

Studi Mengenai Perancangan Komposisi Bahan dalam Campuran Mortar untuk Pembuatan Bata Beton (*Paving Block*)

KIAGUS ALDI MULTAZZAM¹, PRIYANTO SAELAN²

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional
Email: aldi.breaker47@gmail.com

ABSTRAK

Perancangan komposisi bahan campuran mortar untuk membuat bata beton (paving block) dilakukan dengan cara coba-coba (trial error) hal ini disebabkan metode mix design untuk campuran mortar belum dikembangkan secara teoritis. Agar produk paving block dapat memenuhi syarat yang ditentukan oleh SNI 03-0691-1996 maka perlu dikembangkan suatu teori pendekatan dalam perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar. Hasil-hasil pengujian dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa makin tinggi volume pasir dalam campuran bata beton, makin rendah nilai kuat tekan paving block dari yang seharusnya. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya ikatan antara pasta semen dengan permukaan agregat akibat berkurangnya kelecakan campuran mortar jika volume pasir bertambah. Dari hasil penelitian perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar untuk pembuatan paving block dapat dilakukan menggunakan persamaan Dreux dengan menambah faktor koreksi k berkisar antara 0 sampai 1. Volume pasir maksimum untuk semua ukuran butiran agar tidak terjadi seregrasi pada campuran adalah 0,70 m³, dan modulus kehalusan pasir yang paling baik untuk membuat campuran mortar adalah sama dengan atau lebih besar dari 2,3.

Kata kunci: mortar, volume pasir, kuat tekan, kelecakan

ABSTRACT

Mortar mix design in paving block home industries was usually carried out by using trial and error method. This method was caused by unavailability of theoretical approach in mortar mix design. In order to fulfill SNI 03-0691-1996 standard, it is necessary to develop a theoretical approach in mortar mix design. The method proposed in this research is developed by using concrete mix design by Dreux. Test results in this research showed the higher the volume of sand, the lower the compressive strength that should be. Based on the test results, mortar mix design can be carried out by adding correction factor k in Dreux method, which is $0 < k \leq 1$. In order to prevent segregation in mortar mix, the maximum volume of sand is 0.7 m³ and the fineness modulus is equal or larger than 2,3.

Keywords: mortar, the volume of sand, compressive strength, workability

1. PENDAHULUAN

Perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar untuk membuat bata beton (*paving block*) dilakukan dengan cara coba-coba (*trial error*). Hal ini disebabkan metoda *mix design* untuk campuran mortar belum dikembangkan secara teoritis. Oleh karena itu sering kali pada percobaan kuat tekan dari bata beton (*paving block*) yang diproduksi secara *home industry* tidak mencapai kuat tekan yang disyaratkan, sehingga bata beton (*paving block*) yang berasal dari *home industry* ini tidak memenuhi syarat untuk digunakan terutama pada mutu A dan B.

Agar produk bata beton (*paving block*) dapat memenuhi syarat yang ditentukan oleh SNI 03-0691-1996 maka perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar pada pembuatan bata beton (*paving block*) ini seyogyanya didasarkan pada pendekatan teori *mix design* untuk campuran mortar sehingga kuat tekan yang direncanakan dapat dicapai. Untuk itu perlu dikembangkan suatu teori pendekatan dalam perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar.

2. KAJI PUSTAKA

2.1. Standar Mutu *Paving Block*

Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

1. Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
2. Bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam *leaflet* mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.
3. Penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai diperkenankan kurang lebih 3 mm.

