

# Studi Tentang Faktor Granular Tinggi pada Perancangan Campuran Beton Cara *Dreux Gorrise*

**AFINA AZKA, PRIYANTO SAELAN**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
e-mail: afina.azka@yahoo.com

## ABSTRAK

*Kuat tekan beton oleh Dreux Gorrise dirumuskan berbanding lurus dengan rasio berat semen terhadap berat air ( $c/w$ ), serta berbanding lurus pula dengan faktor granular  $G$ . Besarnya  $G$  yang disarankan oleh Dreux yaitu 0,35-0,65. Semakin besar nilai  $G$  yang digunakan, semakin hemat kadar semen yang terdapat pada 1 m<sup>3</sup> beton. Dreux mengungkapkan bahwa nilai  $G$  0,65 dapat tercapai jika ukuran maksimum agregat yang digunakan lebih besar atau sama dengan 63 mm. Penelitian lebih lanjut oleh Saelan dan Thesia (2013) mengungkapkan bahwa nilai  $G$  sebesar 0,65 dapat juga dicapai pada campuran beton menggunakan ukuran agregat maksimum 20 mm. Kajian lanjut tentang formulasi nilai  $G$  tinggi oleh Saelan dan Thesia ternyata masih harus diteliti kembali. Berdasarkan hasil penelitian Saelan dan Thesia dilakukan penelitian kembali untuk membuat formulasi faktor granular tinggi yang lebih besar dari 0,60. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa nilai  $G$  tinggi 0,65 dan 0,70 dapat diformulasikan secara terukur menggunakan rumus  $G = 0,260 k$ . Nilai  $k$  diperoleh dari grafik hubungan antara nilai  $k$  dengan rasio volume pasir terhadap volume agregat gabungan, dengan syarat volume pasir sebesar 0,260 m<sup>3</sup> dan rasio volume pasir terhadap volume agregat gabungan berkisar 0,342 – 0,417. Volume pasir yang tidak sama 0,260 m<sup>3</sup> mengakibatkan kuat tekan beton yang dihasilkan berkurang.*

**Kata kunci:** kuat tekan beton, faktor granular tinggi, Dreux Gorrise.

## ABSTRACT

*Compressive strength of concrete formulated by Dreux Gorrise is linearly proportional to cement-water ratio ( $c/w$ ), and granular factor  $G$ . The value of  $G$  suggested by Dreux is 0.35-0.65. The higher the value of  $G$  the more efficient cement content in 1 m<sup>3</sup> concrete. The value of  $G$  at 0.65 reached if the maximum aggregate size is greater or equal to 63 mm. Further research by Saelan and Thesia reveal that the value of  $G$  at 0.65 also could be reached by using the maximum aggregate size of 20 mm. It turns out that the formulation of granular factor greater than 0.60 by Saelan and Thesia is still to be developed further more. Based on the result of Saelan and Thesia research was redeveloped the formulation of ganular factor greater than 0.60. The formulation proposed is  $G = 0.260 k$  where the value of  $k$  was obtained from graph which describes the relation between  $k$  and ratio of sand volume to mix aggregate volume. The condition of sand volume is 0.260 m<sup>3</sup> and ratio of sand volume to mix aggregate volume at the range of 0.342-0.417. The sand volume that not equal to 0.260 m<sup>3</sup> will reduce the compressive strength of concrete.*

**Keywords:** compressive strength of concrete, high granular factor, Dreux Gorrise.

## 1. PENDAHULUAN

Kuat tekan beton oleh Dreux Gorrise dirumuskan berbanding lurus dengan rasio semen terhadap air ( $c/w$ ), serta berbanding lurus pula dengan faktor granular  $G$ . Besarnya  $G$  yang disarankan oleh Dreux yaitu 0,35 – 0,65. Penelitian lebih lanjut oleh Saelan dan Thesia (2013) mengungkapkan bahwa formulasi faktor granular yang diajukan oleh Thesia dapat digunakan cukup akurat untuk perancangan komposisi campuran beton dengan nilai faktor granular 0,40 – 0,60. Aplikasi rumusan Thesia pada faktor granular yang lebih besar 0,60 masih belum dapat dipastikan keberlakuannya. Jika ditinjau dari faktor granular yang disarankan oleh Dreux maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi faktor granular maka kadar semen semakin rendah dalam 1 m<sup>3</sup> campuran beton. Dengan demikian perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan suatu formulasi faktor granular tinggi yaitu 0,65 – 0,70 sehingga perancangan komposisi campuran beton hemat semen dapat dilakukan selama campuran beton masih dapat dikerjakan (*workable*).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Metode Perancangan Campuran Beton Cara Dreux

Bolomey merumuskan bahwa kuat tekan beton ditentukan oleh kekuatan mortar, rasio air-semen, dan jumlah agregat dalam campuran beton. Metode ini dikembangkan lebih lanjut oleh Dreux Gorrise di Perancis pada tahun 1979. Rumusan perancangan campuran beton dapat dinyatakan dengan **Persamaan 1**:

$$f_c = G \cdot f_{PC} \cdot (c/w - 0,5) \quad \dots (1)$$

dimana:

- $f_c$  = kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari;
- $f_{PC}$  = kekuatan tekan mortar semen umur 28 hari (MPa);
- $G$  = faktor granular atau faktor kekompakan butiran;
- $c/w$  = rasio berat semen terhadap berat air.

Besarnya faktor granular oleh Dreux Gorrise dirumuskan seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Nilai Faktor Granular ( $G$ )**

| Kualitas Agregat | Diameter Agregat Kasar (mm) |             |        |
|------------------|-----------------------------|-------------|--------|
|                  | D < 16                      | 25 < D < 40 | D ≥ 63 |
| Baik Sekali      | 0,55                        | 0,60        | 0,65   |
| Normal           | 0,45                        | 0,50        | 0,55   |
| Dapat Dipakai    | 0,35                        | 0,40        | 0,45   |

### 2.2 Formulasi ITENAS Mengenai Faktor Granular ( $G$ )

Saelan dan Thesia (2013) melakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai faktor granular ( $G$ ) yang dikaitkan dengan komposisi agregat dalam campuran beton. Besarnya faktor granular dinyatakan dalam **Persamaan 2** yaitu:

$$G = k \cdot V_{pasir} \quad \dots (2)$$

dimana:

- $k$  = konstanta yang nilainya diberikan pada **Tabel 2**;
- $V_{pasir}$  = volume pasir dalam 1 m<sup>3</sup> beton.

