilkan.

Anggapan bahwa modulus kehalusan pasir (FM) tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton pada kedua metoda tersebut dapat dibenarkan jika dikaji melalui metoda perancangan campuran beton cara Dreux Gorrise. Hal ini dinyatakan dengan menggunakan **Persamaan 3**:

$$f_c = f_{pc} \cdot G \cdot (C/W - 0,5) \quad \dots (3)$$

dimana:

- f_c = kuat tekan beton pada umur 28 hari (MPa);
- f_{pc} = kekuatan mortar semen umur 28 hari (MPa);

Tinjauan Kembali Mengenai
Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton

G = faktor granular (G) yaitu volume agregat kasar dalam 1 m³ beton yang nilainya menurut Dreux Gorrise adalah 0,35-0,65;

c/w = rasio berat semen terhadap berat air berlaku untuk 1,50-3,50.

Nilai faktor granular (G) menurut Dreux dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Faktor Granular Butiran

Kualitas Butiran	Ukuran Agregat (mm)		
	Halus Diameter < 16	Sedang 25 < Diameter > 40	Kasar Diameter ≥ 63
Baik sekali	0,55	0,60	0,65
Normal	0,45	0,40	0,55
Dapat dipakai	0,35	0,30	0,45

Besar faktor granular (G) berdasarkan persamaan Thesia (2013) seperti pada **Persamaan 4**:

$$G = k \times V_{pasir} \quad \dots (4)$$

dimana:

G = faktor granular;

k = konstanta yang nilainya diberikan pada **Tabel 4**;

V_{pasir} = volume pasir dalam 1 m³ beton.

Tabel 4. Nilai k untuk $0,4 \leq G \leq 0,6$

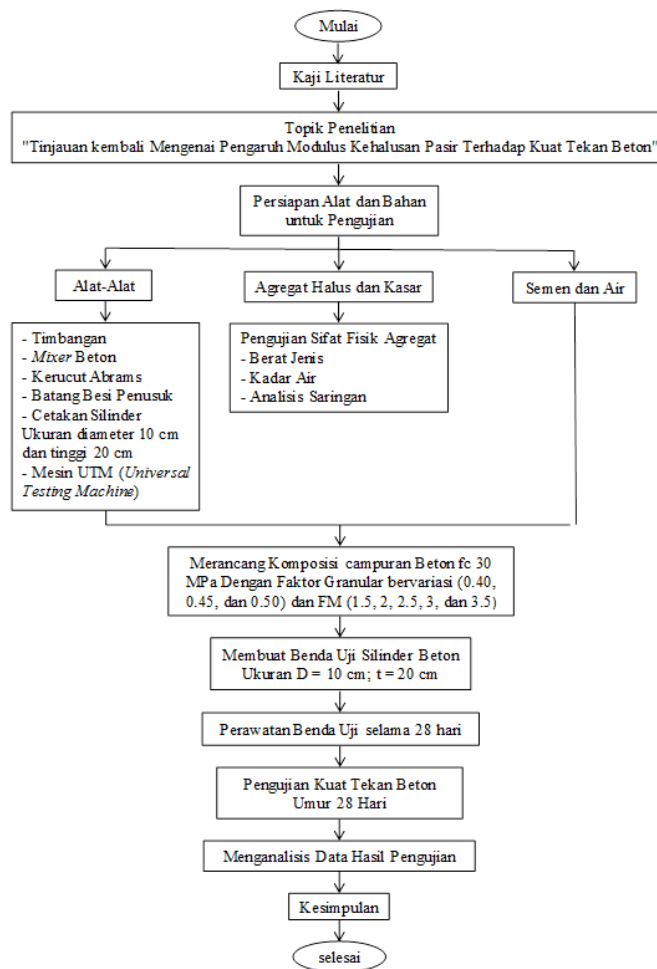
No.	$V_{pasir}/V_{total\ agregat}$	k
1	≤ 0,26	3
2	0,26 - 0,29	2
3	0,29 - 0,39	1,8
4	0,39 - 0,43	1,5
5	0,43 - 0,49	1,8
6	≥ 0,50	1,5