Paving block untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik tertera pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1. Sifat-Sifat Fisika *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

Mutu	Kuat Tekan [MPa]		Ketahanan Aus [mm/menit]		Peyerapan Air Maks [%]
	Rata-rata	Minimum	Rata-rata	Minimum	
A	40	35	0,009	0,103	3
B	20	17	0,013	1,149	6
C	15	12.5	0,160	1,184	8
D	10	8.5	0,219	0,251	10

2.2. Perancangan Campuran Beton cara Dreux

Bolomey merumuskan bahwa kuat tekan beton ditentukan oleh kekuatan mortar, faktor semen air, dan jumlah agregat dalam campuran beton. Metode ini dikembangkan lebih lanjut oleh Dreux Gorisse yang berkebangsaan Perancis melalui penelitian yang dilakukannya tahun 1979. Rumus perancangan campuran beton dapat dinyatakan dengan **Persamaan 1** berikut:

$$f_c = G \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad \dots (1)$$

Studi Mengenai Perancangan Komposisi Bahan dalam Campuran Mortar
untuk Pembuatan Bata Beton (*Paving Block*)

dengan:

- f_c = kuat tekan silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari (MPa),
 f_{pc} = kekuatan tekan mortar semen umur 28 hari (MPa),
 G = faktor granular (0,35 – 0,65),
 $\frac{c}{w}$ = rasio berat semen terhadap berat air.

Besarnya nilai G dirumuskan oleh Thesia (2013) seperti tertera pada **Persamaan 2** sebagai berikut:

$$G = K \cdot V_p \quad \dots (2)$$

dengan :

- K = konstanta yang nilainya diberikan pada **Tabel 2**,
 V_p = volume pasir dalam 1m³ beton.

Tabel 2. Nilai K untuk $0,4 \leq G \leq 0,6$

No	$V_{pasir} / v_{total\ agregat}$	K
1	$\leq 0,26$	3
2	0,26-0,29	2
3	0,29-0,39	1,8
4	0,39-0,43	1,5
5	0,43-0,49	1,8
6	$\geq 0,50$	1,5

Jika nilai G diaplikasi ke dalam campuran mortar maka akan diperoleh nilai $V_{pasir} / v_{total\ agregat} = 1$, dan nilai K adalah 1,5, sehingga **Persamaan 2** menjadi **Persamaan 3** berikut:

$$G = 1,5 \cdot V_p \quad \dots(3)$$

Dengan demikian maka perancangan mortar diduga dapat dilakukan dengan memodifikasi **Persamaan 1** menjadi **Persamaan 4** berikut:

$$f_c = 1,5 \cdot V_p \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad \dots (4)$$

Persamaan 4 merupakan persamaan yang dikembangkan untuk merancang komposisi bahan dalam campuran mortar dimana V_p adalah volume pasir dalam 1 m³ mortar. Dalam campuran mortar persamaan absolut campuran tertera pada **Persamaan 5** berikut:

$$V_p + V_c + V_w + V_a = 1 \quad \dots (5)$$

dengan :