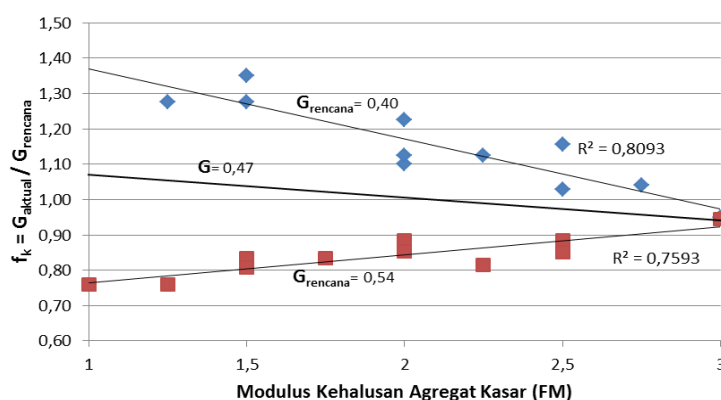
**Tabel 2. Nilai  $k$  untuk  $0,40 \leq G \leq 0,60$**

| No | $V_{\text{pasir}} / V_{\text{total agregat}}$ | $k$ |
|----|---|-----|
| 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)

### 2.3 Pengaruh Gradasi Agregat Kasar terhadap Faktor Granular ( $G$ )

Pengaruh perubahan gradasi agregat kasar terhadap faktor granular telah diteliti oleh Maryanti (2014) dan hasil penelitiannya diperlihatkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Relasi faktor koreksi ( $f_k$ ) dengan modulus kehalusan ( $FM$ )**

Modulus kehalusan agregat kasar pada penelitian Maryanti dirumuskan pada **Persamaan 3** berikut:

$$FM = \sum \frac{P_{ki}}{100} \quad \dots (3)$$

dimana:

$FM$  = modulus kehalusan agregat kasar, diperoleh dari analisis saringan dengan ukuran saringan 4,75 mm, 9,5 mm, 19 mm, dan 37,5 mm

$P_{ki}$  = jumlah komulatif persen tertahan pada saringan  $i$

Gradasi agregat kasar sesuai dengan modulus kehalusan pada **Gambar 2** diperlihatkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Persentase Gradasi Agregat Kasar untuk  $G = 0,40$  dan  $G = 0,54$**

| Bahan                                    | Ukuran Agregat (mm) | Persentase Gradasi Agregat Kasar Setiap Campuran (%) |      |     |      |     |      |     |      |     |     |    |     |    |
|--|---------------------|--|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|----|-----|----|
|  |                     | 1  | 2    | 3   | 4    | 5   | 6    | 7   | 8    | 9   | 10  | 11 | 12  | 13 |
| Agregat                                  | 40-20               | 100  | 75   | 50  | 25   | -   | -    | -   | -    | -   | 75  | 50 | 25  | 25 |
| Kasar                                    | 20-10               | -  | 25   | 50  | 75   | 100 | 75   | 50  | 25   | -   | -   | -  | -   | 20 |
|  | 10-5                | -  | -    | -   | -    | -   | 25   | 50  | 75   | 100 | 25  | 50 | 75  | 25 |
| Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Agregat Kasar |                     | 3  | 2,75 | 2,5 | 2,25 | 2   | 1,75 | 1,5 | 1,25 | 1   | 2,5 | 2  | 1,5 | 2  |

Jika penelitian Maryanti dapat diberlakukan untuk faktor granular tinggi yaitu 0,65 – 0,70 maka hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memperkirakan ketercapaian faktor granular tinggi. Berdasarkan penelitian Maryanti, nilai  $G$  sebesar 0,65 berpeluang dapat dicapai jika modulus kehalusan agregat kasar sebesar 3 karena faktor koreksi ( $f_k$ ) mendekati 1.

### 2.4 Kajian Mengenai Formulasi Faktor Granular Tinggi

Penelitian Thesia (2013) mengungkapkan bahwa faktor granular sebesar 0,65 juga dapat dicapai dengan menggunakan ukuran maksimum agregat 20 mm seperti yang tertera pada **Tabel 5**. Dengan demikian faktor granular tinggi juga dapat dicapai oleh agregat yang berukuran lebih kecil dari pada 63 mm.

Rumusan nilai  $k$  yang diajukan oleh Thesia untuk faktor granular 0,65 adalah:

$$k = 5,1 - 10 V_{\text{pasir}} \quad \dots (4)$$

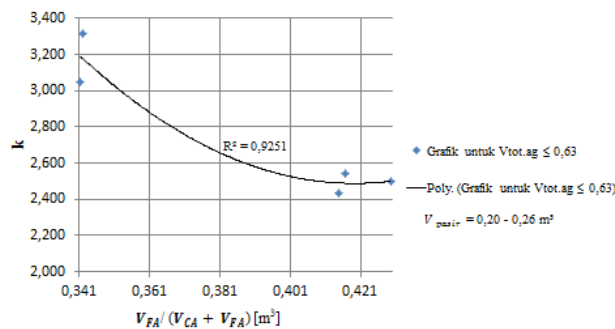
Rumus tersebut berlaku jika volume pasir sebesar 0,20 – 0,40 m<sup>3</sup> dan rasio volume pasir dengan volume agregat total sebesar 0,34 – 0,50. Thesia juga melakukan validasi rumusan nilai  $k$  menggunakan **Persamaan 4** dengan menerapkannya pada campuran beton penelitian Zain (2010) yang hasilnya tertera pada **Tabel 4**.

