

BAE V

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

5.1 Umum

Dalam pelaksanaan penelitian ini pembuatan beton K_{300} dengan metode *Dreux* dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Benda uji dibuat sebanyak 160 buah silinder beton, yang meliputi 4 (empat) macam campuran beton, yang dikombinasikan antara 4 (empat) variasi gradasi agregat dengan perbandingan faktor semen-air (C/E) tetap sehingga didapatkan nilai slump yang berbeda.

Setiap variasi campuran beton dibuat benda uji sebanyak 10 (sepuluh) buah silinder yaitu 9 (sembilan) sample percobaan dan 1 (satu) sample cadangan dengan waktu pengujian 7, 14 dan 28 hari.

5.2 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah :

1. Semen Portland

semen portland yang digunakan merk Nusantara dengan data-data sebagai berikut :

- a. semen tipe I, dan
- b. berat jenis semen $3,15 \text{ g/cm}^3$.

2. Agregat Halus

agregat halus yang digunakan adalah pasir alami dengan data-data sebagai berikut :

- a. pasir alami yang digunakan berasal dari kali Boyong, kabupaten Sleman,
- b. berat jenis pasir $2,67 \text{ g/cm}^3$, dan
- c. hasil analisa butiran halus dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil analisa butiran halus

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
4,75	0,65	0,0325	0,0325	99,9675
2,36	55,20	2,7600	2,7925	97,2075
1,18	179,7	8,9850	11,7775	88,2225
0,60	775,35	38,7675	50,5450	49,4550
0,30	625,65	31,2825	81,8275	18,1725
0,15	287,12	14,3560	96,1835	3,8165
sisa	76,33	3,8165	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan		= 243,1585		

$$\text{Modulus halus butir (} M_{hb} \text{) pasir} = \frac{243,1585}{100} = 2,43$$

3. Agregat kasar

agregat kasar yang digunakan berupa kerikil alami dan batu pecah (*Split*) dengan data-data sebagai berikut :

- a. kerikil alami berasal dari kali Boyong, kabupaten Sleman,
- b. berat jenis kering permukaan (SSD) kerikil alami adalah $2,5 \text{ g/cm}^3$,
- c. hasil analisa butiran kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2,

Tabel 5.2 Hasil analisa butiran kasar berupa kerikil alam

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
25,00	-	-	-	100
19,00	876,95	29,2317	29,2317	70,7683
12,50	1423,30	47,4433	76,6750	23,3250
9,50	526,00	17,5333	94,2083	5,7917
4,75	53,90	1,7967	96,0050	3,9950
2,36	105,00	3,5000	99,5050	0,4950
1,18	0,60	0,0200	99,5250	0,4750
0,60	0,90	0,0300	99,5550	0,4450
0,30	1,15	0,0383	99,5933	0,4067
0,15	2,00	0,0667	99,6600	0,3400
sisia	10,20	0,3400	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan		= 793,9583		

$$\text{Modulus halus butir (} M_{hb} \text{) kerikil} = \frac{793,95843}{100} = 7,94$$

- d. batu pecah berasal dari Clereng, kabupaten Kulonprogo,
- e. berat jenis kering permukaan (SSD) adalah $2,67 \text{ g/cm}^3$, dan
- f. hasil analisa butiran kasar dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil analisa butiran kasar berupa batu pecah.

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
25,00	-	-	-	100
19,00	977,80	32,5933	32,5933	67,4067
12,50	1432,85	47,7617	80,3550	19,6450
9,50	405,70	13,5233	93,8783	6,1217
4,75	156,80	5,2267	99,1050	0,8950
2,36	0,70	0,0233	99,1283	0,8717
1,18	0,50	0,0167	99,1450	0,8550
0,60	0,70	0,0233	99,1683	0,8317
0,30	0,75	0,0250	99,1933	0,8067
0,15	1,60	0,0534	99,2467	0,7533
sisia	22,60	0,7533	-	-
Jumlah % komulatif berat tertahan		= 801,832		

$$\text{Modulus halus butir (} M_{hb} \text{) batu pecah} = \frac{801,832}{100} = 8,02$$

Gradasi agregat kasar masing-masing, dari kerikil alam dan batu pecah yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dalam 4 (empat) variasi, yaitu:

1. kerikil alam yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 5mm (V1),
2. kerikil alami yang diolah yaitu terdiri dari fraksi yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm dan fraksi yang lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm (V2),
3. batu pecah yang lolos saringan 25 mm dan tertahan saringan 5mm (V3), dan
4. batu pecah yang diolah yaitu terdiri dari fraksi yang lolos saringan 25 mm tertahan saringan 12,5 mm dan fraksi yang lolos saringan 12,5 mm tertahan saringan 5 mm (V4).