V_p = volume pasir dalam 1 m³ mortar,

V_c = volume semen dalam 1 m³ mortar,

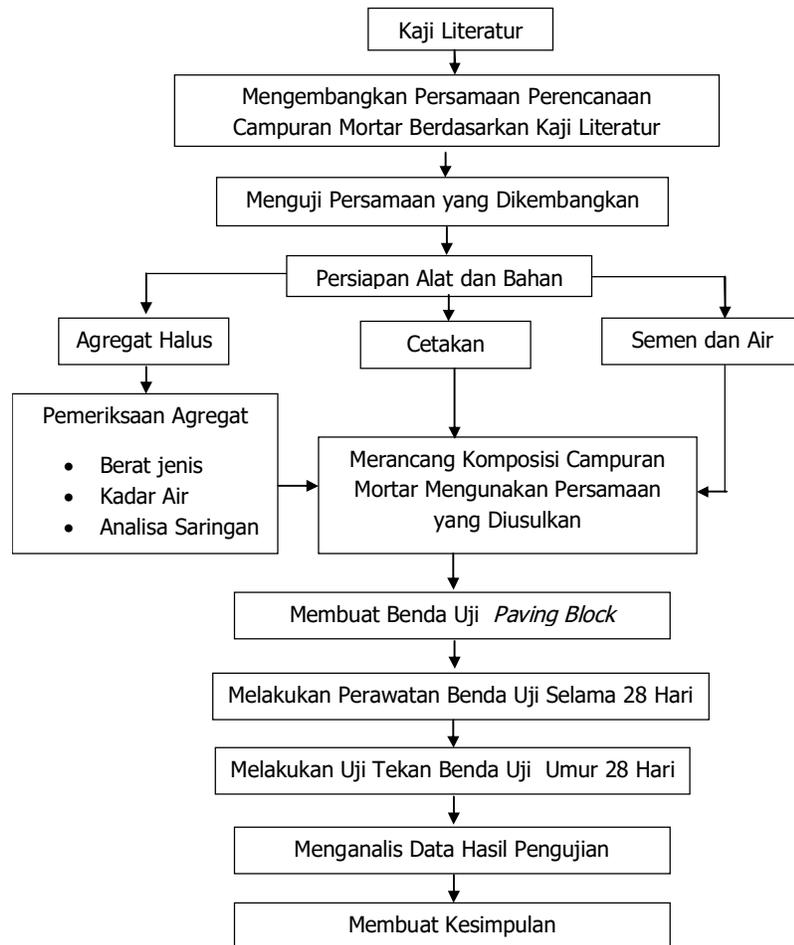
V_w = volume air dalam 1 m³ mortar,

V_a = volume udara dalam 1 m³ mortar.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan diuraikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Prosedur kerja penelitian

3.2 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian yang dilaksanakan adalah:

1. kuat tekan yang direncanakan adalah 20 MPa dan 40 MPa;
2. komposisi bahan dalam campuran mortar dihitung dengan menggunakan persamaan yang diajukan yaitu $f_c = 1,5 \cdot V_p \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5\right)$, yaitu yang tertulis sebagai **Persamaan 2**;

Studi Mengenai Perancangan Komposisi Bahan dalam Campuran Mortar
untuk Pembuatan Bata Beton (*Paving Block*)

3. pasir yang digunakan berukuran maksimum 4,75 mm (modulus kehalusan 2,30), ukuran maksimum 2,5 mm (modulus kehalusan 2,2), dan ukuran maksimum 1,2 mm (modulus kehalusan 1,7);
4. volume pasir dalam 1 m³ campuran mortar 0,5 m³ – 0,8 m³ dengan nilai pertambahan 0,05 m³;
5. Semen yang digunakan adalah semen padang dengan f_{pc} sebesar 42,5 MPa.

Komposisi campuran hasil perhitungan menggunakan persamaan yang diajukan disajikan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Komposisi Campuran Benda Uji dengan f_c Rencana 20 MPa

Campuran	Ukuran butiran maksimum [mm]	No	V_p [m ³]	$\frac{c}{w}$	Air [kg/m ³]	Semen [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]
1	1,2	1	0,50	1,13	371,52	418,87	1306,05
		2	0,55	1,07	332,82	356,25	1436,66
		3	0,60	1,02	294,12	300,85	1567,26
		4	0,65	0,98	255,42	250,99	1697,87
		5	0,70	0,95	216,72	205,49	1828,47
		6	0,80	0,89	139,32	124,29	2089,68
2	2,45	1	0,50	1,13	371,52	418,87	1306,05
		2	0,55	1,07	332,82	356,25	1436,66
		3	0,60	1,02	294,12	300,85	1567,26
		4	0,65	0,98	255,42	250,99	1697,87
		5	0,70	0,95	216,72	205,49	1828,47
		6	0,75	0,92	178,02	163,47	1959,08
		7	0,80	0,89	139,32	124,29	2089,68
3	4,75	1	0,50	1,13	371,52	418,87	1306,05
		2	0,55	1,07	332,82	356,25	1436,66
		3	0,60	1,02	294,12	300,85	1567,26
		4	0,65	0,98	255,42	250,99	1697,87
		5	0,70	0,95	216,72	205,49	1828,47
		6	0,75	0,92	178,02	163,47	1959,08
		7	0,80	0,89	139,32	124,29	2089,68