**Tabel 4. Komposisi Campuran Beton dari Thesia dan Zain**

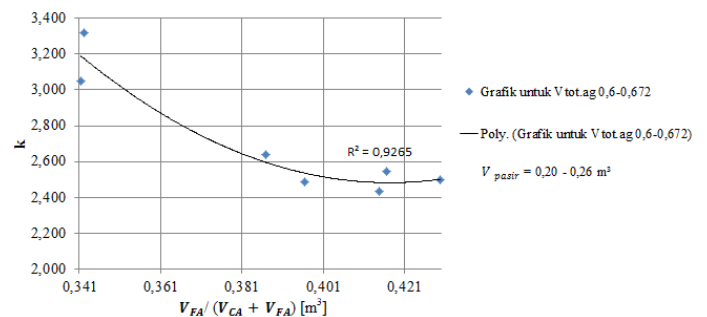
| No | Mutu Semen | $c/w$ | Agregat kasar m <sup>3</sup> | Agregat halus m <sup>3</sup> | $V_{CA} + V_{FA}$ | $\frac{V_{FA}}{V_{CA} + V_{FA}}$ | $f_c$ aktual MPa | $G$ aktual |
|----|------------|-------|------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------|------------|
| 1. | C 42,5     | 1,58  | 0,412                        | 0,260                        | 0,672             | 0,387                            | 31,46            | 0,685      |
| 2. | C 42,5     | 1,95  | 0,396                        | 0,260                        | 0,656             | 0,396                            | 39,78            | 0,646      |
| 3. | C 42,5     | 1,95  | 0,367                        | 0,260                        | 0,627             | 0,415                            | 38,94            | 0,632      |
| 4. | C 42,5     | 2,31  | 0,364                        | 0,260                        | 0,624             | 0,417                            | 50,88            | 0,661      |
| 5. | C 42,5     | 2,32  | 0,345                        | 0,260                        | 0,605             | 0,430                            | 50,25            | 0,650      |
| 6. | C 42,5     | 1,67  | 0,411                        | 0,213                        | 0,624             | 0,342                            | 32,30            | 0,650      |
| 7. | C 42,5     | 1,54  | 0,400                        | 0,208                        | 0,608             | 0,342                            | 30,50            | 0,690      |

Sumber : Thesia 2013

Berdasarkan hasil penelitian Thesia, dan Zain, yang tertera pada **Tabel 4** dapat diajukan suatu grafik hubungan antara nilai  $k$  dengan rasio volume pasir terhadap volume total agregat yang disajikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**. Grafik pada **Gambar 2** berlaku untuk nilai  $0,60 < G \leq 0,65$  dan **Gambar 3** berlaku untuk nilai  $0,65 < G \leq 0,70$ .



**Gambar 2. Hubungan antara  $k$  dengan  $V_{FA} / (V_{CA} + V_{FA})$  untuk volume total agregat  $\leq 0,63 \text{ m}^3$**

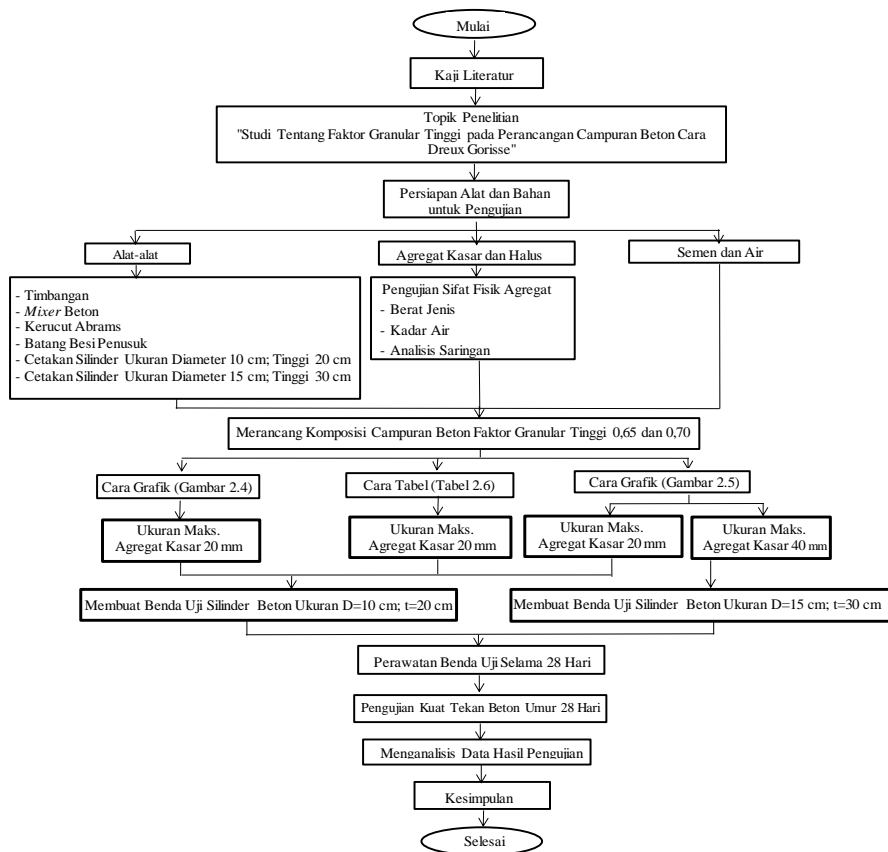


**Gambar 3. Hubungan antara  $k$  dengan  $V_{FA} / (V_{CA} + V_{FA})$  untuk volume total agregat  $0,60 - 0,672 \text{ m}^3$**

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan metode yang tertera pada **Gambar 4**.