Berdasarkan uraian tentang hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air-semen dan formulasi faktor granular (G), dan hal-hal yang mempengaruhinya maka pengabaian pengaruh modulus kehalusan pasir (FM) terhadap kuat tekan beton pada metoda SNI/BS, ACI, dan Dreux dapat dibenarkan.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan metode yang diperlihatkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Bagan alir metode penelitian

3.2 Data Penelitian

Data penelitian meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan berasal dari metode perancangan campuran beton cara SNI/BS dan ACI, yang terdapat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**, untuk cara SNI/BS serta **Tabel 1** dan **Tabel 2** untuk cara ACI. Data primer terdiri dari data material yang digunakan seperti tertera pada **Tabel 5**, data komposisi campuran beton untuk membuat benda uji silinder beton yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 6**, **Tabel 7**, dan **Tabel 8**, serta data uji tekan silinder beton umur 28 hari.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Parameter	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus
Berat jenis kondisi SSD (kg/m^3)	3.150	2.650	2.550
Berat jenis kondisi kering udara (kg/m^3)		2.765	2.680
Modulus kehalusan (FM)			1,5
			2,0
		2,25	2,5
			3,0
			3,5
Kadar air kondisi SSD (%)		2,55	3,17
Kadar air kondisi kering udara (%)		2,41	2,76
Berat isi (gram/cm^3)		1,48	1,61

Tabel 6. Komposisi Bahan dalam 1 m^3 Beton dengan Cara Dreux untuk $G = 0,40$

Tinjauan Kembali Mengenai
Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton

Hal		FM untuk $G = 0,40$					
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Material	Semen (kg)	500	500	500	500	500	
	Pasir (kg)	4,75 – 2,38	-	-	-	-	-
		2,38 – 1,30	-	-	-	-	318,75
		1,30 – 0,60	-	-	318,75	637,50	318,75
		0,60 – 0,30	318,75	637,50	318,75	-	-
		0,30 – 0,15	318,75	-	-	-	-
	Batu Pecah (kg)	938,10	938,10	938,10	938,10	938,10	
Air (kg)	217,39	217,39	217,39	217,39	217,39		
Parameter	Slump Rencana (mm)	80	80	80	80	80	
	Kuat Tekan Rencana (MPa)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Massa Beton (kg)	2.292,99	2.292,99	2.292,99	2.292,99	2.292,99	

Tabel 7. Komposisi Bahan dalam 1 m³ Beton dengan Cara Dreux untuk $G = 0,45$

Hal		FM untuk $G = 0,45$					
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Material	Semen (kg)	445	445	445	445	445	
	Pasir (kg)	4,75 – 2,38	-	-	-	-	-
		2,38 – 1,30	-	-	-	-	306
		1,30 – 0,60	-	-	306	612	306
		0,60 – 0,30	306	612	306	-	-
		0,30 – 0,15	306	-	-	-	-
	Batu Pecah (kg)	1.025,80	1.025,80	1.025,80	1.025,80	1.025,80	
Air (kg)	211,9	211,90	211,9	211,90	211,90		
Parameter	Slump Rencana (mm)	80	80	80	80	80	
	Kuat Tekan Rencana (MPa)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Berat Beton (kg)	2.294,70	2.294,70	2.294,70	2.294,70	2.294,70	

Tabel 8. Komposisi Bahan dalam 1 m³ Beton dengan Cara Dreux untuk $G = 0,50$

Hal		FM untuk $G = 0,50$					
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Material	Semen (kg)	405	405	405	405	405	
	Pasir (kg)	4,75 – 2,38	-	-	-	-	-
		2,38 – 1,30	-	-	-	-	420,75
		1,30 – 0,60	-	-	420,75	841,50	420,75
		0,60 – 0,30	420,75	841,50	420,75	-	-
		0,30 – 0,15	420,75	-	-	-	-
	Batu Pecah (kg)	818,85	818,85	818,85	818,85	818,85	
Air (kg)	213,16	213,16	213,16	213,16	213,16		
Parameter	Slump Rencana (mm)	80	80	80	80	80	
	Kuat Tekan Rencana (MPa)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Berat Beton (kg)	2.278,51	2.278,51	2.278,51	2.278,51	2.278,51	