Tabel 4. Komposisi Campuran Benda Uji dengan f_c Rencana 40 MPa

Campuran	Ukuran butiran maksimum [mm]	No	V_p [m ³]	$\frac{c}{w}$	Air [kg/m ³]	Semen [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]
1	1,2	1	0,50	1,75	371,52	651,98	1306,05
		2	0,55	1,64	332,82	546,09	1436,66
		3	0,60	1,55	294,12	454,63	1567,26
		4	0,65	1,47	255,42	374,27	1697,87
		5	0,70	1,40	216,72	302,62	1828,47
		6	0,80	1,28	139,32	178,93	2089,68
2	2,45	1	0,50	1,75	371,52	651,98	1306,05
		2	0,55	1,64	332,82	546,09	1436,66
		3	0,60	1,55	294,12	454,63	1567,26
		4	0,65	1,47	255,42	374,27	1697,87
		5	0,70	1,40	216,72	302,62	1828,47
		6	0,75	0,92	178,02	163,47	1959,08
		7	0,80	1,28	139,32	178,93	2089,68
3	4,75	1	0,50	1,75	371,52	651,98	1306,05
		2	0,55	1,64	332,82	546,09	1436,66
		3	0,60	1,55	294,12	454,63	1567,26
		4	0,65	1,47	255,42	374,27	1697,87
		5	0,70	1,40	216,72	302,62	1828,47
		6	0,75	1,34	178,02	237,94	1959,08
		7	0,80	1,28	139,32	178,93	2089,68

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil-hasil penelitian diperlihatkan pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Hasil Uji Tekan untuk Kuat Tekan Rencana 20 MPa

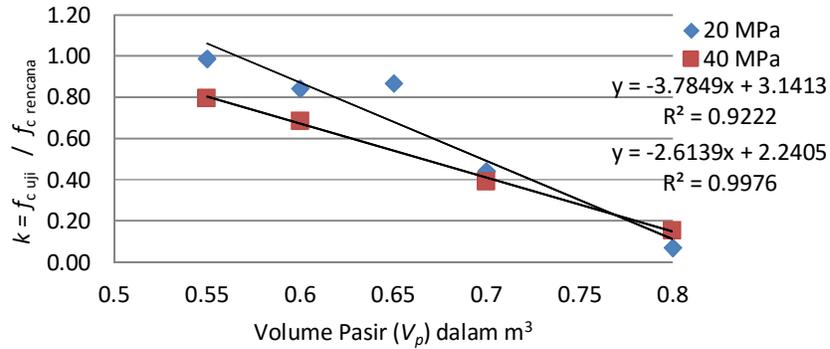
Campuran	Ukuran Butiran Maksimum [mm]	No	V_p [m ³]	$\frac{c}{w}$	Air [kg/m ³]	Semen [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]	f_c Rata-Rata [MPa]	Keterangan
1	1,2	1	0,50	1,13	371,52	418,87	1306,05	-	Sangat lecah, tak dapat dicetak cepat
		2	0,55	1,07	332,82	356,25	1436,66	19,75	Lecak, tak dapat dicetak cepat
		3	0,60	1,02	294,12	300,85	1567,26	16,88	Kurang lecah, dapat dicetak cepat
		4	0,65	0,98	255,42	250,99	1697,87	17,36	Kurang lecah, dapat dicetak cepat
		5	0,70	0,95	216,72	205,49	1828,47	8,9	Makin kurang lecah, dapat dicetak cepat
		6	0,80	0,89	139,32	124,29	2089,68	1,45	Tidak lecah, dapat dicetak cepat
2	2,45	1	0,50	1,13	371,52	418,87	1306,05	-	Sangat lecah, tak dapat dicetak cepat
		2	0,55	1,07	332,82	356,25	1436,66	-	Sangat lecah, tak dapat dicetak cepat
		3	0,60	1,02	294,12	300,85	1567,26	20,19	Lecak dapat dicetak cepat
		4	0,65	0,98	255,42	250,99	1697,87	18,23	Lecak dapat dicetak cepat
		5	0,70	0,95	216,72	205,49	1828,47	14,61	Kurang lecah, dapat dicetak cepat
		6	0,75	0,92	178,02	163,47	1959,08	10,62	Makin kurang lecah, dapat dicetak cepat
		7	0,80	0,89	139,32	124,29	2089,68	6,21	Tidak lecah, dapat dicetak cepat
3	4,75	1	0,50	1,13	371,52	418,87	1306,05	-	Sangat lecah, tak dapat dicetak cepat
		2	0,55	1,07	332,82	356,25	1436,66	-	Sangat lecah, tak dapat dicetak cepat
		3	0,60	1,02	294,12	300,85	1567,26	19,00	Lecak dapat dicetak cepat
		4	0,65	0,98	255,42	250,99	1697,87	22,91	Lecak dapat dicetak cepat
		5	0,70	0,95	216,72	205,49	1828,47	20,91	Lecak dapat dicetak cepat
		6	0,75	0,92	178,02	163,47	1959,08	9,02	Makin kurang lecah, dapat dicetak cepat
		7	0,80	0,89	139,32	124,29	2089,68	5,1	Tidak lecah, dapat dicetak cepat