**Gambar 4. Bagan alir metode penelitian**

#### 3.2 Data Penelitian

Data penelitian meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan berasal dari analisis hasil penelitian Thesia (2013) seperti yang tertera pada **Tabel 4** untuk mendapatkan formulasi grafik hubungan antara nilai  $k$  dengan rasio volume pasir terhadap volume agregat total seperti pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**. Data primer terdiri dari data material yang digunakan seperti tertera pada **Tabel 5**, data komposisi campuran beton untuk membuat benda uji silinder beton seperti yang tertera 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          | ( $\text{kg/m}^3$ )    | 3150  | 2650          | 2550          |
| Berat jenis kondisi kering udara | ( $\text{kg/m}^3$ )    |       | 2765          | 2680          |
| Modulus kehalusan (FM)           |                        |       | 2,25          | 2,5           |
|                                  |                        |       | 3,0           | 3,5           |
| Kadar air kondisi SSD            | (%)                    |       | 2,55          | 3,17          |
| Kadar air kondisi kering udara   | (%)                    |       | 2,41          | 2,756         |
| Berat isi                        | ( $\text{gram/cm}^3$ ) |       | 1,475         | 1,61          |

**Tabel 6. Komposisi Campuran Beton Hasil Rumusan Cara Grafik pada Gambar 2 untuk Nilai Slump Tinggi**

| Uraian    | Ukuran Agregat<br>(mm)                      | Campuran Beton (kg/m <sup>3</sup> ) |         |        |        |        |
|-----------|---|-------------------------------------|---------|--------|--------|--------|
|           |   | 1                                   | 2       | 3      | 4      |        |
| Material  | Agregat Kasar                               | 40-20                               | -       | -      | -      | -      |
|           |   | 20-4,75                             | 369,004 | 1146,2 | 974,61 | 1146,2 |
|           | Pasir                                       | 4,75-2,38                           | -       | -      | 159,47 | 144,36 |
|           |   | 2,38-1,2                            | 170,11  | 144,36 | 191,36 | 173,23 |
|           |   | 1,2-0,6                             | 170,11  | 144,36 | 159,47 | 144,36 |
|           |   | 0,6-0,3                             | 170,11  | 144,36 | 63,79  | 57,74  |
|           |   | 0,3-0,15                            | 170,11  | 144,36 | 63,79  | 57,74  |
|           | Semen                                       | 369                                 | 356,96  | 369    | 356,96 |        |
|           | Air   | 232,67                              | 236,65  | 232,67 | 236,65 |        |
|           | $c/w$                                       | 1,586                               | 1,508   | 1,586  | 1,508  |        |
| Parameter | Faktor Granular ( $G$ )                     | 0,65                                | 0,70    | 0,65   | 0,70   |        |
|           | Modulus Kehalusan ( $FM$ )<br>Pasir         | 2,5                                 | 2,5     | 3,5    | 3,5    |        |
|           | Modulus Kehalusan ( $FM$ )<br>Agregat Kasar | 2,25                                | 2,25    | 2,25   | 2,25   |        |
|           | Slump Rencana (cm)                          | 16                                  | 18,5    | 16     | 18,5   |        |
|           | Kuat Tekan Rencana<br>Umur 28 Hari (MPa)    | 30                                  | 30      | 30     | 30     |        |

**Tabel 7. Komposisi Campuran Beton Hasil Rumusan Cara Tabel 2 untuk Nilai Slump Rendah**

| Uraian    | Ukuran Agregat<br>(mm)                      | Campuran Beton (kg/m <sup>3</sup> ) |         |         |         |         |
|-----------|---|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|           |   | 5                                   | 6       | 7       | 8       |         |
| Material  | Agregat Kasar                               | 40-20                               | -       | -       | -       | -       |
|           |   | 20-4,75                             | 659,647 | 565,451 | 659,647 | 565,451 |
|           | Pasir                                       | 4,75-2,38                           | -       | -       | 290,333 | 312,667 |
|           |   | 2,38-1,2                            | 290,333 | 312,667 | 348,4   | 375,2   |
|           |   | 1,2-0,6                             | 290,333 | 312,667 | 290,333 | 312,667 |
|           |   | 0,6-0,3                             | 290,333 | 312,667 | 116,133 | 125,067 |
|           |   | 0,3-0,15                            | 290,333 | 312,667 | 116,133 | 125,067 |
|           | Semen                                       | 325                                 | 315     | 325     | 315     |         |
|           | Air   | 204,922                             | 208,83  | 204,922 | 208,83  |         |
|           | $c/w$                                       | 1,586                               | 1,508   | 1,586   | 1,508   |         |
| Parameter | Faktor Granular ( $G$ )                     | 0,65                                | 0,70    | 0,65    | 0,70    |         |
|           | Modulus Kehalusan ( $FM$ )<br>Pasir         | 2,5                                 | 2,5     | 3,5     | 3,5     |         |
|           | Modulus Kehalusan ( $FM$ )<br>Agregat Kasar | 2,25                                | 2,25    | 2,25    | 2,25    |         |
|           | Slump Rencana (cm)                          | 6                                   | 6       | 6       | 6       |         |
|           | Kuat Tekan Rencana<br>Umur 28 Hari (MPa)    | 30                                  | 30      | 30      | 30      |         |

Studi Tentang Faktor Granular Tinggi pada Perancangan Campuran Beton  
Cara *Dreux Gorrise*