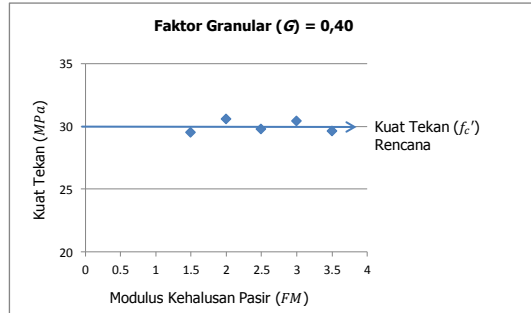
3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari:

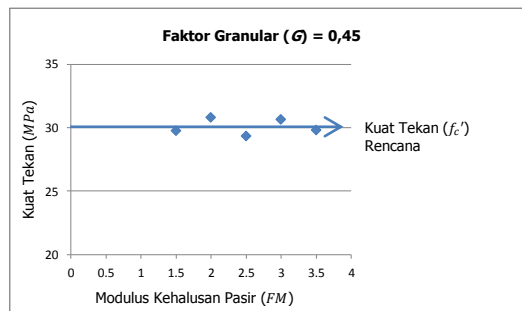
1. Faktor granular (G) 0,40, 0,45, dan 0,50.
2. Modulus kehalusan pasir (FM_{pasir}) sebesar 1,50, 2,00, 2,50, 3,00, dan 3,50.

3.4 Analisis Penelitian

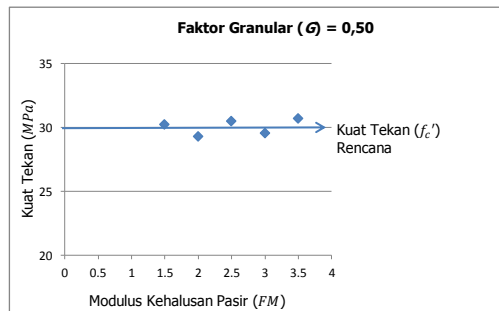
Analisis data hasil pengujian dilakukan dengan cara membuat grafik yang hasilnya diharapkan seperti yang tertera pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



Gambar 4. Hubungan antara sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana terhadap modulus kehalusan pasir (FM) dan faktor granular (G) 0,40



Gambar 5. Hubungan antara sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana terhadap modulus kehalusan pasir (FM) dan faktor granular (G) 0,45



Gambar 6. Hubungan antara sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana terhadap modulus kehalusan pasir (FM) dan faktor granular (G) 0,50

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil-Hasil Penelitian

Hasil-hasil pengujian tekan diperlihatkan pada **Tabel 9**, **Tabel 10**, dan **Tabel 11**.

Tinjauan Kembali Mengenai
Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton

Tabel 9. Hasil Uji Tekan dengan Kuat Tekan Prediksi 33,90 MPa dan Nilai *Slump* Rencana 8 cm

Hal		FM untuk G = 0,40					
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Material	Semen (kg)	500	500	500	500	500	
	Pasir (kg)	4,75 – 2,38					
		2,38 – 1,30					318,75
		1,30 – 0,60			318,75	637,50	318,75
		0,60 – 0,30	318,75	637,50	318,75		
		0,30 – 0,15	318,75				
Batu Pecah (kg)	938,10	938,10	938,10	938,10	938,10		
Air (kg)	217,39	217,39	217,39	217,39	217,39		
Parameter	Slump Rencana (mm)	80	80	80	80	80	
	Kuat Tekan Prediksi (MPa)	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	
	Berat Beton (kg)	2.292,99	2.292,99	2.292,99	2.292,99	2.292,99	
	Slump Aktual (mm)	30	30	37,50	25	30	
	Kuat Tekan Rata - Rata Aktual (MPa)	34,27	33,93	33,17	36,56	38,66	