Tabel 6. Hasil Uji Tekan untuk Kuat Tekan Rencana 40 MPa

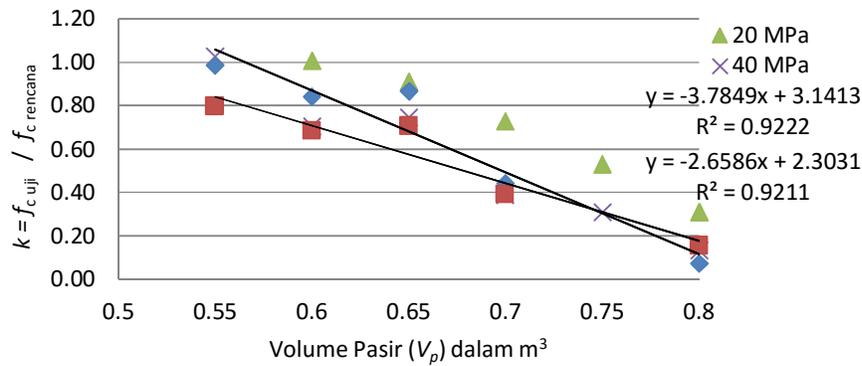
Campuran	Ukuran Butiran Maksimum [mm]	No	V_p [m ³]	$\frac{c}{w}$	Air [kg/m ³]	Semen [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]	f_c Rata-Rata [MPa]	Keterangan
1	1,2	1	0,50	1,75	371,52	651,98	1306,05	-	Lecak, tak dapat dicetak cepat
		2	0,55	1,64	332,82	546,09	1436,66	31,93	Kurang lecak dapat dicetak cepat
		3	0,60	1,55	294,12	454,63	1567,26	27,47	Kurang lecak, dapat dicetak cepat
		4	0,65	1,47	255,42	374,27	1697,87	28,28	Kurang lecak, dapat dicetak cepat
		5	0,70	1,40	216,72	302,62	1828,47	15,73	Makin kurang lecak, dapat dicetak cepat
		6	0,80	1,28	139,32	178,93	2089,68	6,28	Tidak lecak, dapat dicetak cepat
2	2,45	1	0,50	1,75	371,52	651,98	1306,05	-	Sangat lecak, tak dapat dicetak cepat
		2	0,55	1,64	332,82	546,09	1436,66	41,18	Lecak, dapat dicetak cepat
		3	0,60	1,55	294,12	454,63	1567,26	28,16	Kurang lecak, dapat dicetak cepat
		4	0,65	1,47	255,42	374,27	1697,87	29,88	Kurang lecak, dapat dicetak cepat
		5	0,70	1,40	216,72	302,62	1828,47	15,64	Makin kurang lecak, dapat dicetak cepat
		6	0,75	0,92	178,02	163,47	1959,08	12,46	Makin kurang lecak, dapat dicetak cepat
		7	0,80	1,28	139,32	178,93	2089,68	5,35	Tidak lecak, dapat dicetak cepat
3	4,75	1	0,50	1,75	371,52	651,98	1306,05	-	Sangat lecak, tak dapat dicetak cepat
		2	0,55	1,64	332,82	546,09	1436,66	-	Sangat lecak, tak dapat dicetak cepat
		3	0,60	1,55	294,12	454,63	1567,26	37,2	Lecak dapat dicetak cepat
		4	0,65	1,47	255,42	374,27	1697,87	34,97	Kurang lecak dapat dicetak cepat
		5	0,70	1,40	216,72	302,62	1828,47	30,355	Kurang lecak, dapat dicetak cepat
		6	0,75	1,34	178,02	237,94	1959,08	12,37	Makin kurang lecak, dapat dicetak cepat
		7	0,80	1,28	139,32	178,93	2089,68	6,86	Tidak lecak, dapat dicetak cepat