**Tabel 8. Komposisi Campuran Beton Hasil Rumusan Cara Grafik pada Gambar 3 untuk Nilai Slump Rendah**

| Uraian    | Ukuran Agregat (mm)                      | Campuran Beton (kg/m <sup>3</sup> ) |         |         |         |         |         |        |         |         |
|-----------|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
|           |  | 9                                   | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15     | 16      |         |
| Material  | Agregat Kasar                            | 40-20                               | -       | -       | -       | -       | 1114,69 | 1076,4 | 1114,69 | 1076,36 |
|           |  | 20-4,75                             | 1114,69 | 1076,36 | 1114,69 | 1076,36 | -       | -      | -       | -       |
|           |  | 4,75-2,38                           | -       | -       | 180,07  | 188,867 | -       | -      | 180,07  | 188,867 |
|           |  | 2,38-1,2                            | 180,07  | 188,867 | 216,084 | 226,641 | 180,07  | 188,87 | 216,084 | 226,641 |
|           | Pasir                                    | 1,2-0,6                             | 180,07  | 188,867 | 180,07  | 188,867 | 180,07  | 188,87 | 180,07  | 188,867 |
|           |  | 0,6-0,3                             | 180,07  | 188,867 | 72,028  | 75,5469 | 180,07  | 188,87 | 72,0281 | 75,5469 |
|           |  | 0,3-0,15                            | 180,07  | 188,867 | 72,028  | 75,5469 | 180,07  | 188,87 | 72,0281 | 75,5469 |
|           | Semen                                    |                                     | 325     | 315     | 325     | 315     | 325     | 315    | 325     | 315     |
|           | Air                                      |                                     | 204,922 | 208,83  | 204,922 | 208,83  | 192,626 | 196,3  | 192,626 | 196,3   |
|           | $c/w$                                    |                                     | 1,586   | 1,508   | 1,586   | 1,508   | 1,586   | 1,508  | 1,586   | 1,508   |
|           | Faktor Granular ( $G$ )                  |                                     | 0,65    | 0,70    | 0,65    | 0,70    | 0,65    | 0,70   | 0,65    | 0,70    |
| Parameter | Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Pasir         |                                     | 2,5     | 2,5     | 3,5     | 3,5     | 2,5     | 2,5    | 3,5     | 3,5     |
|           | Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Agregat Kasar |                                     | 2,25    | 2,25    | 2,25    | 2,25    | 3       | 3      | 3       | 3       |
|           | Slump Rencana (cm)                       |                                     | 6       | 6       | 6       | 6       | 6       | 6      | 6       | 6       |
|           | Kuat Tekan Rencana Umur 28 Hari (MPa)    |                                     | 30      | 30      | 30      | 30      | 30      | 30     | 30      | 30      |
|           |  |                                     |         |         |         |         |         |        |         |         |

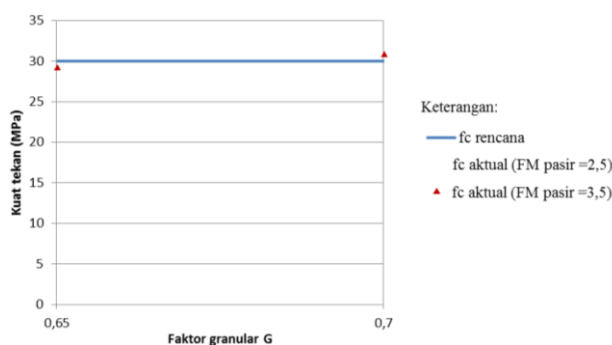
### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari:

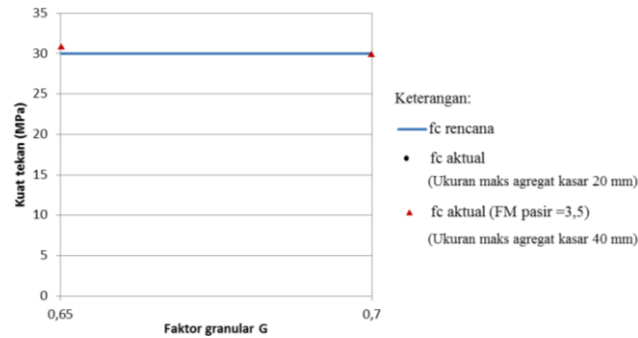
1. ukuran maksimum agregat kasar (20 mm dan 40 mm);
2. faktor granular  $G$  (0,65 dan 0,70);
3. modulus kehalusan agregat halus ( $FM_{agregat\ halus}$ ) sebesar 2,5 dan 3,5;
4. modulus kehalusan agregat kasar ( $FM_{agregat\ kasar}$ ) sebesar 2,25 dan 3,0.

### 3.4 Analisis Penelitian

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



**Gambar 5. Hubungan antara sebaran kuat tekan rata-rata aktual disekitar kuat tekan prediksi untuk tiap modulus kehalusan pasir terhadap faktor granular  $G$**



**Gambar 6. Hubungan antara sebaran kuat tekan rata-rata aktual disekitar kuat tekan prediksi untuk tiap ukuran maksimum agregat kasar terhadap faktor granular  $G$**

#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil-Hasil Penelitian

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

**Tabel 9. Hasil Uji Tekan Rancangan Campuran Menggunakan Cara Grafik pada Gambar 2 dengan Nilai Slump Tinggi**

| Uraian   | Campuran Beton |       |       |       |
|--|----------------|-------|-------|-------|
|  | 1              | 2     | 3     | 4     |
| Material                                       |                |       |       |       |
| Volume Agregat Kasar ( $m^3$ )                 | 0,376          | 0,415 | 0,376 | 0,415 |
| Volume Pasir ( $m^3$ )                         | 0,254          | 0,215 | 0,254 | 0,215 |
| Volume Total Agregat ( $m^3$ )                 | 0,63           | 0,63  | 0,63  | 0,63  |
|  |                |       |       |       |
| $\frac{V_{FA}}{V_{CA} + V_{FA}}$               | 0,403          | 0,342 | 0,403 | 0,342 |
| $\frac{c}{w}$                                  | 1,586          | 1,508 | 1,586 | 1,508 |
| Faktor Granular ( $G$ )                        | 0,65           | 0,7   | 0,65  | 0,7   |
| Parameter                                      |                |       |       |       |
| Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Pasir               | 2,5            | 2,5   | 3,5   | 3,5   |
| Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Agregat Kasar       | 2,25           | 2,25  | 2,25  | 2,25  |
| Slump Rencana (cm)                             | 16             | 18,5  | 16    | 18,5  |
| Slump Aktual (cm)                              | 17,8           | 20    | 16,5  | 21,5  |
| Segregasi                                      | -              | -     | -     | -     |
| Kuat Tekan Rencana (MPa)                       | 30             | 30    | 30    | 30    |
| Kuat Tekan Rata-rata Aktual Umur 28 Hari (MPa) | 14,12          | 11,26 | 14,96 | 11,43 |