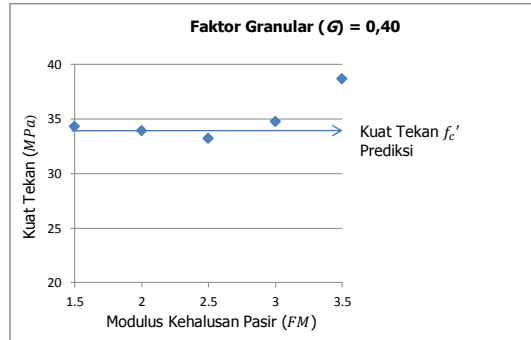
Tabel 10. Hasil Uji Tekan dengan Kuat Tekan Prediksi 30,60 MPa dan Nilai *Slump* Rencana 8 cm

Hal		FM untuk G = 0,45					
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Material	Semen (kg)	445	445	445	445	445	
	Pasir (kg)	4,75 – 2,38					
		2,38 – 1,30					306
		1,30 – 0,60			306	612	306
		0,60 – 0,30	306	612	306		
		0,30 – 0,15	306				
Batu Pecah (kg)	1.025,80	1.025,80	1.025,80	1.025,80	1.025,80		
Air (kg)	211,90	211,90	211,90	211,90	211,90		
Parameter	Slump Rencana (mm)	80	80	80	80	80	
	Kuat Tekan Prediksi (MPa)	30,60	30,60	30,60	30,60	30,60	
	Berat Beton (kg)	2.294,70	2.294,70	2.294,70	2.294,70	2.294,70	
	Slump Aktual (mm)	25	25	15	30	30	
	Kuat Tekan Rata - Rata Aktual (MPa)	27,73	30,96	28,32	29,82	28,19	

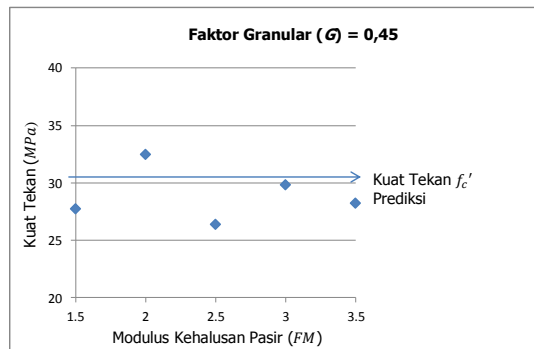
Tabel 11. Hasil Uji Tekan dengan Kuat Tekan Prediksi 28,20 MPa dan Nilai *Slump* Rencana 8 cm

Hal		FM untuk G = 0,50					
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Material	Semen (kg)	405	405	405	405	405	
	Pasir (kg)	4,75 – 2,38					
		2,38 – 1,30					420,75
		1,30 – 0,60			420,75	841,50	420,75
		0,60 – 0,30	420,75	841,50	420,75		
		0,30 – 0,15	420,75				
Batu Pecah (kg)	818,85	818,85	818,85	818,85	818,85		
Air (kg)	213,16	213,16	213,16	213,16	213,16		
Parameter	Slump Rencana (mm)	80	80	80	80	80	
	Kuat Tekan Prediksi (MPa)	28,20	28,20	28,20	28,20	28,20	
	Berat Beton (kg)	2.278,51	2.278,51	2.278,51	2.278,51	2.278,51	
	Slump Aktual (mm)	30	15	15	10	17	
	Kuat Tekan Rata - Rata Aktual (MPa)	27,16	28,70	31,79	30,99	31,58	

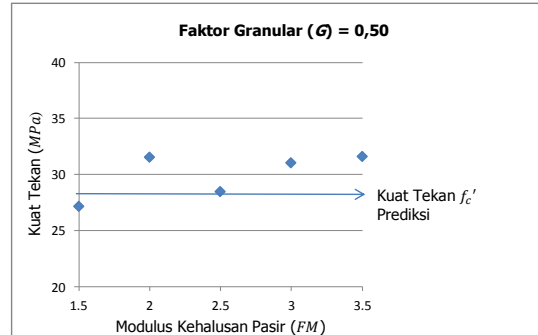
Jika hasil pengujian kuat tekan beton serta nilai *slump* aktual pada **Tabel 9**, **Tabel 10**, dan **Tabel 11** disajikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan pengaruh modulus kehalusan pasir terhadap kuat tekan beton dan pengaruh modulus kehalusan pasir terhadap nilai *slump* aktual, maka hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 7**, **Gambar 8**, dan **Gambar 9**.