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

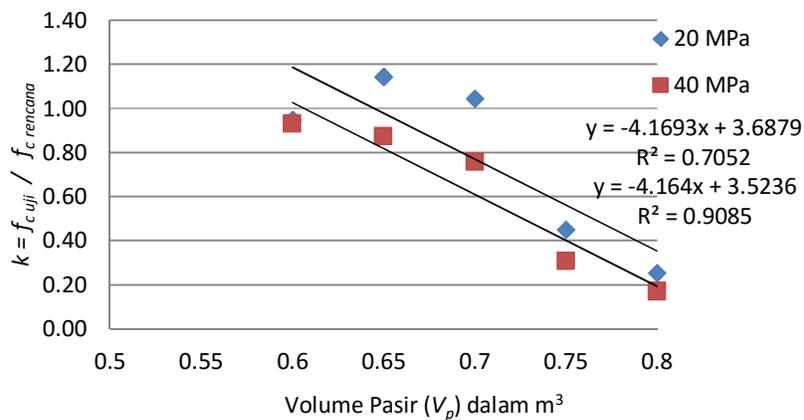
Hasil uji tekan yang tertera pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** disajikan dalam bentuk grafik yang diperlihatkan pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**.



Gambar 2. Grafik relasi K dengan V_p untuk ukuran maksimum butiran pasir 1,2 mm



Gambar 3. Grafik relasi k dengan V_p untuk ukuran maksimum butiran pasir 2,4 mm



Gambar 4. Grafik relasi k dengan V_p untuk ukuran maksimum butiran pasir 4,75 mm

Hasil-hasil pengujian yang tertera pada **Gambar 2**, **Gambar 3** dan **Gambar 4** memperlihatkan fenomena yang serupa yaitu makin tinggi volume pasir dalam campuran bata beton, makin rendah kuat tekan bata beton dari yang seharusnya, yaitu lebih rendah dari kuat tekan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dalam rasio kuat tekan uji terhadap kuat tekan rencana (k).

Fenomena ini terjadi diduga disebabkan oleh berkurangnya kelecakan campuran mortar jika volume pasir bertambah. Berkurangnya kelecakan ditandai dengan makin keringnya campuran dan menyebabkan berkurangnya ikatan atau lekatan antara butiran agregat dengan pasta semen, sehingga mengakibatkan kuat tekan menjadi berkurang. Campuran yang lecah adalah campuran yang memiliki nilai k mendekati 1,0. Jika campuran makin tidak lecah maka nilai k makin kurang dari 1,0.