**Tabel 10. Hasil Uji Tekan Rancangan Campuran Menggunakan Cara Tabel pada Tabel 2 dengan Nilai Slump Rendah**

| Uraian   | Campuran Beton |       |       |       |
|--|----------------|-------|-------|-------|
|  | 5              | 6     | 7     | 8     |
| Material                                       |                |       |       |       |
| Volume Agregat Kasar ( $m^3$ )                 | 0,239          | 0,205 | 0,239 | 0,205 |
| Volume Pasir ( $m^3$ )                         | 0,433          | 0,467 | 0,433 | 0,467 |
| Volume Total Agregat ( $m^3$ )                 | 0,672          | 0,671 | 0,672 | 0,671 |
|  |                |       |       |       |
| $\frac{V_{FA}}{V_{CA} + V_{FA}}$               | 0,645          | 0,695 | 0,645 | 0,695 |
| $\frac{c}{w}$                                  | 1,586          | 1,508 | 1,586 | 1,508 |
| Faktor Granular ( $G$ )                        | 0,65           | 0,7   | 0,65  | 0,7   |
| Parameter                                      |                |       |       |       |
| Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Pasir               | 2,5            | 2,5   | 3,5   | 3,5   |
| Modulus Kehalusan ( $FM$ ) Agregat Kasar       | 2,25           | 2,25  | 2,25  | 2,25  |
| Slump Rencana (cm)                             | 6              | 6     | 6     | 6     |
| Slump Aktual (cm)                              | 3              | 4,25  | 2     | 9,5   |
| Segregasi                                      | -              | -     | -     | -     |
| Kuat Tekan Rencana (MPa)                       | 30             | 30    | 30    | 30    |
| Kuat Tekan Rata-rata Aktual Umur 28 Hari (MPa) | 17,82          | 12,29 | 24,86 | 17,27 |

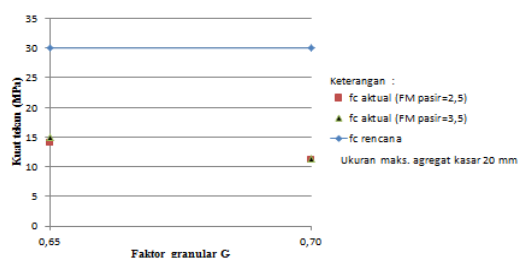


Studi Tentang Faktor Granular Tinggi pada Perancangan Campuran Beton  
 Cara *Dreux Gorrise*

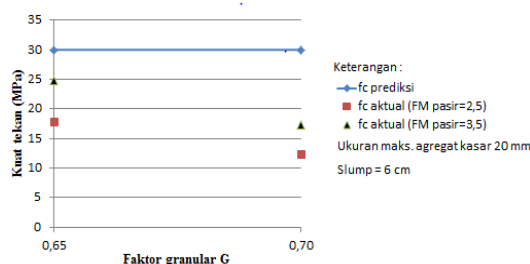
**Tabel 11. Hasil Uji Tekan Rancangan Campuran Menggunakan Cara Grafik pada Gambar 3 dengan Nilai Slump Tinggi**

| Uraian   | Campuran Beton |       |       |       |       |       |       |       |
|--|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 9              | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
| Material                                       |                |       |       |       |       |       |       |       |
| Volume Agregat Kasar (m <sup>3</sup> )         | 0,403          | 0,383 | 0,403 | 0,383 | 0,403 | 0,383 | 0,403 | 0,383 |
| Volume Pasir (m <sup>3</sup> )                 | 0,269          | 0,282 | 0,269 | 0,282 | 0,269 | 0,282 | 0,269 | 0,282 |
| Volume Total Agregat (m <sup>3</sup> )         | 0,672          | 0,671 | 0,672 | 0,671 | 0,672 | 0,672 | 0,672 | 0,671 |
| $\frac{V_{FA}}{V_{CA} + V_{FA}}$               | 0,4            | 0,42  | 0,4   | 0,42  | 0,4   | 0,42  | 0,4   | 0,42  |
| $\frac{C}{W}$                                  | 1,586          | 1,508 | 1,568 | 1,508 | 1,586 | 1,508 | 1,586 | 1,508 |
| Faktor Granular ( <i>G</i> )                   | 0,65           | 0,70  | 0,65  | 0,70  | 0,65  | 0,70  | 0,65  | 0,70  |
| Modulus Kehalusan ( <i>FM</i> ) Pasir          | 2,5            | 2,5   | 3,5   | 3,5   | 2,5   | 2,5   | 3,5   | 3,5   |
| Parameter                                      |                |       |       |       |       |       |       |       |
| Modulus Kehalusan ( <i>FM</i> ) Agregat Kasar  | 2,25           | 2,25  | 2,25  | 2,25  | 3     | 3     | 3     | 3     |
| Slump Rencana (cm)                             | 6              | 6     | 6     | 6     | 6     | 6     | 6     | 6     |
| Slump Aktual (cm)                              | 13,75          | 4     | 1,25  | 8,75  | 5     | 4,5   | 4,5   | 4,5   |
| Segregasi                                      | -              | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Kuat Tekan Rencana (MPa)                       | 30             | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| Kuat Tekan Rata-rata Aktual Umur 28 Hari (MPa) | 18,63          | 20,44 | 21,28 | 17,38 | 21,01 | 16,07 | 14,99 | 16,6  |

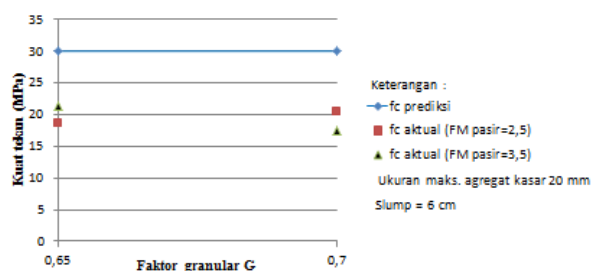
Jika hasil-hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik, maka hasilnya diperlihatkan pada **Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.**



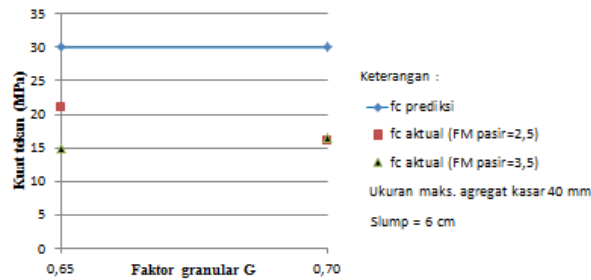
**Gambar 7. Sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana untuk tiap modulus kehalusan pasir terhadap faktor granular *G* menggunakan Gambar 2**



**Gambar 8. Sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana untuk tiap modulus kehalusan pasir terhadap faktor granular *G* menggunakan Tabel 2**



**Gambar 9. Sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana untuk tiap modulus kehalusan pasir terhadap faktor granular *G* menggunakan Gambar 3**



**Gambar 10. Sebaran kuat tekan rata-rata aktual di sekitar kuat tekan rencana untuk tiap modulus kehalusan pasir terhadap faktor granular  $G$  menggunakan Gambar 3**

#### 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil-hasil pengujian yang diharapkan dengan menggunakan model formulasi yang diajukan tidak tercapai. Ketidaktercapaian ini disebabkan oleh berbagai hal, yaitu:

1. pada campuran beton 1-4 dan campuran 9-16 hasil uji kuat tekan jauh lebih rendah dari kuat tekan rencana. Hal ini menunjukkan bahwa grafik pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** tidak berlaku untuk sembarang volume pasir walaupun kadar pasir dalam agregat gabungan masih mengikuti batasan yaitu 34,2% - 41,7%, dan volume agregat gabungan maksimum 0,63 m<sup>3</sup> untuk **Gambar 2** serta 0,60-0,672 m<sup>3</sup> untuk **Gambar 3**. Grafik tersebut hanya berlaku untuk volume pasir yang konstan sebesar 0,260 m<sup>3</sup>. Jika volume pasir yang terjadi berbeda dari 0,260 m<sup>3</sup> maka perilaku nilai  $G_{aktual}$  akan mengarah pada nilai  $G_{prediksi}$  yang menggunakan nilai  $k$  pada **Tabel 2**. Perilaku ini diperlihatkan pada **Tabel 12**;

**Tabel 12. Hasil Uji Tekan Beton Jika Volume Pasir Tidak Sama dengan 0,260 m<sup>3</sup> Menggunakan Grafik pada Gambar 2 dan Gambar 3**

| No | $c/w$ | $V_p$<br>(m <sup>3</sup> ) | $V_t$<br>(m <sup>3</sup> ) | $V_p/V_t$ | $k$ | $G$<br>rencana | $f_c$ aktual<br>(MPa) | $G$<br>aktual | $G$<br>prediksi | $f_c$ prediksi<br>(MPa) |
|----|-------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----|----------------|-----------------------|---------------|-----------------|-------------------------|
| 1  | 1,59  | 0,254                      | 0,63                       | 0,403     | 1,5 | 0,65           | 14,12                 | 0,306         | 0,381           | 17,59                   |
| 2  | 1,51  | 0,215                      | 0,63                       | 0,342     | 1,8 | 0,7            | 11,26                 | 0,263         | 0,387           | 16,58                   |
| 3  | 1,59  | 0,254                      | 0,63                       | 0,403     | 1,5 | 0,65           | 14,96                 | 0,342         | 0,381           | 17,59                   |
| 4  | 1,51  | 0,215                      | 0,63                       | 0,342     | 1,8 | 0,7            | 11,43                 | 0,267         | 0,387           | 16,58                   |
| 9  | 1,59  | 0,269                      | 0,672                      | 0,4       | 1,5 | 0,65           | 18,63                 | 0,404         | 0,404           | 18,62                   |
| 10 | 1,51  | 0,282                      | 0,671                      | 0,42      | 1,5 | 0,7            | 20,44                 | 0,477         | 0,423           | 18,12                   |
| 11 | 1,59  | 0,269                      | 0,672                      | 0,4       | 1,5 | 0,65           | 21,28                 | 0,461         | 0,404           | 18,62                   |
| 12 | 1,51  | 0,282                      | 0,671                      | 0,42      | 1,5 | 0,7            | 17,38                 | 0,406         | 0,423           | 18,12                   |
| 13 | 1,59  | 0,269                      | 0,672                      | 0,4       | 1,5 | 0,65           | 21,01                 | 0,455         | 0,404           | 18,62                   |
| 14 | 1,51  | 0,282                      | 0,671                      | 0,42      | 1,5 | 0,7            | 16,07                 | 0,375         | 0,423           | 18,12                   |
| 15 | 1,59  | 0,269                      | 0,672                      | 0,4       | 1,5 | 0,65           | 14,99                 | 0,325         | 0,404           | 18,62                   |
| 16 | 1,51  | 0,282                      | 0,671                      | 0,42      | 1,5 | 0,7            | 16,6                  | 0,387         | 0,423           | 18,12                   |

2. nilai  $k$  yang pada **Tabel 2** tidak dapat diterapkan untuk faktor granular tinggi yaitu 0,65 dan 0,70 karena hasil uji tekan yang dihasilkan berjauhan dengan kuat tekan rencana seperti yang tertera pada **Tabel 13**. Nilai  $k$  pada **Tabel 2** hanya berlaku untuk faktor granular 0,40-0,60 serta rasio volume pasir terhadap agregat gabungan kurang dari 0,50;