Gambar 7. Pengaruh modulus kehalusan pasir (FM) terhadap kuat tekan beton prediksi $f_c' = 33,90$ MPa untuk $G = 0,40$



Gambar 8. Pengaruh modulus kehalusan pasir (FM) terhadap kuat tekan beton prediksi $f_c' = 30,60$ MPa untuk $G = 0,45$



Gambar 9. Pengaruh modulus kehalusan pasir (FM) terhadap kuat tekan beton prediksi $f_c' = 28,20$ MPa untuk $G = 0,50$

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

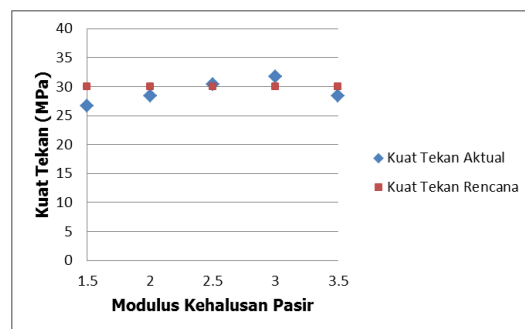
Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, dihasilkan:

1. Hasil pengujian yang diharapkan pada penelitian ini tercapai, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 7**, **Gambar 8**, dan **Gambar 9**, bahwa kuat tekan rata-rata aktual berada di sekitar kuat tekan prediksi untuk masing faktor granular. Berdasarkan hasil pengujian yang memperlihatkan sebaran kuat tekan aktual yang berfluktuatif di sekitar kuat tekan prediksi, hal tersebut menunjukkan bahwa beton merupakan material yang bersifat heterogen. Sebaran kuat tekan aktual yang berada di sekitar kuat tekan prediksi menunjukkan bahwa kuat tekan beton tidak dipengaruhi secara signifikan oleh modulus kehalusan pasir (FM).
2. Hasil pengujian memperkuat konsep perancangan campuran beton pada metode SNI/BS, ACI, dan Dreux, yang beranggapan bahwa kuat tekan beton hanya dipengaruhi

Tinjauan Kembali Mengenai
Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton

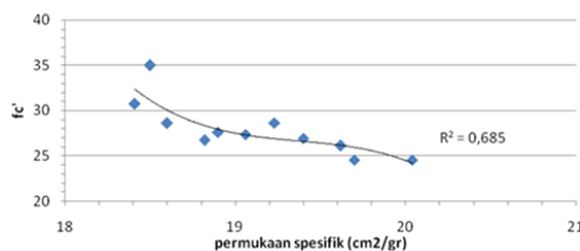
oleh faktor air-semen saja, sedangkan modulus kehalusan pasir (FM) hanya mempengaruhi kelecakan campuran beton segar. Hal ini terbukti dengan kuat tekan rata-rata aktual 33,17 MPa-38,66 MPa untuk nilai $G=0,40$ dengan kuat tekan prediksi 33,90 MPa, 27,73 MPa-30,96MPa untuk nilai $G=0,45$ dengan kuat tekan prediksi 30,60 MPa, dan 27,16 MPa-31,79 MPa untuk nilai $G=0,50$ dengan kuat tekan prediksi 28,20 MPa.

- Hasil pengujian ini diperkuat oleh hasil penelitian Budiarto (2016) yang bersamaan pelaksanaannya dengan penelitian ini. Penelitian Budiarto (2016) yaitu "Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton tanpa Memperhitungkan Modulus Kehalusan Pasir dan Gradasi Agregat Kasar", diperlihatkan pada **Gambar 10**. Pada **Gambar 10** diperlihatkan kuat tekan aktual berada di sekitar kuat tekan rencana yang selaras nilai kuat tekan aktualnya, yaitu antara 26,67 MPa-31,66 MPa untuk nilai $G=0,47$ dengan kuat tekan rencana 30 MPa.



Gambar 10. Sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana 30 MPa, dengan $G = 0,47$ untuk agregat kasar 100% berukuran 5-10 mm terhadap modulus kehalusan pasir (Sumber: Budiarto, 2016)

- Hasil pada penelitian ini yang menunjukkan fenomena tidak berubahnya kuat tekan beton secara ekstrim akibat perubahan modulus kehalusan pasir (FM), disebabkan oleh asumsi teori perhitungan komposisi campuran beton yang digunakan pada penelitian ini. Teori tersebut dirancang pada daerah landai kurva relasi permukaan spesifik dengan kuat tekan beton, sehingga pada daerah tersebut tidak mengakibatkan berubahnya kuat tekan beton secara ekstrim. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Maryanti (2014) seperti yang terlihat pada **Gambar 11**. Pada **Gambar 11** terdapat daerah landai yang mengindikasikan bahwa pada rentang nilai permukaan spesifik 18,95 cm^2/gr -19,62 cm^2/gr tidak akan mengakibatkan berubahnya kuat tekan beton secara ekstrim.



Gambar 11. Relasi kuat tekan beton dengan permukaan spesifik untuk $G=0,54$ (Sumber: Maryanti, 2014)

- Nilai *slump* aktual pada berbagai modulus kehalusan pasir (FM) yang digunakan dalam penelitian ini berada pada rentang nilai 25 mm-30 mm untuk nilai $G=0,40$, 15 mm-30 mm untuk nilai $G=0,45$, dan 10 mm-30 mm untuk nilai $G=0,50$. Semua nilai *slump*

aktual tersebut memiliki nilai rata-rata perbedaan 15 mm, namun masih berada pada tingkat kelecakan yang sama seperti yang ditentukan pada **Tabel 12**. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan modulus kehalusan pasir (*FM*) tidak berpengaruh secara ekstrim terhadap perubahan kelecakan beton segar.

Tabel 12. Hubungan antara Tingkat Kelecakan dengan Nilai *Slump*
(Sumber: Neville, 1981 dan SNI, 2002)

Tingkat Kelecakan	<i>Slump (mm)</i>	
	<i>Road Note</i>	SNI
Sangat Rendah	0 - 25	0 - 10
Rendah	25 - 50	10 - 30
Sedang	50 - 100	30 - 60
Tinggi	100 - 175	60 - 180

6. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan, maka terbukti bahwa modulus kehalusan pasir (*FM*) tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

5. KESIMPULAN

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

1. Hasil penelitian yang memperlihatkan kuat tekan rata-rata aktual berada disekitar kuat tekan prediksi untuk berbagai modulus kehalusan pasir (1,50, 2,00, 2,50, 3,00, dan 3,50) mengindikasikan bahwa modulus kehalusan pasir tidak mempengaruhi kuat tekan beton.
2. Perubahan nilai modulus kehalusan pasir (*FM*) tidak menyebabkan perubahan tingkat kelecakan beton segar secara ekstrim.
3. Perubahan modulus kehalusan pasir (*FM*) tidak menyebabkan perubahan nilai *slump* secara ekstrem jika kelecakan beton segar maksimum berada pada tingkat kelecakan rendah.

DAFTAR RUJUKAN

- Budianto, K. (2016). Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton tanpa Memperhitungkan Modulus Kehalusan Pasir dan Gradasi Agregat Kasar. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Neville, A.M. (1981). Properties of Concrete. Singapore: Longman Singapore Publisher.
- Maryanti, S. (2014). Studi Mengenai Pengaruh Gradasi Agregat Kasar terhadap Faktor Granular dalam Campuran Beton. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Thesia, Z. (2013). Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorrise – ITENAS. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Bandung: Institut Teknologi Nasional.