Agregat kasar yang digunakan dalam proses pencampuran adalah agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan (*"Saturated surface dry"*, SSD), karena:

1. merupakan keadaan kebanyakan agregat yang hampir sama dengan agregat didalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pastinya, dan
2. kadar air dilapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD dari pada yang kering tungku.

4. Air.

Air yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5.3 Penentuan Proporsi Campuran Beton dan Pembuatan Benda Uji

Perhitungan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui proporsi bahan susun yang akan dipakai dalam 1 meter kubik beton. Urutan perhitungan campuran beton dengan variasi gradasi agregat kasar dan perbandingan semen-air menggunakan metode *Dreux* adalah sebagai berikut :

- a. Variasi gradasi 1 campuran beton pasir alami dan kerikil alami yang tidak diolah.
 - a. $B_{f_{pasir}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
 - b. $B_{f_{kerikil alami}} (SSD) = 2,5 \text{ g/cm}^3$
 - c. $B_{f_{semen}} = 3,15$ (semen Negeri, $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$).
 - d. Diameter maksimum agregat kasar (D_{maks}) = 25 mm.
 - e. Kuat tekan rencana yang ditetapkan $f'_c = 30 \text{ MPa}$.
 - f. Volume beton ditetapkan setiap 1 m^3 .
1. menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr \text{ kubus}} = f'_c + 1,64 . S_d \quad (S_d = 60)$$

$$\begin{aligned} f'_{cr \text{ kubus}} &= 300 + 1,64 . 60 \quad (f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 . f'_{cr \text{ kubus}}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 . 398,4$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = G \cdot \sigma'_c \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$

Berdasarkan faktor semen-air (C/E) di atas dari gambar 3.1 ditentukan :

variasi perbandingan jumlah semen-air 1, jumlah semen 300 kg/m^3 diperoleh jumlah air 167 kg/m^3 .

2. membuat kurva patokan (*reference*).

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

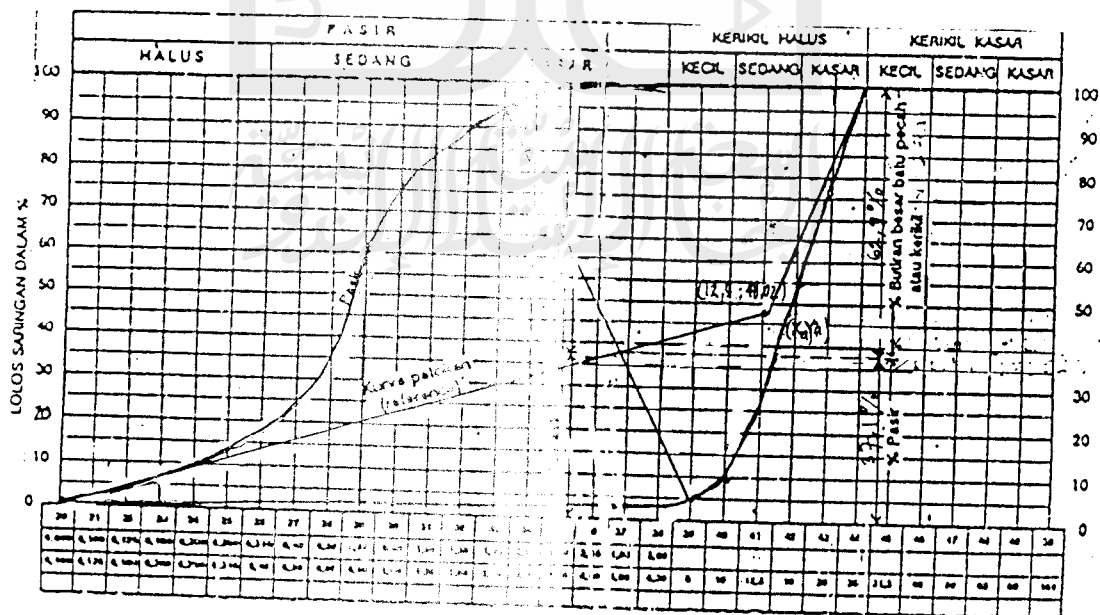
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran } (D) = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +2, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 2 + 1,02$$

$$= 48,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5, 48,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.1 Analisis granulometrik (saringan) dari butiran kerikil alami tanpa diolah (Suhud, 1991)

3. menentukan persentase pasir dan kerikil.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan kerikil alam yang tidak diolah, maka didapat :

- a. pasir = 37 %
- b. kerikil = 63 %

4. menentukan koefisien kekompakan (γ).

Dari Tabel 3.5. dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835.$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,01 = 0,825$$

5. menentukan berat semen, pasir, kerikil dan air.

- a. $\gamma_k = 0,825$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 825 liter untuk 1 m^3 beton.

$$\text{b. Volume absolut semen} = C/B_{\text{semen}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt.}$$

$$\text{c. Volume absolut (pasir + kerikil)} = 825 - 95 = 730 \text{ lt.}$$

$$\text{d. Volume absolut pasir} = 37 \% \times 730 = 270 \text{ lt/m}^3 \text{ beton.}$$

$$\text{e. Volume absolut kerikil} = 63 \% \times 730 = 460 \text{ lt/m}^3 \text{ beton.}$$

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing-masing material dalam tiap 1 m^3 beton, yaitu.

$$\text{a. Semen (C)} = 300 \text{ kg}$$

$$\text{b. Pasir (P)} = 270 \times 2,67 = 721 \text{ kg}$$

$$c. \text{ Kerikil } (K) = 460 \times 2,5 = 1150 \text{ kg}$$

$$d. \text{ Air } (E) = 300/1,8 = 167 \text{ kg}$$

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing –masing bahan susun adalah sebagai berikut :

$$\text{Semen : Pasir : Kerikil : Air} = 17,5 \text{ kg} : 42 \text{ kg} : 67 \text{ kg} : 9,7 \text{ kg}$$

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa krikil alami yang tidak diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 1 selanjutnya dengan jumlah semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (ϕ 5 –25mm) (kg)
VIS2	18,1	10	42	66,5
VIS3	18,7	10,4	41	66
VIS4	19	10,6	41	65,5

2. Variasi campuran beton pasir alami dan kerikil alami yang di olah .

$$a. B_{j_{pasir}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$$

$$b. B_{j_{kerikil \text{ alami}}} (SSD) = 2,5 \text{ g/cm}^3$$

$$c. B_{j_{semen}} = 3,15 \text{ (semen Nusantara } \sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2 \text{)}.$$

$$d. \text{ Diameter maksimum agregat kasar } (D_{maks}) = 25 \text{ mm}.$$

$$e. \text{ Kuat tekan rencana yang disyaratkan } f'_c = 30 \text{ MPa}.$$

$$f. \text{ Volume beton ditetapkan setiap } 1 \text{ m}^3.$$

1. menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr \text{ kubus}} = f'_c + 1,64 \cdot S_d \quad (S_d = 60)$$

$$\begin{aligned} f'_{cr \text{ kubus}} &= 300 + 1,64 \cdot 60 \quad (f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 \cdot f'_{cr \text{ kubus}}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 \cdot 398,4$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = G \cdot \sigma'_{cr} \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$

Berdasarkan faktor semen-air (C/E) atau dari gambar 3.1 ditentukan :
 variasi perbandingan jumlah semen-air 1, semen 300 kg/m^3 diperoleh
 jumlah air 167 kg/m^3

1. membuat kurva patokan (*reference*).

Tentukan titik patah A (X_a , Y_a) :

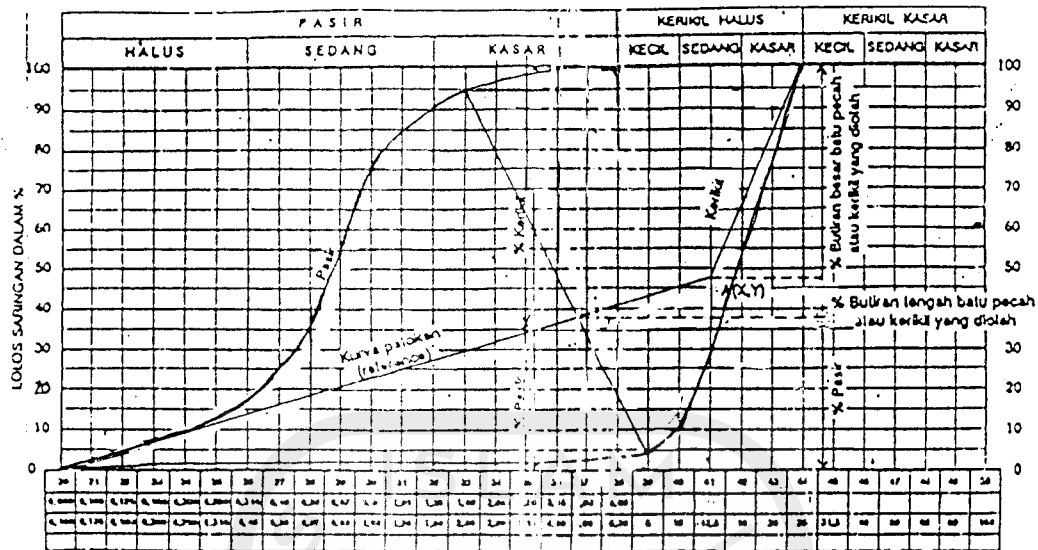
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran (D)} = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K + K_s \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +2, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 2 + 1,02$$

$$= 48,02 \%$$

didapat koordinat titik patah A ($12,5$, $48,02 \%$), dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.2 Analisis Granulometrik (Saringan) Dari Butiran Kerikil Alami Yang Diolah (Suhud, 1991).

2. menentukan persentase pasir dan kerikil.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan kerikil alam yang diolah, maka didapat :

- a. pasir = 37 %
- b. kerikil diameter 5 - 12,5 mm = 9 %
- c. kerikil diameter 12,5 - 25 mm = 54 %

3. menentukan koefisien kekompakan (γ)

Dari tabel 3.5 dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,01 = 0,825$$

4. menentukan berat semen, pasir, kerikil dan air.
 - a. $\gamma_k = 0,825$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 825 liter untuk 1 m^3 beton.
 - b. Volume absolut semen = $CB_{semen} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt}$.
 - c. Volume absolut (pasir + kerikil) = $825 - 95 = 730 \text{ lt}$.
 - d. Volume absolut pasir = $37 \% \times 730 = 270 \text{ lt/m}^3$ beton.
 - e. Volume absolut kerikil ($\phi 5 - 12,5 \text{ mm}$) = $9 \% \times 730 = 66 \text{ lt/m}^3$ beton
 - f. Volume absolut kerikil ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $54 \% \times 730 = 394 \text{ lt/m}^3$ beton

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing- masing material dalam tiap 1 m^3 beton, yaitu :

- g. Semen (C) = 300 kg
- h. Pasir (P) = $270 \times 2,67 = 721 \text{ kg}$
- i. Kerikil (K) ($\phi 5 - 12,5 \text{ mm}$) = $66 \times 2,5 = 165 \text{ kg}$
- j. Kerikil (K) ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $394 \times 2,5 = 985 \text{ kg}$
- k. Air (E) = $300/1,8 = 167 \text{ kg}$

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing –masing bahan susun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &\text{Semen : Pasir : Kerikil } (\phi 5 - 12,5 \text{ mm}) : \text{Kerikil } (\phi 12,5 - 25 \text{ mm}) : \text{Air} \\ &= 17,5 \text{ kg} : 42 \text{ kg} : 10 \text{ kg} : 57 \text{ kg} : 9,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa kerikil alami yang tidak diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 2 selanjutnya dengan jumlah

semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.5 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil ($\phi 5 - 12,5$ mm) (kg)	Kerikil ($\phi 12,5 - 25$ mm) (kg)
V2S2	18,1	10	42	10	56,5
V2S3	18,7	10,4	41	10	56
V2S4	19	10,6	41	10	55,5

3. Variasi campuran beton pasir alami dan batu pecah tanpa diolah.

- a. $B_{j_{pasir}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
 - b. $B_{j_{batu pecah}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
 - c. $B_{j_{semen}} = 3,15$ (semen Nusantara $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$).
 - d. Diameter maksimum agregat kasar (D_{maks}) = 25 mm.
 - e. Kuat tekan rencana yang diisyaratkan $f'_c = 30 \text{ MPa}$.
 - f. Volume beton ditetapkan setiap 1 m^3 .
1. menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr \text{ kubus}} = f'_c + 1,64 . S_d \quad (S_d = 60)$$

$$f'_{cr \text{ kubus}} = 300 + 1,64 . 60 \quad (f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 398,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 . f'_{cr \text{ kubus}}$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 0,83 . 398,4$$

$$f'_{cr \text{ silinder}} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = G . \sigma'_c . (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 . 500 . (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$



Berdasarkan faktor semen-air (C/E) di atas dari gambar 3.1 ditentukan :

variasi perbandingan semen-air 1 , semen 300 kg/m^3 didapat jumlah air 167 kg/m^3 .

2. membuat kurva patokan (reference).

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

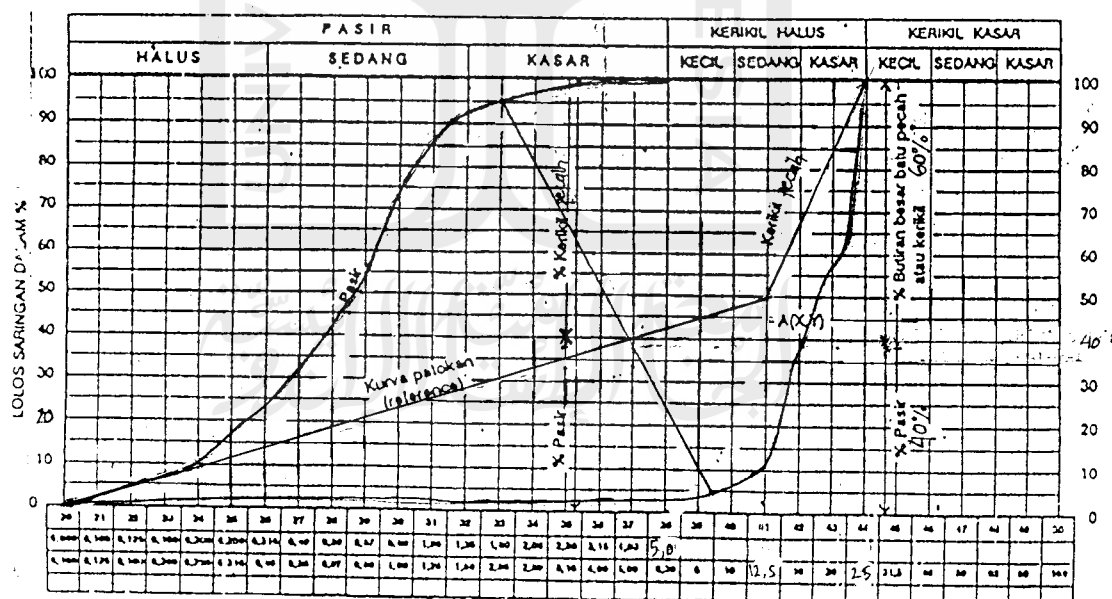
$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran (D)} = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +4, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 4 + 1,02$$

$$= 50,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5, 50,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.



Grafik 5.3 Analisis Granulometrik (Saringan) Dari Butiran Batu Pecah Tanpa Diolah (Suhud, 1991).

3. menentukan persentase pasir dan batu pecah.

Karena butiran berasal dari pasir alam dan batu pecah yang tidak diolah, maka didapat :

- a. pasir = 40 %
- b. Batu pecah = 60 %
- 4. menentukan koefisien kekompakan (γ).

Dari Tabel 3.5 dengan beton kental dan pemadatan normal didapat

$$\gamma = 0,835.$$

Harga $C = 300 \text{ kg/m}^3$, sehingga nilai γ harus dikoreksi sebesar :

$$(C - 350) / 5000 = (300 - 350) / 5000 = -0,01$$

Gabungan Pasir alam + Batu pecah, $K = 0,01$

$$K_{\text{total}} = -0,01 - 0,01 = -0,02$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,02 = 0,815$$

- 5. menentukan berat semen, pasir, batu pecah dan air.
- a. $\gamma_k = 0,815$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 815 liter untuk 1 m^3 beton.
- b. Volume absolut semen = $C / B_{j\text{semen}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt.}$
- c. Volume absolut (pasir + batu pecah) = $815 - 95 = 720 \text{ lt.}$
- d. Volume absolut pasir = $40 \% \times 720 = 288 \text{ lt/m}^3 \text{ beton.}$
- e. Volume absolut batu pecah = $60 \% \times 720 = 432 \text{ lt/m}^3 \text{ beton.}$

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing-masing material dalam tiap 1 m^3 beton, yaitu :

- f. Semen (C) = 300 kg
- g. Pasir (P) = $288 \times 2,67 = 769 \text{ kg}$

h. Batu pecah (KP) = $432 \times 2,67 = 1153$ kg

i. Air (E) = $300/1,8 = 167$ kg

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing-masing bahan susun adalah sebagai berikut:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air = $17,5$ kg : 45 kg : 67 kg : $9,7$ kg

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa krikil alami yang tidak diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 3 selanjutnya dengan jumlah semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (ϕ 5–25mm) (kg)
V3S2	18,1	10	45	66,5
V3S3	18,7	10,4	44	66
V3S4	19,2	10,7	44	65,5

4. Variasi campuran beton pasir alami dan batu pecah yang di olah.

- $B_{j_{pasir}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
- $B_{j_{batu\ pecah}} (SSD) = 2,67 \text{ g/cm}^3$
- $B_{j_{semen}} = 3,15$ (semen Nusantara $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$).
- Diameter maksimum agregat kasar (D_{maks}) = 25 mm .
- Kuat tekan rencana yang disyaratkan $f'_c = 30 \text{ MPa}$.
- Volume beton ditetapkan setiap 1 m^3 .
- menghitung perbandingan jumlah semen-air berdasarkan kuat tekan rata-rata.

$$f'_{cr \text{ kubus}} = f'_c + 1,64 . S_d \quad (S_d = 60)$$

$$\begin{aligned}
 f_{cr} \text{ kubus} &= 300 + 1,64 \cdot 60 & (f_c=300 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 398,4 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$f_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot f_{cr} \text{ kubus}$$

$$f_{cr} \text{ silinder} = 0,83 \cdot 398,4$$

$$f_{cr} \text{ silinder} = 330,672 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = G \cdot \sigma'_c \cdot (C/E - 0,5) \quad (G \text{ diambil sebesar } 0,5)$$

$$330,672 = 0,5 \cdot 500 \cdot (C/E - 0,5) \Rightarrow C/E = 1,8$$

Berdasarkan faktor semen-air (C/E) di atas dari gambar 3.1 ditentukan :

variasi perbandingan semen-air I, jumlah semen 300 kg/m^3 didapat jumlah air 167 kg/m^3 .

1. membuat kurva patokan (reference).

Tentukan titik patah $A (X_a, Y_a)$:

$$X_a = D/2 = 12,5 \text{ cm} \quad (\text{Diameter maksimum butiran (D)} = 25 \text{ mm})$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{D} + K + K_s \quad (\text{Lihat Tabel 3.3, didapat } K = +4, K_s = 1,02)$$

$$= 50 - 5 + 4 + 1$$

$$= 50,02 \%$$

didapat koordinat titik patah $A (12,5, 50,02 \%)$, dan kurva patokan dapat digambarkan.

gabungan pasir alam + batu pecah , $K = 0,01$

$$K_{\text{total}} = -0,01 - 0,01 = -0,02$$

$$\gamma_k = 0,835 - 0,02 = 0,815$$

4. menentukan berat semen, pasir, batu pecah dan air.

a. $\gamma_k = 0,815$, berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah = 815 liter untuk 1 m³ beton.

b. Volume absolut semen = $C / B_{j\text{semen}} = 300 / 3150 = 0,9524 \text{ m}^3 = 95 \text{ lt.}$

c. Volume absolut (pasir + batu pecah) = $815 - 95 = 720 \text{ lt.}$

d. Volume absolut pasir = $40 \% \times 720 = 288 \text{ lt/m}^3 \text{ beton.}$

e. Volume absolut batu pecah ($\phi 5-12,5 \text{ mm}$) = $10 \% \times 720 = 72 \text{ lt/m}^3 \text{ beton}$

f. Volume absolut batu pecah ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $50 \% \times 720 = 360 \text{ lt/m}^3 \text{ beton}$

Hasil di atas dikalikan dengan berat jenisnya, didapat berat masing-masing material dalam tiap 1 m³ beton, yaitu :

a. Semen (C) = 300 kg

b. Pasir (P) = $288 \times 2,67 = 769 \text{ kg}$

c. Batu pecah (KP) ($\phi 5-12,5 \text{ mm}$) = $72 \times 2,67 = 192 \text{ kg}$

d. Batu pecah (KP) ($\phi 12,5 - 25 \text{ mm}$) = $360 \times 2,67 = 961 \text{ kg}$

e. Air (E) = $300/1,8 = 167 \text{ kg}$

Jadi didapatkan dalam satu variasi campuran untuk 10 sample silinder beton perbandingan berat masing –masing bahan susun adalah sebagai berikut :

Semen : Pasir : batu pecah ($\phi 5 - 12,5$ mm): batu pecah ($\phi 12,5 - 25$ mm):

Air = 17,5 kg : 45 kg : 11 kg : 56 kg : 9,7 kg

Dari variasi gradasi agregat kasar berupa batu pecah yang diolah dengan perhitungan seperti di atas , maka variasi gradasi 4 selanjutnya dengan jumlah semen yang berbeda komposisi campurannya dalam satuan berat dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Komposisi campuran tiap variasi dalam satuan berat

Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah ($\phi 5 - 12,5$ mm) (kg)	Batu pecah ($\phi 12,5 - 25$ mm) (kg)
V4S2	18,1	10,03	45	11	55,5
V4S3	18,7	10,4	44	11	55
V4S4	19,24	10,7	44	11	54,5

5.4 Proses Pencampuran

Langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. semua bahan dan alat untuk campuran beton disiapkan dan di bersihkan,
2. bahan susun beton ditimbang sesuai perbandingan berat diatas , kemudian diaduk menjadi satu berturut-turut, agregat kasar , agregat halus, semen dan air,
3. sementara itu cetakan silinder diatur dan di olesi oli sebagai pelumas serta kunci silinder dikencangkan,
4. setelah adukan beton benar-benar bercampur, segera dilakukan pengukuran slump dengan kerucut abrams dengan diameter atas 10 cm diameter bawah 10 cm dan tinggi 30 cm,

Langkah pengukuran slump sebagai berikut :

- a. isi kerucut 1/3 bagian ,
- b. tusuk-tusuk sebanyak 25x,
- c. begitu seterusnya sampai bagian atas kerucut penuh,
- d. angkat kerucut secara vertikal dan ukur penurunannya .

hasil pengukuran slump selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

5. kemudian dilakukan pengisian kedalam cetakan secara bertahap , pengisian beton 1/3 cetakan dan ditusuk –tusuk dengan tongkat baja, begitu juga tahap selanjutnya sampai cetakan penuh, ratakan permukaannya dan ketuk-ketuk,
6. biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan letakan pada tempat yang lembab dan bebas dari getaran, dan
7. setelah 24 jam cetakan dapat dibuka untuk perawatan beton dapat dimasukkan dalam air atau ditutup karung yang basah sampai satu hari sebelum pengujian.

5.5 Hasil Pengukuran Slump

Hasil pengukuran slump untuk masing – masing variasi adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8. Hasil pengukuran slump

Variasi Gradasi dan perbandingan jumlah semen-air	Slump (cm)
V1S1	9,5
V1S2	10,2
V1S3	13,3
V1S4	10,1
V2S1	6,8
V2S2	7,5
V2S3	7,1
V2S4	7,4
V3S1	5,5
V3S2	5,6
V3S3	5,1
V3S4	6,5
V4S1	6,6
V4S2	6,9
V4S3	5,5
V4S4	6,2

5.4 Proses Pengujian Benda Uji.

Untuk mengetahui kekuatan beton yang telah di buat dilakukan pengujian desak beton dengan menggunakan alat uji desak merk “ *Controls* ” yang dilakukan setelah benda uji berumur 7 , 14 dan 28 hari. Pengujian dengan memberi beban pada silinder dengan tingkatan tertentu sampai terjadi keruntuhan (“ *Failure* ”). Benda uji diletakkan pada alat uji tepat ditengah agar penekanan dapat mencapai maksimal. Kekuatan uji desak dapat dihitung dengan cara membagi beban maximum yang diterima dengan luas permukaan benda uji atau mengikuti rumus sebagai berikut :

$$\tau_b = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (5.1.)$$

Dimana : τ_b adalah kuat tekan beton
 P adalah beban maximal yang diterima silinder beton
 A adalah luas penampang silinder beton.

5.5 Pengujian Benda Uji

Faktor konversi 1 kN = 101,971 kg.

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton berdasarkan variasi gradasi dengan perbandingan semen- air tetap dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, dan Tabel 5.11.

Tabel 5.9. Hasil pengujian umur 7 hari.

Variasi		No.	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)
V1	V1S1	1	256,566	251,274
		2	243,843	
		3	253,392	
	V1S2	1	227,021	242,969
		2	241,642	
		3	260,244	
	V1S3	1	256,782	251,573
		2	232,631	
		3	265,306	
	V1S4	1	207,408	224,913
		2	231,534	
		3	235,797	
V2	V2S1	1	298,367	278,536
		2	295,989	
		3	241,253	
	V2S2	1	298,367	308,168
		2	323,141	
		3	302,995	
	V2S3	1	332,020	308,132
		2	246,153	
		3	346,223	
	V2S4	1	300,861	315,090
		2	312,851	
		3	331,559	
V3	V3S1	1	233,791	233,915
		2	208,166	
		3	259,787	
	V3S2	1	274,963	243,025
		2	235,217	
		3	245,896	
	V3S3	1	273,935	283,529
		2	287,938	
		3	288,711	
	V3S4	1	285,253	277,311
		2	270,182	
		3	276,498	
V4	V4S1	1	253,669	259,429
		2	248,126	
		3	276,493	
	V4S2	1	250,728	244,957
		2	234,261	
		3	249,883	
	V4S3	1	281,362	308,821
		2	319,510	
		3	325,592	
	V4S4	1	303,754	308,468
		2	323,141	
		3	298,509	

Tabel 5.10 Hasil pengujian umur 14 hari

Variasi		No.	Kuat tekan (kg / cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg / cm ²)
V1	VIS1	1	324,569	292,542
		2	287,938	
		3	265,120	
	VIS2	1	255,768	278,537
		2	326,296	
		3	253,558	
	VIS3	1	282,749	262,382
		2	245,896	
		3	258,502	
	VIS4	1	273,373	321,942
		2	329,381	
		3	363,072	
V2	V2S1	1	384,068	346,151
		2	288,904	
		3	365,480	
	V2S2	1	365,480	366,248
		2	389,795	
		3	343,469	
	V2S3	1	362,565	372,788
		2	373,425	
		3	382,377	
	V2S4	1	349,108	365,474
		2	364,425	
		3	274,459	
V3	V3S1	1	281,566	282,159
		2	290,452	
		3	290,452	
	V3S2	1	294,518	270,071
		2	272,296	
		3	243,399	
	V3S3	1	392,110	362,913
		2	349,945	
		3	346,685	
	V3S4	1	332,646	314,144
		2	305,319	
		3	304,486	
V4	V4S1	1	309,954	297,902
		2	295,233	
		3	288,518	
	V4S2	1	308,705	279,594
		2	248,457	
		3	281,621	
	V4S3	1	352,389	364,133
		2	389,501	
		3	350,509	
	V4S4	1	366,419	351,864
		2	378,726	
		3	310,446	

Tabel 5.11. Hasil pengujian umur 28 hari

Variasi		No.	Kuat tekan (kg / cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg / cm ²)
V1	V1S1	1	324,005	344,741
		2	349,574	
		3	360,643	
	V1S2	1	337,828	341,649
		2	343,192	
		3	343,926	
	V1S3	1	343,926	338,153
		2	337,405	
		3	333,128	
	V1S4	1	386,615	373,573
		2	366,415	
		3	367,684	
V2	V2S1	1	392,635	422,283
		2	435,664	
		3	438,545	
	V2S2	1	429,316	433,753
		2	435,098	
		3	436,846	
	V2S3	1	435,640	446,640
		2	436,219	
		3	468,059	
	V2S4	1	432,195	410,385
		2	367,342	
		3	431,618	
V3	V3S1	1	328,211	335,808
		2	354,918	
		3	324,295	
	V3S2	1	341,500	334,319
		2	316,805	
		3	344,113	
	V3S3	1	450,303	451,365
		2	434,516	
		3	469,276	
	V3S4	1	346,565	367,164
		2	347,029	
		3	407,899	
V4	V4S1	1	296,923	339,021
		2	348,542	
		3	371,598	
	V4S2	1	364,038	344,349
		2	344,715	
		3	324,295	
	V4S3	1	365,480	388,284
		2	403,926	
		3	395,445	
	V4S4	1	415,467	428,918
		2	410,526	
		3	460,762	