Berdasarkan pembahasan hasil-hasil penelitian maka **Persamaan 4** dan **Persamaan 5** dapat digunakan untuk merancang komposisi bahan dalam campuran mortar pada pembuatan bata beton (*paving block*) dengan memodifikasi **Persamaan 4** tersebut menjadi **Persamaan 6** dan **Persamaan 7** sebagai berikut:

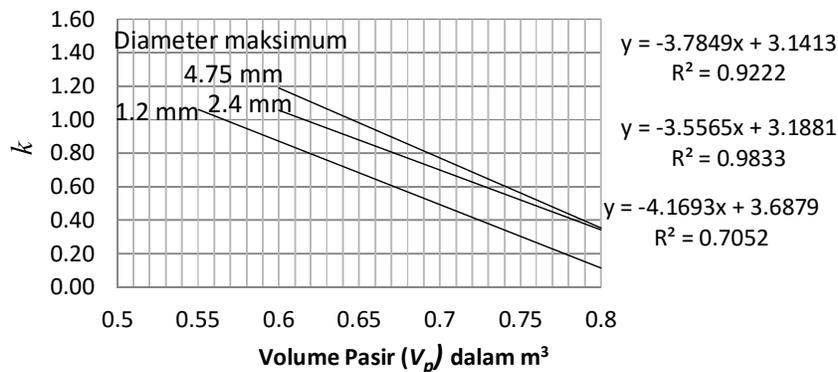
$$f_c = k f_{c \text{ target}} \quad \dots (6)$$

dimana $0 < k \leq 1$

$$f_{c \text{ target}} = 1,5 \cdot V_p \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad \dots (7)$$

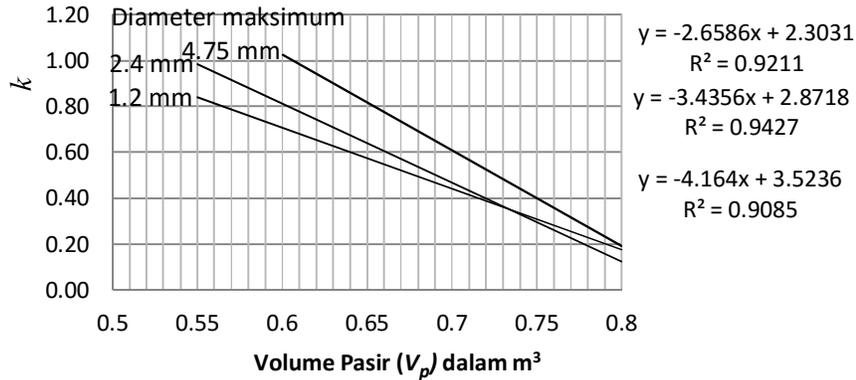
Besarnya faktor koreksi k tertera pada **Gambar 2**, **Gambar 3** dan **Gambar 4**. V_p yang diperoleh dari **Persamaan 2** harus menghasilkan campuran yang lecah. Dari hasil pengujian yang terdapat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6** terdapat volume pasir yang mengakibatkan campuran mortar mengalami segregasi (tidak lecah) untuk semua volume pasir yaitu $0,8 \text{ m}^3$. Oleh karena itu volume pasir maksimum agar campuran mortar dapat lebih lecah maka volume pasir dalam campuran mortar harus lebih kecil dari $0,8 \text{ m}^3$. Volume pasir maksimum yang memenuhi kelecakan dan dapat dicetak cepat untuk semua ukuran butiran maksimum adalah $0,70 \text{ m}^3$.