**Tabel 13. Hasil Uji Tekan Beton untuk Nilai  $k$  yang Dirancang dengan Menggunakan Tabel 2**

| No | $c/w$ | $V_p$<br>(m <sup>3</sup> ) | $V_t$<br>(m <sup>3</sup> ) | $V_p/V_t$ | $k$ | $G$<br>rencana | $G$<br>prediksi | $f_c$ prediksi<br>(MPa) | $f_c$ aktual<br>(MPa) |
|----|-------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----|----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| 5  | 1,586 | 0,433                      | 0,672                      | 0,645     | 1,5 | 0,65           | 0,65            | 29,98                   | 17,82                 |
| 6  | 1,508 | 0,467                      | 0,671                      | 0,695     | 1,5 | 0,7            | 0,701           | 30,01                   | 12,29                 |
| 7  | 1,586 | 0,433                      | 0,672                      | 0,645     | 1,5 | 0,65           | 0,65            | 29,98                   | 24,86                 |
| 8  | 1,508 | 0,467                      | 0,671                      | 0,695     | 1,5 | 0,7            | 0,701           | 30,01                   | 17,27                 |

3. jika faktor granular tinggi sebesar 0,65 dan 0,70 dibuat dengan menggunakan volume pasir 0,260 m<sup>3</sup> dan nilai *k* berdasarkan grafik pada **Gambar 3** maka hasil uji kuat tekannya mendekati kuat tekan yang diharapkan, seperti yang tertera pada **Tabel 14**. Pada campuran 18 nilai kuat tekan prediksi umur 28 hari lebih rendah dari kuat tekan rencana. Ditinjau dari pola runtuh yang terjadi terlihat bahwa bentuk silinder beton tidak akurat sehingga menimbulkan penurunan nilai kuat tekan beton, seperti yang tertera pada **Gambar 11**;

**Tabel 14. Hasil Uji Tekan Beton untuk Nilai *k* yang Dirancang dengan Menggunakan Grafik pada Gambar 3**

| No | $c/w$ | $V_p$<br>(m <sup>3</sup> ) | $V_t$<br>(m <sup>3</sup> ) | $\frac{V_p}{V_t}$ | <i>k</i> | <i>G</i><br>rencana | Slump<br>rencana<br>(cm) | Slump<br>aktual<br>(cm) | Segregasi | $f_c$ rencana<br>28 hari<br>(MPa) | $f_c$ aktual<br>7 hari<br>(MPa) | $f_c$ prediksi<br>28 hari<br>(MPa) |
|----|-------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 17 | 1,58  | 0,26                       | 0,672                      | 0,387             | 2,6      | 0,65                | 5                        | 4,5                     | -         | 31                                | 20,37                           | 31,34                              |
| 18 | 2,32  | 0,26                       | 0,605                      | 0,43              | 2,5      | 0,65                | 10                       | 6,75                    | -         | 50                                | 29,35                           | 45,15                              |



**Gambar 11. Pola runtuh silinder beton pada campuran 18**

4. formulasi faktor granular tinggi sebesar 0,65 dan 0,70 yang dirancang dengan menggunakan grafik pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** dapat diaplikasikan jika volume pasir yang digunakan tetap sebesar 0,260 m<sup>3</sup>. Jika volume pasir yang digunakan kurang atau lebih dari 0,260 m<sup>3</sup> maka nilai faktor granular rentan mengalami perubahan yang ekstrim sehingga kuat tekan beton yang dihasilkan akan berkurang. Dengan demikian rumusan formulasi faktor granular tinggi dapat diterapkan pada perancangan campuran beton dengan tingkat pengawasan yang cukup tinggi;
5. faktor granular tinggi yang lebih besar dari 0,60 dapat juga dicapai oleh ukuran maksimum agregat kasar 20 mm seperti yang terlihat pada **Tabel 14**, tidak harus menggunakan ukuran maksimum agregat kasar yang lebih besar atau sama dengan 63 mm seperti yang disarankan oleh Dreux;
6. ditinjau dari kelecakan campuran, perhitungan dengan menggunakan formulasi yang diajukan tidak mengakibatkan terjadinya segregasi pada campuran beton segar, baik pada slump rendah dan slump tinggi. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**.



**Gambar 12. Campuran beton segar yang mewakili nilai slump tinggi (160 – 185 mm)**



**Gambar 13. Campuran beton segar yang mewakili nilai slump rendah ( 60 mm)**

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, analisis, dan pembahasan hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa faktor granular tinggi dalam perancangan campuran beton cara Dreux dapat dilakukan sebagai berikut:

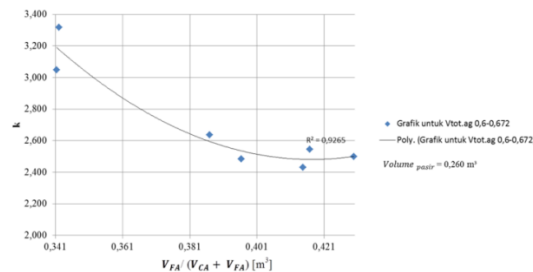
1. faktor granular  $G$  dirumuskan:

$$G = 0,260 k \quad \dots (5)$$

dengan syarat:

- $G = 0,65 - 0,70$ ;
- volume pasir =  $0,260 \text{ m}^3$ ;
- volume agregat gabungan berkisar  $0,60 \text{ m}^3 - 0,672 \text{ m}^3$ ;
- rasio volume pasir terhadap volume agregat gabungan pasir dan agregat kasar ( $V_{FA} / (V_{CA} + V_{FA})$ ) berkisar  $0,342 \text{ m}^3 - 0,417 \text{ m}^3$ .

2. nilai  $k$  ditentukan dari grafik yang tertera pada **Gambar 14** duplikasi dari **Gambar 3**;



**Gambar 14. Hubungan antara k dengan  $V_{FA} / (V_{CA} + V_{FA})$  [m³]**

- perancangan campuran beton pada faktor granular tinggi juga dapat dicapai dengan menggunakan ukuran maksimum agregat kasar sebesar 20 mm;
- faktor granular tinggi yang dirancang menggunakan **Persamaan 5** tidak mengakibatkan terjadinya segregasi pada beton segar.

## DAFTAR RUJUKAN

- 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.
- Thesia, Z. (2013). *Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorrise – ITENAS*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Zain, M.F.M., Hamid, S.M.A.R., Jamil, M. (2010). *Potential for Utilisting Concrete Mix Properties to Predict Strength at Different Ages*, Journal od Applied Sciences 10 (22), 2010.