Relasi nilai k dengan volume pasir untuk suatu $f_{c \text{ target}}$ diperlihatkan pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



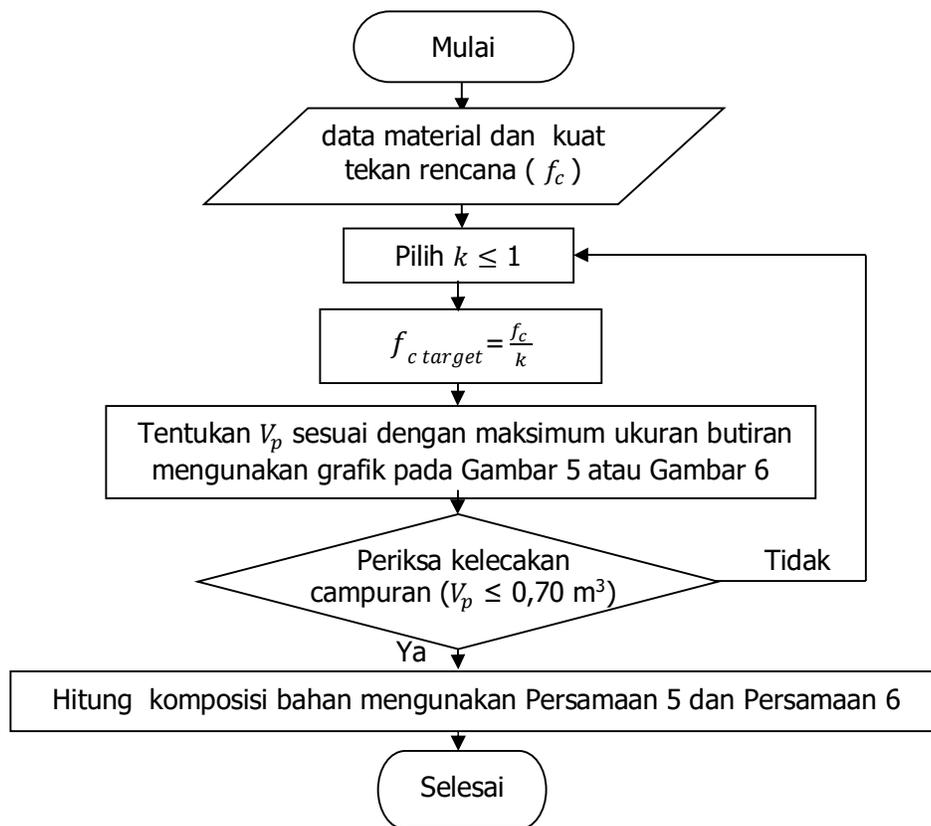
Gambar 5. Grafik relasi antara k dengan V_p untuk $f_{c \text{ target}} = 20 \text{ MPa}$

Studi Mengenai Perancangan Komposisi Bahan dalam Campuran Mortar untuk Pembuatan Bata Beton (*Paving Block*)



Gambar 6. Grafik relasi antara k dengan V_p untuk f_c target = 40 MPa

Langkah-langkah perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar dijelaskan pada **Gambar 7** berikut:



Gambar 7. Perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, analisis dan pembahasan hasil pengujian maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. perancangan komposisi bahan dalam campuran mortar untuk pembuatan bata beton (*paving block*) dapat dilakukan menggunakan persamaan

$$f_{c \text{ target}} = 1,5 \cdot V_p \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad 0,55 \text{ m}^3 \leq V_p \leq 0,7 \text{ m}^3$$

dimana $f_{c \text{ target}} = \frac{f_c}{k} \leq 40 \text{ MPa}$

atau $f_c = k f_{c \text{ target}}$ dengan $0 < k \leq 1$;

2. volume pasir (V_p) maksimum untuk semua ukuran butiran agar tidak terjadi seregrasi pada campuran adalah $0,70 \text{ m}^3$;
3. ditinjau dari ketercapaian kuat tekan rencana (f_c) maka modulus kehalusan pasir yang paling baik untuk membuat campuran mortar adalah lebih besar 2,3.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional (BSNi). (1996). *SNI 03-0691-1996, Bata Beton (Paving Block)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSNi).
- Thesia, Z. (2013), *Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorisse-ITENAS*, Tugas Akhir, tidak diterbitkan. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional.