



BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan

Sebelum *mix design* dan pembuatan benda uji, maka diperlukan tahap untuk melakukan pengujian terhadap material-material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian terhadap material dimaksud untuk mengetahui kualitas dari setiap material yang akan digunakan. Material yang telah diuji diantaranya adalah agregat halus (Pasir Muntilan), agregat kasar (split), dan air. Pengujian bahan dan pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata.

Pasir yang digunakan memiliki tekstur yang kasar dan berwarna coklat ke abu-abuan.



Gambar 4.1 Pasir Muntilan

Agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah kerikil yang berukuran 1:2, yang berarti tertahan saringan no. 4 dan memiliki ukuran maksimal 4 cm.



Gambar 4.2 Agregat Kasar

Material berikutnya adalah Gresik *Portland Cement*.



Gambar 4.3 Gresik Portland Cement

4.1.1. Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian analisis saringan agregat halus merujuk pada SNI ASTM C136:2012. Berikut ini merupakan langkah-langkah pengujian analisis saringan agregat halus.

1. Peralatan dan benda uji dipersiapkan terlebih dahulu. Benda uji agregat halus berupa pasir muntulan dengan berat 500 gram.
2. Benda uji dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.



a. Memasukkan Pasir b. Mengatur Suhu dan Waktu

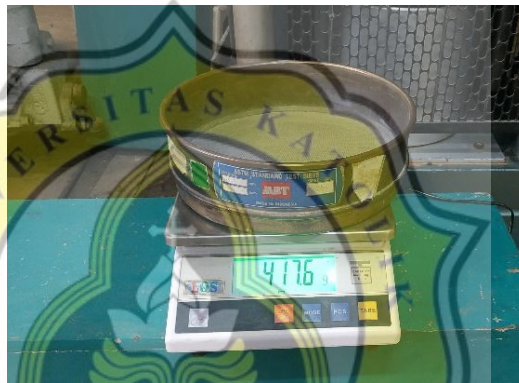
Gambar 4.4 Proses Pengeringan Agregat Halus

3. Pasir muntulan yang sudah dikeringkan, ditimbang kembali untuk mengetahui berat akhir setelah dikeringkan.



Gambar 4.5 Menimbang Pasir

4. Saringan ditimbang satu persatu sesuai dengan nomor saringan.



Gambar 4.6 Menimbang Saringan

5. Saringan kemudian disusun dari saringan yang paling besar sampai saringan yang paling kecil.



Gambar 4.7 Saringan Yang Sudah Tersusun

6. Benda uji dimasukkan ke dalam saringan.
7. Kemudian saringan yang telah tersusun diletakkan diatas mesin pengguncang. Saringan diguncang selama 15 menit.



Gambar 4.8 Pengguncang Saringan

8. Benda uji dan saringan ditimbang. Berat benda uji yang tertahan di masing-masing nomor saringan dapat dihitung.

Berdasarkan pengujian analisis saringan agregat halus yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Nomor saringan = $\frac{3}{8}$
Ukuran Saringan = 9,5 mm
Berat Tertahan = 0
% Tertahan = 0%
% Tertahan Kumulatif = 0%
% Lolos Kumulatif = 0%
2. Nomor saringan = 4
Ukuran Saringan = 4,75 mm
Berat Tertahan = 3,2 gr
% Tertahan = $\frac{3,2}{498,1} \times 100\% = 0,642\%$
% Tertahan Kumulatif = $0\% + 0,642\% = 0,642\%$
% Lolos Kumulatif = $100\% - 0,642\% = 99,358\%$
3. Nomor saringan = 8
Ukuran Saringan = 2,36 mm
Berat Tertahan = 159,5 gr
% Tertahan = $\frac{159,5}{498,1} \times 100\% = 32,022\%$



% Tertahan Kumulatif	= 0,643% + 32,022% = 32,665 %
% Lolos Kumulatif	= 99,357% - 32,022% = 67,335%
4. Nomor saringan	= 16
Ukuran Saringan	= 1,18 mm
Berat Tertahan	= 104,9 gr
% Tertahan	= $\frac{104,9}{498,1} \times 100\% = 21,060\%$
% Tertahan Kumulatif	= 32,665% + 21,060% = 53,725%
% Lolos Kumulatif	= 67,335% - 21,060% = 46,275%
5. Nomor saringan	= 30
Ukuran Saringan	= 0,6 mm
Berat Tertahan	= 89,8 gr
% Tertahan	= $\frac{89,8}{498,1} \times 100\% = 18,030\%$
% Tertahan Kumulatif	= 53,725% + 18,030% = 71,755%
% Lolos Kumulatif	= 46,275% - 18,030% = 28,245%
6. Nomor saringan	= 50
Ukuran Saringan	= 0,3 mm
Berat Tertahan	= 74,9 gr
% Tertahan	= $\frac{74,9}{498,1} \times 100\% = 15,040\%$
% Tertahan Kumulatif	= 71,755% + 15,040% = 86,795%
% Lolos Kumulatif	= 28,245% - 15,040% = 13,205%
7. Nomor saringan	= 100
Ukuran Saringan	= 0,15 mm
Berat Tertahan	= 53,7 gr
% Tertahan	= $\frac{53,7}{498,1} \times 100\% = 10,780\%$
% Tertahan Kumulatif	= 86,795% + 10,780% = 97,575%
% Lolos Kumulatif	= 13,205% - 10,780% = 2,425%
8. Nomor saringan	= 200
Ukuran Saringan	= 0,075 mm
Berat Tertahan	= 12,1 gr



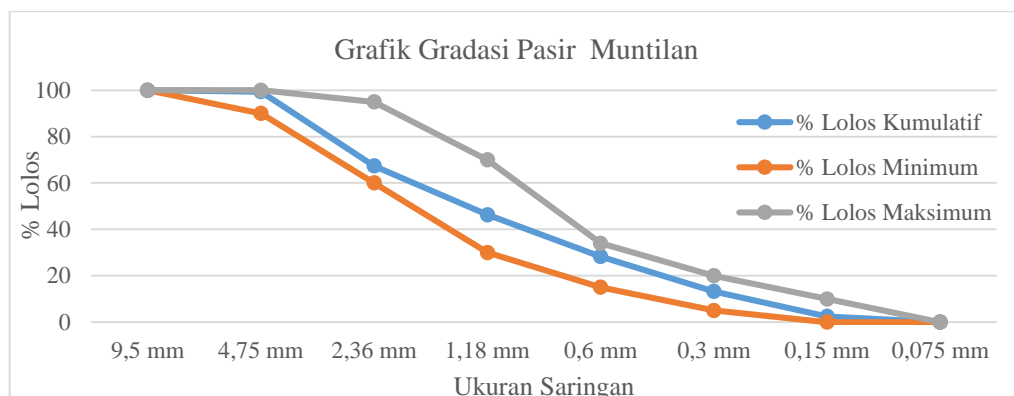
$$\begin{aligned} \% \text{ Tertahan} &= \frac{12,1}{498,1} \times 100\% = 2,430\% \\ \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 97,575\% + 2,430\% = 100\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 2,425\% - 2,430\% = 0\% \end{aligned}$$

Berdasarkan data-data dari setiap no. saringan yang telah dihitung, maka modulus kehalusan agregat halus dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \% \text{ Tertahan Kumulatif (no } \frac{3}{8} \text{-200)}}{100} \\ &= \frac{0+0,643+32,665+53,725+71,755+86,795+97,575+100}{100} \\ &= \frac{443,158}{100} \\ &= 4,432 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Hasil Analisis Saringan Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif (%)	Lolos Kumulatif (%)	Pasir Kasar SNI 03-2834-2000
-	0,000	0,000	0,000	0,000	-
9,500	0,000	0,000	0,000	0,000	100-100
4,750	3,200	0,643	0,643	99,357	90-100
2,360	159,500	32,022	32,665	67,335	60-95
1,180	104,900	21,060	53,725	46,275	30-70
0,600	89,800	18,030	71,755	28,245	15-34
0,300	74,900	15,040	86,795	13,205	5-20
0,150	53,700	10,780	97,575	2,425	0-10
0,075	12,100	2,430	100	0,000	0,000
Total Berat	498,100	Modulus Kehalusan Butir = 4,432			



Gambar 4.9 Grafik Gradasi Agregat Halus



Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian analisa saringan agregat halus didapatkan modulus kehalusan sebesar 4,432 yang dapat dikategorikan sebagai pasir kasar.

4.1.2. Analisis Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

SNI 1970:2008 merupakan acuan yang dipakai dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Berdasarkan SNI tersebut, langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus direndam dalam air selama 24 jam sebanyak 500 gram.



Gambar 4.10 Merendam Agregat Halus Selama 24 Jam

2. Setelah direndam selama 24 jam air sisa rendaman dibuang.
3. Agregat halus kemudian dikeringkan dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).
4. Selanjutnya melakukan pengecekan kondisi SSD, dengan cara sebagian contoh dimasukkan ke dalam cetakan kerucut. Agregat halus di dalam kerucut dipadatkan dengan cara menumbuk 25 kali menggunakan besi pematik.



Gambar 4.11 Agregat Halus Dalam Kerucut

5. Kemudian kerucut diangkat dan dilihat hasilnya, jika agregat halus mengalami runtuh atau longsor maka agregat tersebut dalam kondisi SSD.



Gambar 4.12 Hasil Pengecekan SSD

6. Setelah itu, piknometer kosong ditimbang dan piknometer yang berisi air ditimbang.



Gambar 4.13 Menimbang Piknometer

7. Setelah agregat halus dalam keadaan SSD, agregat dimasukkan ke dalam piknometer.



Gambar 4.14 Agregat Halus Dalam Piknometer

8. Piknometer yang telah terisi agregat halus, kemudian diisi dengan air hingga mencapai garis merah yang terdapat pada piknometer.



Gambar 4.15 Piknometer Berisi Agregat Halus dan Air

9. Pycnometer dikocok untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara.
10. Pycnometer yang berisi agregat halus dan air ditimbang kembali.



Gambar 4.16 Menimbang Pycnometer Berisi Agregat Halus dan Air

11. Kemudian agregat halus dikeluarkan dari pycnometer.
12. Agregat halus yang telah dikeluarkan, selanjutnya dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
13. Setelah dioven selama 24 jam, agregat halus dikeluarkan dan didiamkan selama 30-60 menit atau sampai tidak panas. Kemudian agregat halus ditimbang kembali, kemudian dicatat.



Gambar 4.17 Menimbang Agregat Halus Setelah Dioven

Berdasarkan langkah-langkah pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- A. Berat piknometer = 168,7 gr
- B. Berat contoh dalam keadaan SSD = 500 gr
- C. Berat piknometer+air+contoh SSD = 894,8 gr
- D. Berat piknometer+contoh SSD = 668,7 gr
- E. Berat contoh kering = 338 gr

Berdasarkan data-data di atas, langkah selanjutnya yang dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Apparent Spec. Grav} \left(\frac{E}{E+D-C} \right) = \left(\frac{338}{338+668,7-894,8} \right) = 3,021 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi Kering} \left(\frac{E}{B+D-C} \right) = \left(\frac{338}{500+668,7-894,8} \right) = 1,234 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi SSD} \left(\frac{B}{B+D-C} \right) = \left(\frac{500}{500+668,7-894,8} \right) = 1,825 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Penyerapan Air} \left(\frac{B-E}{E} \right) \times 100\% = \left(\frac{500-338}{338} \right) \times 100\% = 47,928 \%$$

Berdasarkan data dari pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus sebagai berikut yang telah dirangkum dalam Tabel. 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Keterangan	Hasil Percobaan
<i>Apparent Specific Gravity</i> (gr/cm ³)	3,021
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (gr/cm ³)	1,234
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (gr/cm ³)	1,825
% Penyerapan Air	47,928

4.1.3. Analisis Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

SNI 1969:2008 merupakan acuan yang dipakai dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Berdasarkan SNI tersebut, langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar direndam dalam air selama 24 jam sebanyak 1000 gram.



Gambar 4.18 Merendam Agregat Kasar Selama 24 Jam

2. Setelah direndam selama 24 jam air sisa rendaman dibuang.
3. Agregat kasar kemudian dikeringkan dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).
4. Selanjutnya melakukan pengecekan kondisi SSD dengan cara mengeringkan benda uji dengan handuk atau kain yang dapat menyerap air.



Gambar 4.19 Agregat Kasar Dikeringkan Dengan Kain

5. Kemudian setelah dikeringkan dengan kain, agregat kasar mengalami SSD.



Gambar 4.20 Hasil Pengecekan SSD

6. Setelah itu, piknometer kosong ditimbang dan piknometer yang berisi air ditimbang.



Gambar 4.21 Menimbang Piknometer

7. Setelah agregat kasar dalam keadaan SSD, agregat dimasukkan ke dalam piknometer.



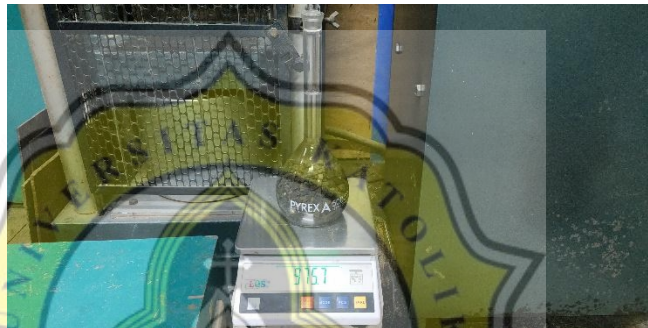
Gambar 4.22 Memasukkan Agregat Kasar ke Dalam Piknometer

8. Piknometer yang telah terisi agregat kasar, kemudian diisi dengan air hingga mencapai garis merah yang terdapat pada piknometer.



Gambar 4.23 Piknometer Berisi Agregat Kasar dan Air

9. Pycnometer dikocok untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara.
10. Pycnometer yang berisi agregat kasar dan air ditimbang kembali.



Gambar 4.24 Menimbang Pycnometer Berisi Agregat Kasar dan Air

11. Kemudian agregat kasar dikeluarkan dari pycnometer.
12. Agregat kasar yang telah dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
13. Setelah dioven selama 24 jam, agregat kasar dikeluarkan dan didiamkan selama 30-60 menit atau sampai tidak panas. Kemudian agregat kasar ditimbang kembali, dan dicatat hasilnya.



Gambar 4.25 Menimbang Agregat Kasar Setelah Dioven

Berdasarkan langkah-langkah pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata, maka didapatkan hasil sebagai berikut:



- a. Berat piknometer = 168,7 gr
- b. Berat contoh dalam keadaan SSD = 500 gr
- c. Berat piknometer+air+contoh SSD = 975,9 gr
- d. Berat piknometer+contoh SSD = 666,5 gr
- e. Berat contoh kering = 471,4 gr

Berdasarkan data-data di atas, langkah selanjutnya yang dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Apparent Spec. Grav} \left(\frac{E}{E+D-C} \right) = \left(\frac{471,4}{471,4+666,5-975,9} \right) = 2,91 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi Kering} \left(\frac{E}{B+D-C} \right) = \left(\frac{471,4}{500+666,5-975,9} \right) = 2,473 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi SSD} \left(\frac{B}{B+D-C} \right) = \left(\frac{500}{500+666,5-975,9} \right) = 2,623 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Penyerapan Air} \left(\frac{B-E}{E} \right) \times 100\% = \left(\frac{500-471,4}{471,4} \right) \times 100\% = 6,07 \%$$

Berdasarkan data dari pengujian yang telah dilakukan, maka didapat hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar sebagai berikut yang telah dirangkum dalam Tabel. 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Keterangan	Hasil Percobaan
<i>Apparent Specific Gravity</i> (gr/cm ³)	2,91
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (gr/cm ³)	2,473
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (gr/cm ³)	2,623
% Penyerapan Air	6,07

4.1.4. Analisis Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian kadar air untuk agregat halus dan agregat kasar dilakukan berdasarkan (SNI) 03-1970-1990. Berikut ini merupakan langkah kerja dari pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar:

1. Menimbang berat wadah.



Gambar 4.26 Menimbang Wadah

2. Masukkan agregat kasar/agregat halus kemudian timbang dan catat beratnya.



Gambar 4.27 Menimbang Wadah dan Agregat

3. Menghitung berat benda uji.
4. Masukkan wadah yang berisi agregat halus / agregat kasar ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
5. Menimbang benda uji dalam keadaan kering beserta wadah.



Gambar 4.28 Menimbang Wadah dan Agregat Keadaan Kering

6. Menghitung berat benda uji kering.

Berdasarkan langkah-langkah pengujian yang telah dilakukan di laboratorium Beton Universitas Katolik Soegijapranata, maka didapatkan hasil kadar air agregat halus (Pasir Muntilan) :



- a. Berat Wadah = 77,7 gr
- b. Berat Wadah + Benda Uji = 577,7 gr
- c. Berat Benda Uji = 500 gr
- d. Berat Benda Uji Kering = 490,5 gr
- e. Kadar Air $\left(\frac{C-D}{D}\right) \times 100\%$ = $\left(\frac{500-490,5}{490,5}\right) \times 100\%$
= 1,937 %

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka kadar air yang dimiliki agregat kasar adalah:

- a. Berat Wadah = 69 gr
- b. Berat Wadah + Benda Uji = 569 gr
- c. Berat Benda Uji = 500 gr
- d. Berat Benda Uji Kering = 486 gr
- e. Kadar Air $\left(\frac{C-D}{D}\right) \times 100\%$ = $\left(\frac{500-486}{486}\right) \times 100\%$
= 2,88 %

Dari perhitungan data yang telah dilakukan, maka dapat diketahui kadar air dari agregat halus (Pasir Muntilan) sebesar 1,937 %. Untuk perhitungan kadar air agregat kasar (Split Sleman) sebesar 2,88 %.

4.1.5. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Uji kadar lumpur mengacu pada SNI 2816:2014. Langkah kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan agregat halus sebesar 300 gram, kemudian dikeringkan di dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
2. Agregat halus yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam gelas ukur setinggi 130 ml.



Gambar 4.29 Gelas Ukur Berisi Agregat Halus

- Selanjutnya gelas ukur yang berisi agregat halus ditambahkan larutan NaOH 3% sampai ketinggiannya mencapai 200 ml kemudian ditutup dengan plastik.



Gambar 4.30 Menambahkan Larutan NaOH

- Berikutnya mengocok campuran tersebut selama kurang lebih 30 menit kemudian didiamkan selama 24 jam.



Gambar 4.31 Agregat Halus Setelah dikocok dan didiamkan

5. Mengukur perbedaan tinggi pasir dan lumpur pada 3 sisi gelas ukur dan kemudian dirata-rata hasilnya.

Dari langkah pengujian yang telah dilaksanakan, perhitungan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Pasir + lumpur = 180 ml
- Tinggi Pasir = 169 ml
- Tinggi lumpur = 11 ml
- Kandungan lumpur = $\frac{C}{A} \times 100\%$
= $\frac{11}{180} \times 100\%$
= 6,1%

Berdasarkan perhitungan di atas, kandungan lumpur pada agregat halus adalah sebesar 6,1% sehingga untuk pembuatan beton, kadar lumpur tersebut melebihi batas maksimal kadar lumpur yang diperbolehkan yaitu sebesar 5%. Maka dari itu, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan untuk bahan pembuat beton.

4.2. Perhitungan Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

Setelah dilakukan pengujian terhadap material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji, maka pada sub bab ini akan dijelaskan langkah-langkah



yang akan dilakukan dalam pembuatan sampel beton yang nantinya akan dilakukan uji kuat tekan. Pembuatan campuran beton dilakukan dengan mengacu SNI 7394:2008. Target kuat tekan beton yang dibikin adalah f'_c 18,68 MPa, dengan perbandingan semen 371 kg, pasir 698 kg, kerikil 1047 kg, air 215 kg, dan *water ratio* 0,58. Perbandingan berat tersebut digunakan untuk membuat 1 m³ beton. Berikut merupakan perhitungan untuk membuat 9 benda uji dengan kadar (0%, 2%, 4%, 6%) yang akan dilakukan pengujian hari ke 7, 21, dan 28 hari. Total benda uji yang dibuat adalah 36 benda uji.

a. Volume cetakan silinder

$$\begin{aligned} &= (\pi \times r^2 \times t) \\ &= (\pi \times 0,075^2 \times 0,30) \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Semen (371 Kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Berat semen} \times n \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 371 \times 9 \\ &= 17,7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c. Pasir (698 Kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Berat pasir} \times n \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 698 \times 9 \\ &= 33,3 \text{ Kg} \end{aligned}$$

d. Agregat Kasar (1047 Kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Berat Agregat Kasar} \times n \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 1047 \times 9 \\ &= 49,9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

e. Air (215 Kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Air} \times n \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 215 \times 9 \\ &= 10,3 \text{ Kg} \end{aligned}$$



- f. *Microsilica* kadar 2% (354 gram)
= Berat semen \times Kadar *microsilica* \times n
= $17,7 \times 2\%$
= 0,354 Kg
- g. *Microsilica* kadar 4% (708 gram)
= Berat semen \times Kadar *microsilica* \times n
= $17,7 \times 4\%$
= 0,708 Kg
- h. *Microsilica* kadar 6% (1062 gram)
= Berat semen \times Kadar *microsilica* \times n
= $17,7 \times 6\%$
= 1,062 Kg

Dari hasil perhitungan *mix design* diatas berdasarkan SNI 7394:2008, maka dapat disimpulkan untuk membuat 9 benda uji untuk tiap kadar (0%, 2%, 4%, dan 6%) dibutuhkan Semen 17,7 Kg; Pasir 33,3 Kg; Agregat Kasar 49,9 Kg; Air 10,3 Kg; *Microsilica* 2% 0,354 Kg; *Microsilica* 4% 0,708 Kg; dan *Microsilica* 6% 1,062 Kg.

4.3. Pembuatan Benda Uji

Pada Sub bab ini penulis menjelaskan langkah kerja yang dilakukan selama proses penelitian dilakukan. Pembuatan benda uji dibagi menjadi 4 tahap. Tahap pertama merupakan pembuatan beton normal atau dengan *microsilica* kadar 0%, tahap kedua merupakan pembuatan benda uji dengan bahan tambah *microsilica* kadar sebesar 2%, tahap ketiga merupakan pembuatan benda uji dengan bahan tambah *microsilica* kadar sebesar 4%, tahap keempat merupakan pembuatan benda uji dengan bahan tambah *microsilica* kadar sebesar 6%. Berikut merupakan langkah kerja dalam pembuatan benda uji:

1. Pembuatan Benda Uji Beton Normal (0%)

Pembuatan benda uji beton normal dilakukan dengan membuat 9 benda uji. Beton yang telah dibuat akan diukur kuat tekan beton pada umur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pengujian dilakukan dengan menguji 3 benda uji tiap

umurnya. Berikut merupakan langkah kerja dari pembuatan beton normal atau kadar *microsilica* 0% :

- a. Menyediakan semen sejumlah 17,7 kg. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland merek Gresik. Semen ditimbang dengan timbangan ketelitian 0,01 kg.



Gambar 4.32 Menimbang Semen

- b. Menyediakan agregat halus sejumlah 33,3 kg. Jenis agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Muntilan. Pasir dilakukan penyaringan dengan saringan no. 4 yang memiliki ukuran 0,5 cm. Setelah dilakukan penyaringan maka dilakukan pencucian terhadap pasir yang lolos saringan no 4. Tujuan dari pencucian pasir adalah menghilangkan kadar lumpur yang terdapat dalam pasir. Pencucian dilakukan dengan cara mengambil sebagian pasir ke dalam wadah, lalu dilakukan penyiraman pasir dengan air bersih dan dilakukan pengadukan secara manual dengan tangan hingga air menjadi keruh. Hal ini dilakukan berulang kali hingga air yang diaduk ke pasir menjadi lebih jernih dan tidak ada gelembung yang naik.



Gambar 4.33 Menimbang Pasir

- c. Menyediakan agregat kasar sejumlah 49,9 kg. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Sleman. Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran yang tertahan saringan no 4 dan maksimal 4 cm. Agregat dilakukan pencucian terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Pencucian dilakukan dengan cara memasukan agregat kasar ke wadah dan dilakukan penyiraman hingga agregat terendam oleh air. Hal ini dilakukan berulang kali hingga warna air berubah dari coklat tua menjadi jernih. Jika air menjadi jernih, maka menandakan agregat kasar sudah bebas dari kadar lumpur.



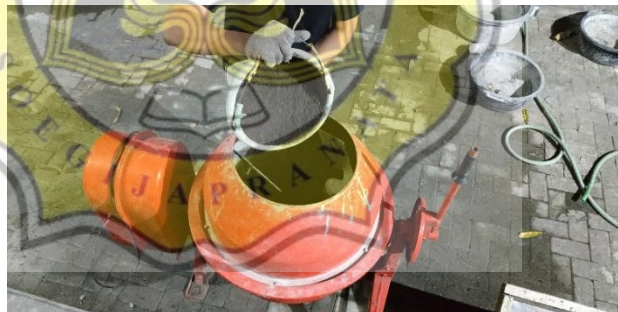
Gambar 4.34 Mencuci Agregat Kasar

- d. Menyediakan air bersih sejumlah 10,3 kg. Air yang digunakan diambil dari laboratorium bahan bangunan Unika Soegijapranata. Pengambilan air dilakukan dengan menggunakan ember dan timbangan dengan ketelitian 0,1 kg.
- e. Setelah menyediakan material yang telah ditimbang sesuai dengan ketentuan, maka tahap selanjutnya adalah menyiapkan peralatan untuk pengujian *slump test* dan pembuatan benda uji. Alat untuk pengujian *slump test* diantaranya adalah kerucut Abrams, besi ukuran 16 mm, plat besi dengan ketebalan 9 mm, dan meteran. Alat yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji diantaranya adalah alas untuk pembuatan beton yang terbuat dari seng dan kayu, cetok, dan sekop.



Gambar 4.35 Material dan Alat Siap Digunakan

- f. Setelah material dan alat disediakan maka proses pembuatan benda uji siap untuk dilakukan. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan *concrete mixer*, hal ini disebabkan keterbatasan wadah untuk pembuatan 9 benda uji secara bersama. Pembuatan benda uji dilakukan 3 kali dengan cara membagi material yang sudah disiapkan menjadi 3. Langkah awal adalah menuangkan agregat halus dan agregat kasar ke dalam *concrete mixer*. Kemudian menghidupkan *concrete mixer* untuk melakukan pengadukan hingga agregat halus dan agregat kasar tercampur secara merata.



Gambar 4.36 Penuangan Agregat Halus ke *Concrete Mixer*



Gambar 4.37 Penuangan Agregat Kasar ke *Concrete Mixer*

Tahap selanjutnya adalah menuangkan semen yang sudah ditakar lalu dilakukan pengadukan hingga agregat halus, agregat kasar, dan semen tercampur secara merata.



Gambar 4.38 Penuangan Semen ke *Concrete Mixer*

Selanjutnya adalah penuangan air ke dalam campuran, penuangan dilakukan secara bertahap yaitu $\frac{1}{3}$ dari takaran dituangkan lalu dilakukan pengadukan hingga semua material dapat tercampur secara merata. Jika campuran material sudah mulai tercampur maka dilakukan penambahan air hingga $\frac{3}{3}$ dan dilakukan pengadukan hingga material benar benar tercampur secara homogen dan dapat dikatakan menjadi beton.

- g. Tahap berikutnya merupakan mencari nilai *slump test*, target nilai *slump* adalah 12 ± 2 yang memiliki arti memiliki nilai terendah 10 cm dan nilai tertinggi 14 cm. Langkah awal adalah menyiapkan plat besi sebagai alas dari kerucut Abrams. Selanjutnya adalah memasukan adukan beton yang sudah jadi secara bertahap yaitu setiap $\frac{1}{3}$ bagian dari kerucut dilakukan rojokan dengan menggunakan besi 16 sebanyak 8 kali. Ketika kerucut Abrams telah terisi penuh dengan beton maka diratakan dengan cetok dan dilakukan rojokan sebanyak 9 kali. Total jumlah rojokan yang dilakukan dalam pengujian *slump test* sebanyak 25 kali.



Gambar 4.39 Adukan Beton Sedang Dirojok

Tahap selanjutnya adalah mengangkat kerucut Abrams secara perlahan dan meletakkan kerucut Abrams di samping beton yang tercetak. Selanjutnya melakukan pengukuran nilai *slump test*, dengan cara meletakkan besi 16 secara horizontal diatas kerucut Abrams selanjutnya dilakukan pengukuran tinggi dari muka paling atas beton yang telah jatuh hingga ke besi 16. Hasil nilai *slump test* dari pembuatan benda uji dengan kadar *microsilica* 0% adalah 12 cm. Nilai slump diperlihatkan pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40 Nilai *Slump*

- h. Selanjutnya memasukan adukan beton ke cetakan silinder yang telah disediakan. Jumlah cetakan silinder yang digunakan sebanyak 9 silinder. Proses memasukan adukan beton dilakukan dengan menggunakan cetok dan dilakukan rojokan secara merata hingga beton di dalam silinder menjadi lebih padat, hal ini dilakukan dengan tujuan

menghindari adanya keropos pada beton. Memasukkan adukan beton ke dalam cetakan diperlihatkan pada Gambar 4.41.



Gambar 4.41 Memasukkan Adukan ke dalam Cetakan

- i. Penyimpanan benda uji dilakukan di tempat yang terhindar dari paparan sinar matahari. Penyimpanan benda uji dilakukan selama 24 jam, tahap selanjutnya adalah pelepasan benda uji dari cetakan silinder.



Gambar 4.42 Penyimpanan Benda Uji



Gambar 4.43 Pelepasan Cetakan Benda Uji

- j. Berikut merupakan tahap akhir dari pembuatan benda uji, yaitu tahap perawatan (*curing*). *Curing* dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2002 yang berisi perawatan beton minimal dilakukan 7 hari. *Curing* untuk penelitian benda uji dilakukan selama 7 hari dari benda uji dibuat.



Gambar 4.44 Perawatan Benda Uji

2. Pembuatan Benda Uji Beton dengan Kadar *Microsilica* (2%)

Pembuatan benda uji beton dengan kadar 2% *microsilica* dilakukan dengan membuat 9 benda uji. Beton yang telah dibuat akan diukur kuat tekan beton pada umur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pengujian dilakukan dengan menguji 3 benda uji tiap umurnya. Berikut merupakan langkah kerja dari pembuatan beton normal atau kadar *microsilica* 2%:

- a. Menyediakan semen sejumlah 17,7 kg. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland merek Gresik. Semen ditimbang dengan timbangan ketelitian 0,1 kg.



Gambar 4.45 Gresik *Portland Cement*

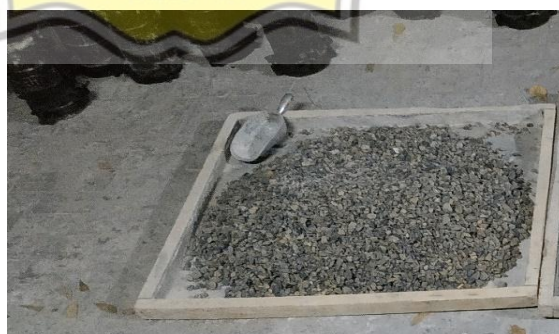
- b. Menyediakan agregat halus sejumlah 33,3 kg. Jenis agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Muntilan. Pasir dilakukan penyaringan dengan saringan no. 4 yang memiliki ukuran 0,5 cm. Setelah dilakukan penyaringan maka dilakukan pencucian terhadap pasir yang lolos saringan no. 4. Tujuan dari pencucian pasir adalah menghilangkan kadar lumpur yang terdapat dalam pasir. Pencucian dilakukan dengan cara mengambil sebagian pasir ke dalam wadah, lalu dilakukan penyiraman pasir dengan air bersih dan dilakukan

pengadukan secara manual dengan tangan hingga air menjadi keruh. Hal ini dilakukan berulang kali hingga air yang diaduk ke pasir menjadi lebih jernih dan tidak ada gelembung yang naik.



Gambar 4.46 Pasir Muntilan

- c. Menyediakan agregat kasar sejumlah 49,9 kg. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Sleman. Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran yang tertahan saringan no 4 dan maksimal 4 cm. Agregat dilakukan pencucian terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Pencucian dilakukan dengan cara memasukan agregat kasar ke wadah dan dilakukan penyiraman hingga agregat terendam oleh air. Hal ini dilakukan berulang kali hingga warna air berubah dari coklat tua menjadi jernih. Jika air menjadi jernih, maka menandakan agregat kasar sudah bebas dari kadar lumpur.



Gambar 4.47 Agregat Kasar

- d. Menyediakan air bersih sejumlah 10,3 kg. Air yang digunakan diambil dari laboratorium beton Unika Soegijapranata. Pengambilan air dilakukan dengan menggunakan ember dan timbangan dengan ketelitian 0,1 kg.

- e. Menyediakan bahan tambah *microsilica* seberat 354 gram. *Microsilica* diambil menggunakan cetok dan wadah kecil. Penimbangan dilakukan dengan timbangan dengan ketelitian 0,001 kg.



Gambar 4.48 *Microsilica*

- f. Setelah menyediakan material yang telah ditimbang sesuai dengan ketentuan, maka tahap selanjutnya adalah menyiapkan peralatan untuk pengujian *slump test* dan pembuatan benda uji. Alat untuk pengujian *slump test* diantaranya adalah kerucut Abrams, besi ukuran 16 mm, plat besi dengan ketebalan 9 mm, dan meteran. Alat yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji diantaranya adalah alas untuk pembuatan beton yang terbuat dari seng dan kayu, cetok, dan sekop.
- g. Setelah material dan alat disediakan maka proses pembuatan benda uji siap untuk dilakukan. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan *concrete mixer*, hal ini disebabkan keterbatasan wadah untuk pembuatan 9 benda uji secara bersama. Pembuatan benda uji dilakukan 3 kali dengan cara membagi material yang sudah disiapkan menjadi 3. Langkah awal adalah menuangkan agregat halus dan agregat kasar ke dalam *concrete mixer*. Kemudian menghidupkan *concrete mixer* untuk melakukan pengadukan hingga agregat halus dan agregat kasar tercampur secara merata.



Gambar 4.49 Penuangan Agregat Halus ke *Concrete Mixer*



Gambar 4.50 Penuangan Agregat Kasar ke *Concrete Mixer*

Tahap selanjutnya adalah menuangkan semen yang sudah ditakar lalu dilakukan pengadukan hingga agregat halus, agregat kasar, dan semen tercampur secara merata.



Gambar 4.51 Menuang Semen ke *Concrete Mixer*

Selanjutnya adalah menuangkan *microsilica* secara merata dan dilakukan pengadukan hingga *microsilica* tercampur dengan material lainnya. Selanjutnya adalah penuangan air ke dalam campuran, penuangan dilakukan secara bertahap yaitu $\frac{1}{3}$ dari takaran dituangkan lalu dilakukan pengadukan hingga semua material dapat tercampur secara merata. Jika campuran material sudah mulai tercampur maka dilakukan penambahan air hingga $\frac{3}{3}$ dan dilakukan pengadukan

hingga material benar benar tercampur secara homogen dan dapat dikatakan menjadi beton.

- h. Tahap berikutnya merupakan mencari nilai *slump test*, target nilai *slump* adalah 12 ± 2 yang memiliki arti memiliki nilai terendah 10 cm dan nilai tertinggi 14 cm. Langkah awal adalah menyiapkan plat besi sebagai alas dari kerucut Abrams. Selanjutnya adalah memasukan adukan beton yang sudah jadi secara bertahap yaitu setiap 1/3 bagian dari kerucut dilakukan rojokan dengan menggunakan besi 16 sebanyak 8 kali. Ketika kerucut Abrams telah terisi penuh dengan beton maka diratakan dengan cetok dan dilakukan rojokan sebanyak 9 kali. Total jumlah rojokan yang dilakukan dalam pengujian *slump test* sebanyak 25 kali. Tahap selanjutnya adalah mengangkat kerucut Abrams secara perlahan dan meletakkan kerucut Abrams disamping beton yang tercetak. Selanjutnya melakukan pengukuran nilai *slump test*, dengan cara meletakkan besi 16 secara horizontal diatas kerucut Abrams selanjutnya dilakukan pengukuran tinggi dari muka paling atas beton yang telah jatuh hingga ke besi 16. Hasil nilai *slump test* dari pembuatan benda uji dengan kadar *microsilica* 2% adalah 14 cm.



Gambar 4.52 Nilai *Slump* Kadar 2%

- i. Berikut merupakan tahap akhir dari pembuatan benda uji yaitu memasukan adukan beton ke cetakan silinder yang telah disediakan. Jumlah cetakan silinder yang digunakan sebanyak 9 silinder. Proses memasukan adukan beton dilakukan dengan menggunakan cetok dan dilakukan rojokan secara merata hingga beton di dalam silinder menjadi

lebih padat, hal ini dilakukan dengan tujuan menghindari adanya keropos pada beton.



Gambar 4.53 Memasukkan Adukan ke dalam Cetakan

- j. Selanjutnya beton didiamkan selama 24 jam, baru dibuka. Kemudian perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam air selama 7 hari. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari, dan diangkat pada hari ke 6 kemudian didiamkan selama 24 jam sebelum pengujian. Sebelum melakukan pengujian, benda uji di *capping* dengan belerang.



Gambar 4.54 Pelepasan Cetakan



Gambar 4.55 Perawatan Beton

3. Pembuatan Benda Uji Beton dengan Kadar *Microsilica* (4%)

Pembuatan benda uji beton dengan kadar 4% *microsilica* dilakukan dengan membuat 9 benda uji. Beton yang telah dibuat akan diukur kuat tekan beton pada umur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pengujian dilakukan

dengan menguji 3 benda uji tiap umurnya. Berikut merupakan langkah kerja dari pembuatan beton normal atau kadar *microsilica* 4%:

- a. Menyediakan semen sejumlah 17,7 kg. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland merek Gresik. Semen ditimbang dengan timbangan digital ketelitian 0,01 kg.



Gambar 4.56 Menimbang Semen

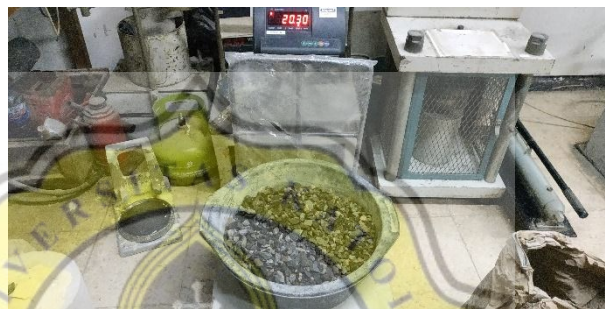
- b. Menyediakan agregat halus sejumlah 33,3 kg. Jenis agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Muntilan. Pasir dilakukan penyaringan dengan saringan no 4 yang memiliki ukuran 0,5 cm. Setelah dilakukan penyaringan maka dilakukan pencucian terhadap pasir yang lolos saringan no 4. Tujuan dari pencucian pasir adalah menghilangkan kadar lumpur yang terdapat dalam pasir. Pencucian dilakukan dengan cara mengambil sebagian pasir ke dalam wadah, lalu dilakukan penyiraman pasir dengan air bersih dan dilakukan pengadukan secara manual dengan tangan hingga air menjadi keruh. Hal ini dilakukan berulang kali hingga air yang diaduk ke pasir menjadi lebih jernih dan tidak ada gelembung yang naik.



Gambar 4.57 Pasir Ditimbang

- c. Menyediakan agregat kasar sejumlah 49,9 kg. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Sleman. Agregat kasar yang digunakan

memiliki ukuran yang tertahan saringan no 4 dan maksimal 4 cm. Agregat dilakukan pencucian terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Pencucian dilakukan dengan cara memasukan agregat kasar ke wadah dan dilakukan penyiraman hingga agregat terendam oleh air. Hal ini dilakukan berulang kali hingga warna air berubah dari coklat tua menjadi jernih. Jika air menjadi jernih, maka menandakan agregat kasar sudah bebas dari kadar lumpur.



Gambar 4.58 Agregat Kasar Ditimbang

- d. Menyediakan air bersih sejumlah 10,3 kg. Air yang digunakan diambil dari laboratorium beton Unika Soegijapranata. Pengambilan air dilakukan dengan menggunakan ember dan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 kg.
- e. Menyediakan bahan tambah *microsilica* seberat 708 gram. *Microsilica* diambil menggunakan cetok dan wadah kecil. Penimbangan dilakukan dengan timbangan dengan ketelitian 0,001 kg. *Microsilica* ditimbang ditunjukkan pada Gambar 4.59.



Gambar 4.59 Menimbang *Microsilica*

- f. Setelah menyediakan material yang telah ditimbang sesuai dengan ketentuan, maka tahap selanjutnya adalah menyiapkan peralatan untuk

pengujian *slump test* dan pembuatan benda uji. Alat untuk pengujian *slump test* diantaranya adalah kerucut Abrams, besi ukuran 16 mm, plat besi dengan ketebalan 9 mm, dan meteran. Alat yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji diantaranya adalah alas untuk pembuatan beton yang terbuat dari seng dan kayu, cetok, dan sekop.

- g. Setelah material dan alat disediakan maka proses pembuatan benda uji siap untuk dilakukan. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan *concrete mixer*, hal ini disebabkan keterbatasan wadah untuk pembuatan 9 benda uji secara bersama. Pembuatan benda uji dilakukan 3 kali dengan cara membagi material yang sudah disiapkan menjadi 3. Langkah awal adalah menuangkan agregat halus dan agregat kasar ke dalam *concrete mixer*. Kemudian menghidupkan *concrete mixer* untuk melakukan pengadukan hingga agregat halus dan agregat kasar tercampur secara merata (Homogen). Penuangan agregat halus ke dalam *concrete mixer* diperlihatkan pada Gambar 4.60 dan penuangan agregat kasar diperlihatkan pada Gambar 4.61.



Gambar 4.60 Menuangkan Agregat Halus ke dalam *Concrete Mixer*



Gambar 4.61 Menuangkan Agregat Kasar ke dalam *Concrete Mixer*

Tahap selanjutnya adalah menuangkan semen yang sudah ditakar lalu dilakukan pengadukan hingga agregat halus, agregat kasar, dan semen tercampur secara merata.



Gambar 4.62 Menuangkan Semen ke dalam *Concrete Mixer*

Selanjutnya adalah menuangkan *microsilica* secara merata dan dilakukan pengadukan hingga *microsilica* tercampur dengan material lainnya. Selanjutnya adalah penuangan air ke dalam campuran, penuangan dilakukan secara bertahap yaitu $\frac{1}{3}$ dari takaran dituangkan lalu dilakukan pengadukan hingga semua material dapat tercampur secara merata. Jika campuran material sudah mulai tercampur maka dilakukan penambahan air hingga $\frac{3}{3}$ dan dilakukan pengadukan hingga material benar benar tercampur secara homogen dan dapat dikatakan menjadi beton.

- h. Tahap berikutnya merupakan mencari nilai *slump test*, target nilai *slump* adalah 12 ± 2 yang memiliki arti memiliki nilai terendah 10 cm dan nilai tertinggi 14 cm. Langkah awal adalah menyiapkan plat besi sebagai alas dari kerucut Abrams. Selanjutnya adalah memasukan adukan beton yang sudah jadi secara bertahap yaitu setiap $\frac{1}{3}$ bagian dari kerucut dilakukan rojokan dengan menggunakan besi 16 sebanyak 8 kali. Ketika kerucut Abrams telah terisi penuh dengan beton maka diratakan dengan cetok dan dilakukan rojokan sebanyak 9 kali. Total jumlah rojokan yang dilakukan dalam pengujian *slump test* sebanyak 25 kali. Tahap selanjutnya adalah mengangkat kerucut Abrams secara perlahan dan meletakan kerucut Abrams di samping beton yang tercetak. Selanjutnya melakukan pengukuran nilai *slump test*, dengan cara meletakan besi 16 secara horizontal diatas kerucut Abrams

selanjutnya dilakukan pengukuran tinggi dari muka paling atas beton yang telah jatuh hingga ke besi 16. Hasil nilai *slump test* dari pembuatan benda uji dengan kadar *microsilica* 4% adalah 14 cm.



Gambar 4.63 Nilai Slump Kadar 4%

- i. Berikut merupakan tahap akhir dari pembuatan benda uji yaitu memasukkan adukan beton ke cetakan silinder yang telah disediakan. Jumlah cetakan silinder yang digunakan sebanyak 9 silinder. Proses memasukkan adukan beton dilakukan dengan menggunakan cetok dan dilakukan rojokan secara merata hingga beton di dalam silinder menjadi lebih padat, hal ini dilakukan dengan tujuan menghindari adanya keropos pada beton. Memasukkan adukan beton ke dalam cetakan ditunjukkan pada Gambar 4.64.



Gambar 4.64 Menuangkan Adukan ke dalam Cetakan

- j. Penyimpanan benda uji dilakukan di tempat yang terhindar dari paparan sinar matahari. Penyimpanan benda uji dilakukan selama 24 jam, tahap selanjutnya adalah pelepasan benda uji dari cetakan silinder.



Gambar 4.65 Melepas Cetakan

- k. Berikut merupakan tahap akhir dari pembuatan benda uji, yaitu tahap perawatan (*curing*). *Curing* dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2002 yang berisi perawatan beton minimal dilakukan 7 hari. *Curing* untuk penelitian benda uji dilakukan selama 7 hari dari benda uji dibuat.



Gambar 4.66 Perawatan Benda Uji

4. Pembuatan Benda Uji Beton dengan Kadar *Microsilica* (6%)

Pembuatan benda uji beton dengan kadar 6% *microsilica* dilakukan dengan membuat 9 benda uji. Beton yang telah dibuat akan diukur kuat tekan beton pada umur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pengujian dilakukan dengan menguji 3 benda uji tiap umurnya. Berikut merupakan langkah kerja dari pembuatan beton normal atau kadar *microsilica* 6%:

- a. Menyediakan semen sejumlah 17,7 kg. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland merek Gresik. Semen ditimbang dengan timbangan ketelitian 0,01 kg.



Gambar 4.67 Menimbang Semen

- b. Menyediakan agregat halus sejumlah 33,3 kg. Jenis agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Muntilan. Pasir dilakukan penyaringan dengan saringan no 4 yang memiliki ukuran 0,5 cm. Setelah dilakukan penyaringan maka dilakukan pencucian terhadap pasir yang lolos saringan no 4. Tujuan dari pencucian pasir adalah menghilangkan kadar lumpur yang terdapat dalam pasir. Pencucian dilakukan dengan cara mengambil sebagian pasir ke dalam wadah, lalu dilakukan penyiraman pasir dengan air bersih dan dilakukan pengadukan secara manual dengan tangan hingga air menjadi keruh. Hal ini dilakukan berulang kali hingga air yang diaduk ke pasir menjadi lebih jernih dan tidak ada gelembung yang naik.



Gambar 4.68 Menimbang Pasir

- c. Menyediakan agregat kasar sejumlah 49,9 kg. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Sleman. Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran yang tertahan saringan no 4 dan maksimal 4 cm. Agregat dilakukan pencucian terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Pencucian dilakukan dengan cara memasukan agregat kasar ke wadah dan dilakukan penyiraman hingga agregat terendam oleh air. Hal ini

dilakukan berulang kali hingga warna air berubah dari coklat tua menjadi jernih. Jika air menjadi jernih, maka menandakan agregat kasar sudah bebas dari kadar lumpur.



Gambar 4.69 Menimbang Kerikil

- d. Menyediakan air bersih sejumlah 10,3 kg. Air yang digunakan diambil dari laboratorium beton Unika Soegijapranata. Pengambilan air dilakukan dengan menggunakan ember dan timbangan dengan ketelitian 0,1 kg.
- e. Menyediakan bahan tambah *microsilica* seberat 1062 gram. *Microsilica* diambil menggunakan cetok dan wadah kecil. Penimbangan dilakukan dengan timbangan dengan ketelitian 0,001 kg.



Gambar 4.70 Menimbang *Microsilica*

- f. Setelah menyediakan material yang telah ditimbang sesuai dengan ketentuan, maka tahap selanjutnya adalah menyiapkan peralatan untuk pengujian *slump test* dan pembuatan benda uji. Alat untuk pengujian *slump test* diantaranya adalah kerucut Abrams, besi ukuran 16 mm, plat besi dengan ketebalan 9 mm, dan meteran. Alat yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji diantaranya adalah alas untuk pembuatan beton yang terbuat dari seng dan kayu, cetok, dan sekop.

- g. Setelah material dan alat disediakan maka proses pembuatan benda uji siap untuk dilakukan. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan *concrete mixer*, hal ini disebabkan keterbatasan wadah untuk pembuatan 9 benda uji secara bersama. Pembuatan benda uji dilakukan 3 kali dengan cara membagi material yang sudah disiapkan menjadi 3. Langkah awal adalah menuangkan agregat halus dan agregat kasar ke dalam *concrete mixer*. Kemudian menghidupkan *concrete mixer* untuk melakukan pengadukan hingga agregat halus dan agregat kasar tercampur secara merata.



Gambar 4.71 Menuang Agregat Halus ke dalam *Concrete Mixer*



Gambar 4.72 Menuang Agregat Kasar ke dalam *Concrete Mixer*

Tahap selanjutnya adalah menuangkan semen yang sudah ditakar lalu dilakukan pengadukan hingga agregat halus, agregat kasar, dan semen tercampur secara merata.



Gambar 4.73 Menuangkan Semen ke dalam *Concrete Mixer*

Selanjutnya adalah menuangkan *microsilica* secara merata dan dilakukan pengadukan hingga *microsilica* tercampur dengan material lainnya. Selanjutnya adalah penuangan air ke dalam campuran, penuangan dilakukan secara bertahap yaitu $\frac{1}{3}$ dari takaran dituangkan lalu dilakukan pengadukan hingga semua material dapat tercampur secara merata. Jika campuran material sudah mulai tercampur maka dilakukan penambahan air hingga $\frac{3}{3}$ dan dilakukan pengadukan hingga material benar benar tercampur secara homogen dan dapat dikatakan menjadi beton.



Gambar 4.74 Beton

- g. Tahap berikutnya merupakan mencari nilai *slump test*, target nilai *slump* adalah 12 ± 2 yang memiliki arti memiliki nilai terendah 10 cm dan nilai tertinggi 14 cm. Langkah awal adalah menyiapkan plat besi sebagai alas dari kerucut Abrams. Selanjutnya adalah memasukan adukan beton yang sudah jadi secara bertahap yaitu setiap $\frac{1}{3}$ bagian dari kerucut dilakukan rojokan dengan menggunakan besi 16 sebanyak 8 kali. Ketika kerucut Abrams telah terisi penuh dengan beton maka diratakan dengan cetok dan dilakukan rojokan sebanyak 9 kali. Total jumlah rojokan yang dilakukan dalam pengujian *slump test* sebanyak 25 kali.



Gambar 4.75 Merojok Beton Dalam Cetakan

Tahap selanjutnya adalah mengangkat kerucut Abrams secara perlahan dan meletakkan kerucut Abrams di samping beton yang tercetak. Selanjutnya melakukan pengukuran nilai *slump test*, dengan cara meletakkan besi 16 secara horizontal diatas kerucut Abrams selanjutnya dilakukan pengukuran tinggi dari muka paling atas beton yang telah jatuh hingga ke besi 16. Hasil nilai *slump test* dari pembuatan benda uji dengan kadar *microsilica* 6% adalah 14 cm.



Gambar 4.76 Nilai Slump Kadar 6%

- h. Berikut merupakan tahap akhir dari pembuatan benda uji yaitu memasukan adukan beton ke cetakan silinder yang telah disediakan. Jumlah cetakan silinder yang digunakan sebanyak 9 silinder. Proses memasukan adukan beton dilakukan dengan menggunakan cetok dan dilakukan rojokan secara merata hingga beton di dalam silinder menjadi lebih padat, hal ini dilakukan dengan tujuan menghindari adanya keropos pada beton.



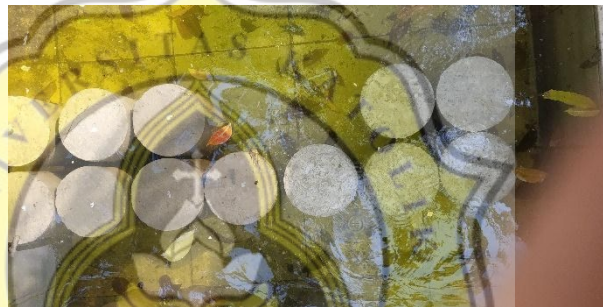
Gambar 4.77 Memasukkan Beton ke dalam Cetakan

- i. Penyimpanan benda uji dilakukan di tempat yang terhindar dari paparan sinar matahari. Penyimpanan benda uji dilakukan selama 24 jam, tahap selanjutnya adalah pelepasan benda uji dari cetakan silinder.



Gambar 4.78 Melepas Cetakan

- j. Berikut merupakan tahap akhir dari pembuatan benda uji, yaitu tahap perawatan (*curing*). *Curing* dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2002 yang berisi perawatan beton minimal dilakukan 7 hari. *Curing* untuk penelitian benda uji dilakukan selama 7 hari dari benda uji dibuat.



Gambar 4.79 Perawatan Benda Uji

4.4. Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan benda uji merupakan bagian langkah kerja pembuatan benda uji yang nantinya akan dilakukan pengujian kuat tekan beton, yaitu tahap perawatan (*curing*). *Curing* dilakukan berdasarkan SNI 2847:2013 yang berisi perawatan beton minimal dilakukan 7 hari. *Curing* untuk penelitian benda uji dilakukan selama 7 hari dari benda uji dibuat. Metode *curing* pada penelitian ini dilakukan dengan cara merendam benda uji dengan air bersih pada bak penampungan air yang berlokasi di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata.

4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada hari ke 7, 21, dan 28 hari. Tata cara pengujian kuat tekan beton berdasarkan acuan SNI 1974:2011. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengukur dan mengetahui nilai kuat tekan beton secara tepat. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan



menggunakan *compression machine* yang tersedia di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. *Compression machine* yang tersedia dapat memberikan hasil nilai kuat tekan beton secara langsung dalam satuan (kN). Berikut merupakan tahapan yang dilakukan dari pengujian kuat tekan beton :

4.5.1. Langkah Kerja Pengujian Kuat Tekan Beton

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, terdapat beberapa langkah kerja yang perlu dilakukan sebelum pengujian sebagai berikut :

- a. Benda uji yang telah dilakukan *curing* dalam bak air selama 7 hari, dipindahkan ke tempat yang kering dan terhindar dari paparan sinar matahari.
- b. Benda uji yang telah kering diukur beratnya menggunakan timbangan digital pada ketelitian 0,01 kg.
- c. Benda uji yang telah ditimbang dilakukan *capping* pada salah satu permukaan yang kurang rata. Berikut merupakan langkah dari pekerjaan *capping* :
 - 1) Menyediakan belerang dalam bentuk bubuk.
 - 2) Belerang dipanaskan dengan menggunakan wajan diatas kompor.
 - 3) Menyediakan alat *vertical cylinder capping concrete*.
 - 4) Melapisi *vertical cylinder capping concrete* dengan oli.
 - 5) Menuangkan belerang yang sudah mencair di atas alat *vertical cylinder capping concrete*.
 - 6) Benda uji diletakkan di atas alat *capping* selama 1 menit.



Gambar 4.80 Meletakkan Benda Uji

- 7) Berikutnya adalah melepas benda uji yang telah terlapisi dengan belerang.



Gambar 4.81 Hasil *Capping* Benda Uji

- d. Selanjutnya adalah meletakkan benda uji di mesin kuat tekan yang telah tersedia di laboratorium beton Universitas Katolik Soegijapranata.
- e. Pengujian kuat tekan siap dilakukan dengan menyalakan saklar mesin dan dihentikan ketika terjadi penurunan analog yang ada pada dial mesin kuat tekan.
- f. Lalu dilakukan pencatatan terhadap nilai kuat tekan beton.

4.5.2. Berat Massa Volume Beton Benda Uji Silinder

Berikut merupakan data-data perbandingan massa volume beton pada umur 7, 21, dan 28 hari :

1. Beton Umur 7 Hari

Berikut merupakan contoh dari perhitungan berat massa volume beton benda uji dengan silinder besar pada umur ke 7 hari dengan konsentrasi *microsilica* 0%, 2%, 4%, dan 6% sebagai berikut :

a. Benda uji silinder :

- (1) Konsentrasi 0% = 12,31 kg
- (2) Konsentrasi 2% = 12,32 kg
- (3) Konsentrasi 4% = 12,39 kg
- (4) Konsentrasi 6% = 12,24 kg

b. Perhitungan volume benda uji silinder

- (1) Konsentrasi 0%
 $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30$
 $= 5298,75 \text{ cm}^3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$
- (2) Konsentrasi 2%
 $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30$



$$= 5298,75 \text{ cm}^3$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} (3) \text{ Konsentrasi } 4\% &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4) \text{ Konsentrasi } 6\% &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Berat Massa Volume Beton :

$$\begin{aligned} (1) \text{ Konsentrasi } 0\% &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{12,31}{0,0053} \\ &= 2322,642 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ Konsentrasi } 2\% &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{12,32}{0,0053} \\ &= 2324,528 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \text{ Konsentrasi } 4\% &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{12,39}{0,0053} \\ &= 2337,736 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4) \text{ Konsentrasi } 6\% &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{12,24}{0,0053} \\ &= 2309,434 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari contoh hitungan berat massa volume yang telah dijelaskan diatas, maka sebagai berikut data hasil perhitungan berat massa volume benda uji dengan kadar 0%, 2%, 4%, dan 6% :



Tabel 4.4 Berat Massa Volume Benda Uji Umur 7 Hari

Benda Uji	Berat Benda Uji	Volume Benda Uji	Berat Massa Benda Uji	Berat Massa Benda Uji Rata-rata
	kg	m ³	kg/m ³	kg/m ³
1 (0%)	12,31	0,0053	2322,642	2306,761
2 (0%)	12,51	0,0053	2360,377	
3 (0%)	11,98	0,0053	2260,377	
1 (2%)	12,32	0,0053	2324,528	
2 (2%)	11,92	0,0053	2249,057	
3 (2%)	12,05	0,0053	2273,585	
1 (4%)	12,39	0,0053	2337,736	
2 (4%)	12,30	0,0053	2320,755	
3 (4%)	12,22	0,0053	2305,660	
1 (6%)	12,24	0,0053	2309,434	
2 (6%)	12,29	0,0053	2318,868	
3 (6%)	12,18	0,0053	2298,113	

Berdasarkan tabel diatas, maka berat rata rata berat massa benda uji untuk umur 7 hari memiliki rata-rata massa benda uji sebesar 2306,761 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang dibuat termasuk dalam kategori beton normal. Hal ini disebabkan beton normal memiliki berat antara 2200 – 2500 kg/m³.

2. Beton Umur 21 Hari

Berikut merupakan contoh dari perhitungan berat massa volume beton benda uji dengan silinder besar pada umur ke 21 hari dengan konsentrasi *microsilica* 0%, 2%, 4%, dan 6% sebagai berikut :

a. Benda uji silinder :

- (1) Konsentrasi 0% = 11,98 kg
- (2) Konsentrasi 2% = 11,92 kg
- (3) Konsentrasi 4% = 11,83 kg
- (4) Konsentrasi 6% = 12,08 kg

b. Perhitungan volume benda uji silinder

$$\begin{aligned} (1) \text{ Konsentrasi 0\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}(2) \text{ Konsentrasi 2\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \text{ Konsentrasi 4\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(4) \text{ Konsentrasi 6\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Perhitungan Berat Massa Volume Beton :

$$\begin{aligned}(1) \text{ Konsentrasi 0\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{11,98}{0,0053} \\ &= 2260,377 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2) \text{ Konsentrasi 2\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{11,92}{0,0053} \\ &= 2249,057 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \text{ Konsentrasi 4\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{11,83}{0,0053} \\ &= 2232,075 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(4) \text{ Konsentrasi 6\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{12,08}{0,0053} \\ &= 2279,245 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$



Dari contoh hitungan berat massa volume yang telah dijelaskan diatas, maka sebagai berikut data hasil perhitungan berat massa volume benda uji dengan kadar 0%, 2%, 4%, dan 6% :

Tabel 4.5 Berat Massa Volume Benda Uji Umur 21 Hari

Benda Uji	Berat Benda Uji	Volume Benda Uji	Berat Massa Benda Uji	Berat Massa Benda Uji Rata-rata
	kg	m ³	kg/m ³	kg/m ³
1 (0%)	11,98	0,0053	2260,377	2258,805
2 (0%)	11,86	0,0053	2237,736	
3 (0%)	11,87	0,0053	2239,623	
1 (2%)	11,92	0,0053	2249,057	
2 (2%)	12,08	0,0053	2279,245	
3 (2%)	11,91	0,0053	2247,170	
1 (4%)	11,83	0,0053	2232,075	
2 (4%)	12,04	0,0053	2271,698	
3 (4%)	11,97	0,0053	2258,491	
1 (6%)	12,08	0,0053	2279,245	
2 (6%)	12,19	0,0053	2300,000	
3 (6%)	11,93	0,0053	2250,943	

Berdasarkan tabel diatas, maka berat rata rata berat massa benda uji untuk umur 21 hari memiliki rata-rata massa benda uji sebesar 2258,805 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang dibuat termasuk dalam kategori beton normal. Hal ini disebabkan beton normal memiliki berat antara 2200 – 2500 kg/m³.

3. Beton Umur 28 Hari

Berikut merupakan contoh dari perhitungan berat massa volume beton benda uji dengan silinder besar pada umur ke 28 hari dengan konsentrasi *microsilica* 0%, 2%, 4%, dan 6% sebagai berikut :

a. Benda uji silinder :

- (1) Konsentrasi 0% = 12,17 kg
- (2) Konsentrasi 2% = 11,83 kg
- (3) Konsentrasi 4% = 11,88 kg
- (4) Konsentrasi 6% = 11,96 kg

b. Perhitungan volume benda uji silinder

- (1) Konsentrasi 0% = $\pi \times r^2 \times t$
= $3,14 \times 7,5^2 \times 30$
= 5298,75 cm³



$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ Konsentrasi 2\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \text{ Konsentrasi 4\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4) \text{ Konsentrasi 6\%} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Berat Massa Volume Beton :

$$\begin{aligned} (1) \text{ Konsentrasi 0\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{12,17}{0,0053} \\ &= 2296,226 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ Konsentrasi 2\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{11,83}{0,0053} \\ &= 2232,075 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \text{ Konsentrasi 4\%} &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{11,88}{0,0053} \\ &= 2241,509 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} (4) \text{ Konsentrasi } 6\% &= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}} \\ &= \frac{11,96}{0,0053} \\ &= 2256,604 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari contoh hitungan berat massa volume yang telah dijelaskan diatas, maka sebagai berikut data hasil perhitungan berat massa volume benda uji dengan kadar 0%, 2%, 4%, dan 6% :

Tabel 4.6 Berat Massa Volume Benda Uji Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat Benda Uji	Volume Benda Uji	Berat Massa Benda Uji	Berat Massa Benda Uji Rata-rata
	kg	m ³	kg/m ³	kg/m ³
1 (0%)	12,17	0,0053	2296,226	2245,912
2 (0%)	11,79	0,0053	2224,528	
3 (0%)	12,2	0,0053	2301,887	
1 (2%)	11,83	0,0053	2232,075	
2 (2%)	11,66	0,0053	2200,000	
3 (2%)	11,77	0,0053	2220,755	
1 (4%)	11,88	0,0053	2241,509	
2 (4%)	11,95	0,0053	2254,717	
3 (4%)	11,99	0,0053	2262,264	
1 (6%)	11,96	0,0053	2256,604	
2 (6%)	11,61	0,0053	2190,566	
3 (6%)	12,03	0,0053	2269,811	

Berdasarkan tabel diatas, maka berat rata rata berat massa benda uji untuk umur 28 hari memiliki rata-rata massa benda uji sebesar 2245,912 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang dibuat termasuk dalam kategori beton normal. Hal ini disebabkan beton normal memiliki berat antara 2200 – 2500 kg/m³.

4.5.3. Perhitungan Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan dengan menggunakan *compression machine* menghasilkan kuat tekan beban maksimum saat beton mengalami retak. Berikut merupakan tahapan dari perhitungan pengujian kuat tekan beton.

1. Beton umur 7 hari

Hasil perhitungan kuat tekan beton benda uji silinder umur 7 hari dengan kadar *microsilica* sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% adalah sebagai berikut:



a. Perhitungan luas penampang benda uji silinder (A)

$$\begin{aligned} A &= \pi \times r^2 \\ &= 3,1416 \times 75^2 \\ &= 17671,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = konstanta (3,1416)

r = jari-jari benda uji silinder (mm)

b. Perhitungan kuat tekan benda uji silinder

$$\begin{aligned} 1) \text{ Konsentrasi 0\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{260 \times 1000}{17671,5} \\ &= 14,71 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Konsentrasi 2\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{260 \times 1000}{17671,5} \\ &= 14,71 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Konsentrasi 4\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{300 \times 1000}{17671,5} \\ &= 16,98 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Konsentrasi 6\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{340 \times 1000}{17671,5} \\ &= 19,24 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

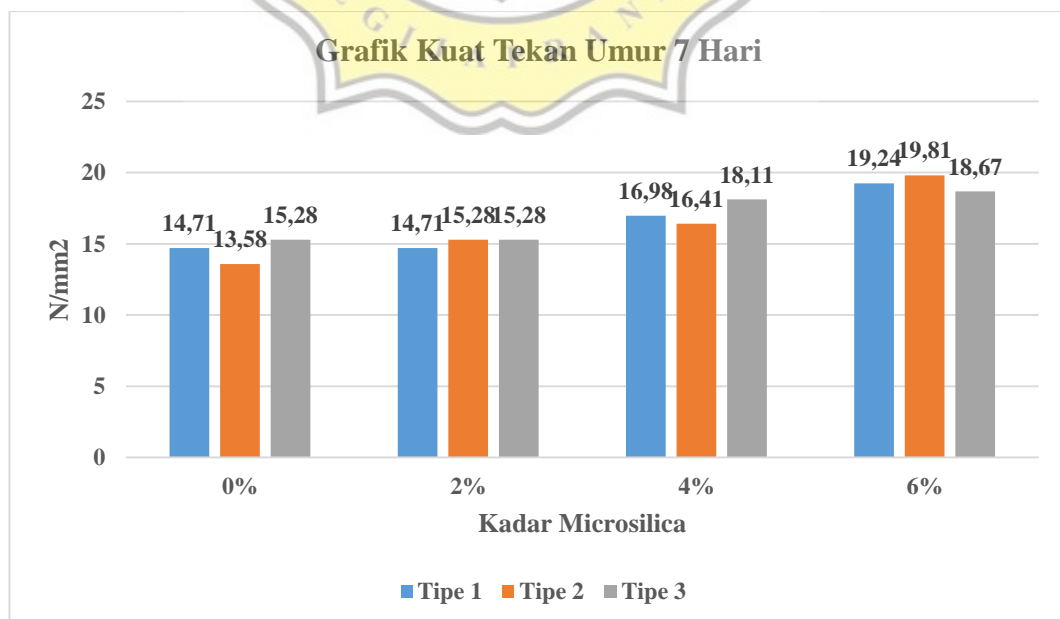
Dari contoh perhitungan uji kuat tekan beton yang telah dijelaskan di atas, hasil kuat tekan dari 9 benda uji silinder dapat dilihat pada Tabel 4.7.



Tabel 4.7 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

No. Benda uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)
					L (mm)	D (mm)			
1 (0%)	15/10/2019	22/10/2019	7	12,31	300	150	17671,5	260	14,71
2 (0%)	15/10/2019	22/10/2019	7	12,51	300	150	17671,5	240	13,58
3 (0%)	15/10/2019	22/10/2019	7	12,38	300	150	17671,5	270	15,28
1 (2%)	16/10/2019	23/10/2019	7	12,22	300	150	17671,5	260	14,71
2 (2%)	16/10/2019	23/10/2019	7	12,31	300	150	17671,5	270	15,28
3 (2%)	16/10/2019	23/10/2019	7	12,25	300	150	17671,5	270	15,28
1 (4%)	18/10/2019	25/10/2019	7	12,39	300	150	17671,5	300	16,98
2 (4%)	18/10/2019	25/10/2019	7	12,30	300	150	17671,5	290	16,41
3 (4%)	18/10/2019	25/10/2019	7	12,22	300	150	17671,5	320	18,11
1 (6%)	19/10/2019	26/10/2019	7	12,24	300	150	17671,5	340	19,24
2 (6%)	19/10/2019	26/10/2019	7	12,29	300	150	17671,5	350	19,81
3 (6%)	19/10/2019	26/10/2019	7	12,18	300	150	17671,5	330	18,67

Berdasarkan tabel hasil kuat tekan beton umur 7 hari, maka didapatkan grafik hasil kuat tekan beton pada umur 7 hari sebagai berikut :



Gambar 4.82 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari



2. Beton umur 21 hari

Hasil perhitungan kuat tekan beton benda uji silinder umur 7 hari dengan kadar *microsilica* sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan luas penampang benda uji silinder (A)

$$\begin{aligned} A &= \pi \times r^2 \\ &= 3,1416 \times 75^2 \\ &= 17671,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = konstanta (3,1416)

r = jari-jari benda uji silinder (mm)

b. Perhitungan kuat tekan benda uji silinder

$$\begin{aligned} 1) \text{ Konsentrasi 0\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{370 \times 1000}{17671,5} \\ &= 20,94 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Konsentrasi 2\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{390 \times 1000}{17671,5} \\ &= 22,07 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Konsentrasi 4\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{400 \times 1000}{17671,5} \\ &= 22,64 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Konsentrasi 6\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{420 \times 1000}{17671,5} \\ &= 23,77 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

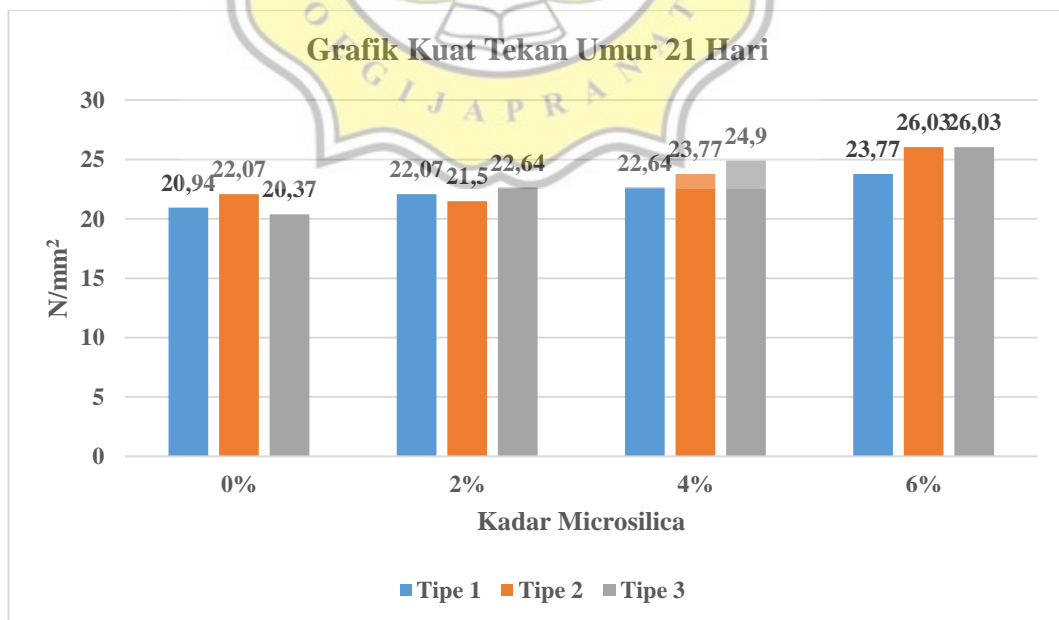
Dari contoh hitungan pengujian kuat tekan beton yang telah dijelaskan diatas, maka sebagai berikut data hasil kuat tekan beton pada umur 21 hari yang diperlihatkan pada Tabel 4.8.



Tabel 4.8 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

No. Benda uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)
					L (mm)	D (mm)			
1 (0%)	15/10/2019	5/11/2019	21	12,31	300	150	17671,5	370	20,94
2 (0%)	15/10/2019	5/11/2019	21	12,51	300	150	17671,5	390	22,07
3 (0%)	15/10/2019	5/11/2019	21	12,38	300	150	17671,5	360	20,37
1 (2%)	16/10/2019	6/11/2019	21	12,22	300	150	17671,5	390	22,07
2 (2%)	16/10/2019	6/11/2019	21	12,31	300	150	17671,5	380	21,50
3 (2%)	16/10/2019	6/11/2019	21	12,25	300	150	17671,5	400	22,64
1 (4%)	18/10/2019	8/11/2019	21	12,39	300	150	17671,5	400	22,64
2 (4%)	18/10/2019	8/11/2019	21	12,30	300	150	17671,5	420	23,77
3 (4%)	18/10/2019	8/11/2019	21	12,22	300	150	17671,5	440	24,90
1 (6%)	19/10/2019	9/11/2019	21	12,24	300	150	17671,5	420	23,77
2 (6%)	19/10/2019	9/11/2019	21	12,29	300	150	17671,5	460	26,03
3 (6%)	19/10/2019	9/11/2019	21	12,18	300	150	17671,5	460	26,03

Berdasarkan tabel hasil kuat tekan beton umur 21 hari, maka didapatkan grafik hasil kuat tekan beton pada umur 21 hari sebagai berikut :



Gambar 4.83 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari



3. Beton umur 28 hari

Hasil perhitungan kuat tekan beton benda uji silinder umur 28 hari dengan kadar *microsilica* sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan luas penampang benda uji silinder (A)

$$\begin{aligned} A &= \pi \times r^2 \\ &= 3,1416 \times 75^2 \\ &= 17671,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = konstanta (3,1416)

r = jari-jari benda uji silinder (mm)

b. Perhitungan kuat tekan benda uji silinder

$$\begin{aligned} 1) \text{ Konsentrasi 0\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{410 \times 1000}{17671,5} \\ &= 22,64 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Konsentrasi 2\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{430 \times 1000}{17671,5} \\ &= 24,33 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Konsentrasi 4\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{450 \times 1000}{17671,5} \\ &= 25,46 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Konsentrasi 6\% kode 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{520 \times 1000}{17671,5} \\ &= 29,43 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

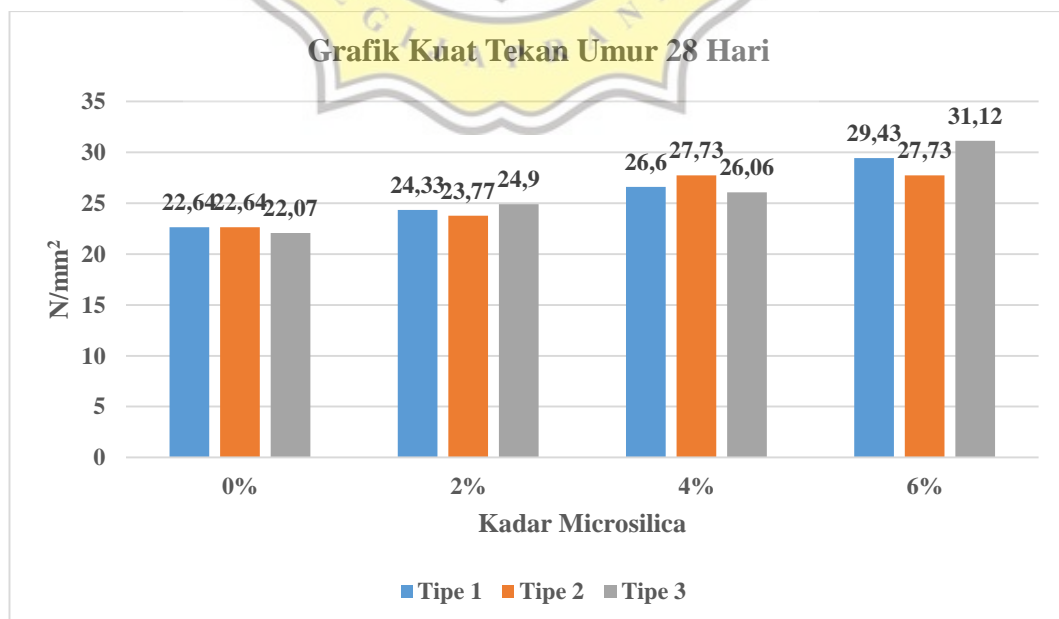
Dari contoh hitungan pengujian kuat tekan beton yang telah dijelaskan diatas, maka sebagai berikut data hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari yang diperlihatkan pada Tabel 4.9.



Tabel 4.9 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No. Benda uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)
					L (mm)	D (mm)			
1 (0%)	15/10/2019	12/11/2019	28	12,31	300	150	17671,5	400	22,64
2 (0%)	15/10/2019	12/11/2019	28	12,51	300	150	17671,5	400	22,64
3 (0%)	15/10/2019	12/11/2019	28	12,38	300	150	17671,5	390	22,07
1 (2%)	16/10/2019	13/11/2019	28	12,22	300	150	17671,5	430	24,33
2 (2%)	16/10/2019	13/11/2019	28	12,31	300	150	17671,5	420	23,77
3 (2%)	16/10/2019	13/11/2019	28	12,25	300	150	17671,5	440	24,90
1 (4%)	18/10/2019	15/11/2019	28	12,39	300	150	17671,5	470	26,60
2 (4%)	18/10/2019	15/11/2019	28	12,30	300	150	17671,5	490	27,73
3 (4%)	18/10/2019	15/11/2019	28	12,22	300	150	17671,5	470	26,60
1 (6%)	19/10/2019	16/11/2019	28	12,24	300	150	17671,5	520	29,43
2 (6%)	19/10/2019	16/11/2019	28	12,29	300	150	17671,5	490	27,73
3 (6%)	19/10/2019	16/11/2019	28	12,18	300	150	17671,5	550	31,12

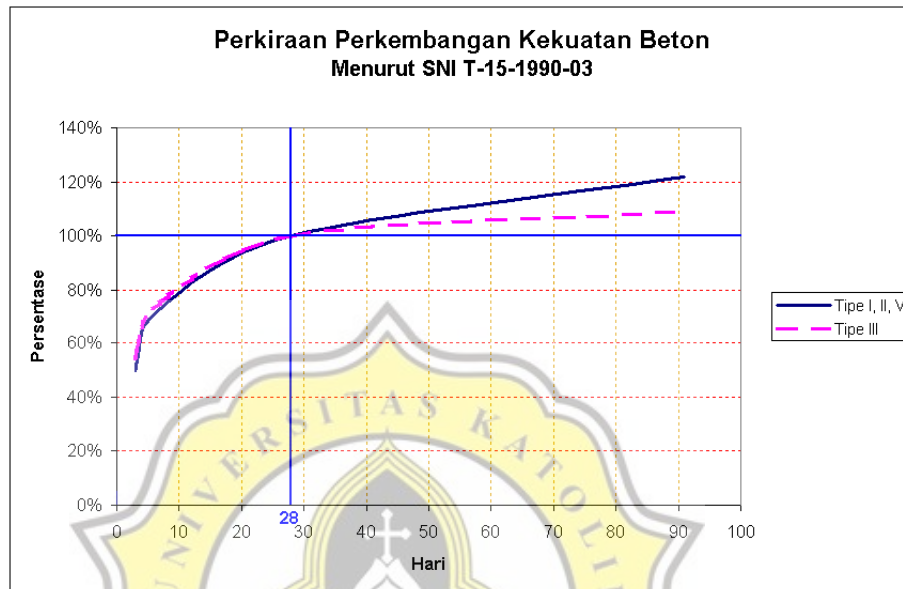
Berdasarkan tabel hasil kuat tekan beton umur 28 hari, maka didapatkan grafik hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari sebagai berikut:



Gambar 4.84 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

4.5.4. Analisis Kuat Tekan Beton

Menurut SK SNI T-15-1991-03 menerangkan tentang perkiraan perkembangan kuat tekan beton berdasarkan umur beton. Berikut ini merupakan gambar grafik perkiraan perkembangan kuat tekan beton .



Gambar 4.85 Grafik Perkiraan Perkembangan Kekuatan Beton

Berdasarkan grafik di atas, dapat dituliskan perkembangan kekuatan tekan beton dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Persentase Perkembangan Kekuatan Silinder (D=15 cm, t=30 cm)

Umur (hari)	Persentase (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100

Sumber : SK SNI T-15-1990-03

Nilai persentase perkembangan kekuatan beton dalam tabel di atas dapat digunakan untuk menghitung kuat tekan rencana f_c' 18,68 MPa. Berikut ini merupakan perhitungan kuat tekan rencana f_c' 18,68 MPa berdasarkan umur beton:



1. Beton umur 7 hari

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan 7 hari} &= 18,68 \times 0,65 \\ &= 12,14 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Beton umur 21 hari

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan 21 hari} &= 18,68 \times 0,95 \\ &= 17,75 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3. Beton umur 28 hari

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan 28 hari} &= 18,68 \times 1 \\ &= 18,68 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Perhitungan di atas digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari penelitian sesuai dengan kuat tekan rencana f_c' 18,68 MPa. Berikut ini merupakan Tabel perbandingan kuat tekan rata-rata hasil penelitian dengan kuat tekan rencana f_c' 18,68 MPa berdasarkan umur beton.

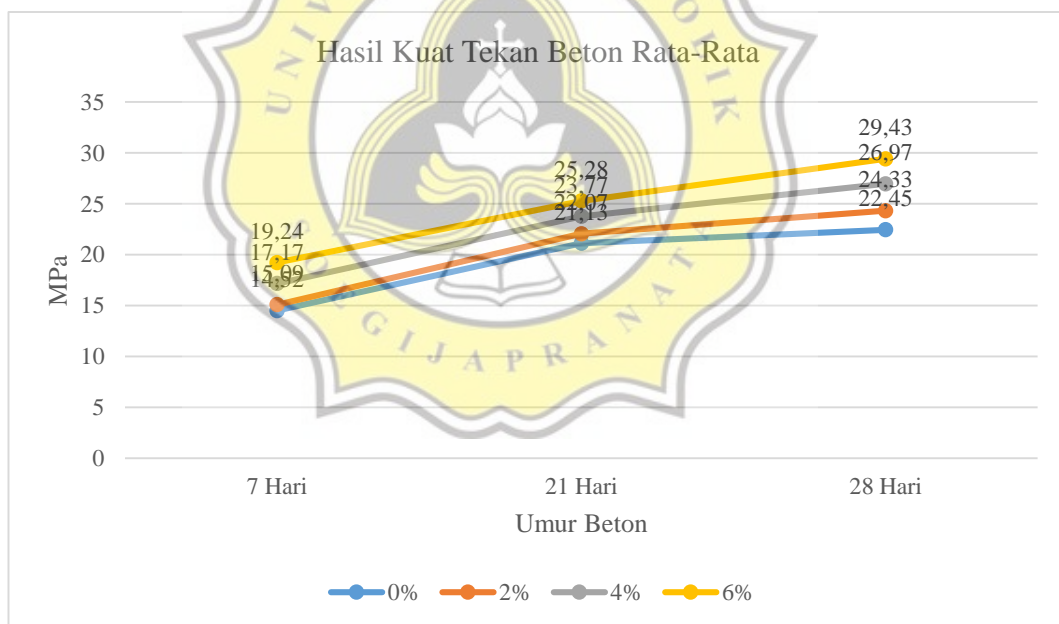
Tabel 4.11 Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Hasil Penelitian Dengan Kuat Tekan Rencana f_c' 18,68 MPa Berdasarkan Umur Beton.

No.	Umur (Hari)	Persentase (%)	Kuat Tekan		Keterangan
			Hasil Penelitian Rata-Rata	Rencana f_c' 18,68 MPa	
1.	7	0	14,52	12,14	Kuat tekan terpenuhi
		2	15,09	12,14	Kuat tekan terpenuhi
		4	17,17	12,14	Kuat tekan terpenuhi
		6	19,24	12,14	Kuat tekan terpenuhi
2.	21	0	21,13	17,75	Kuat tekan terpenuhi
		2	22,07	17,75	Kuat tekan terpenuhi
		4	23,77	17,75	Kuat tekan terpenuhi



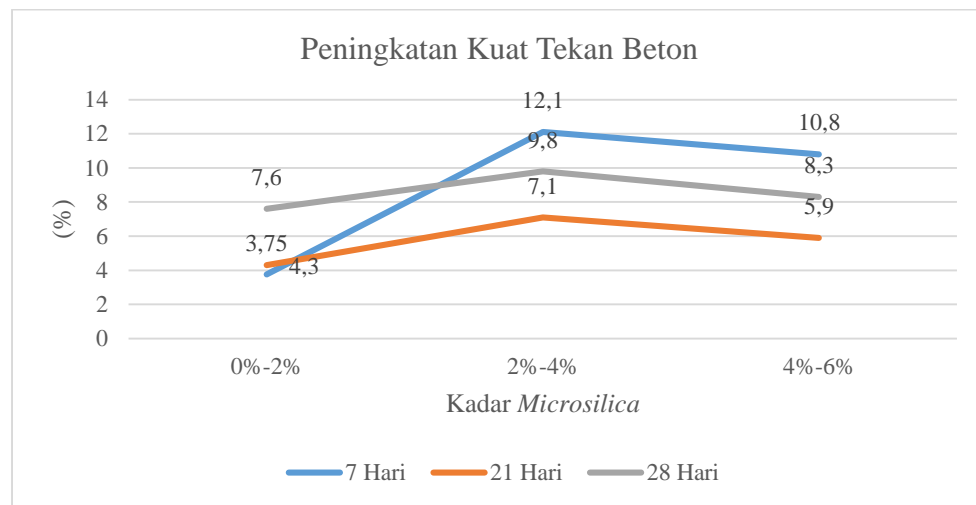
		6	25,28	17,75	Kuat tekan terpenuhi
3.	28	0	22,45	18,68	Kuat tekan terpenuhi
		2	24,33	18,68	Kuat tekan terpenuhi
		4	26,97	18,68	Kuat tekan terpenuhi
		6	29,43	18,68	Kuat tekan terpenuhi

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa beton yang dihasilkan oleh hasil penelitian memenuhi kuat tekan rencana f_c' 18,68 MPa. Hal tersebut diketahui dari kuat tekan yang dihasilkan sesuai dengan kuat tekan rencana f_c' 18,68 MPa pada umur beton yang telah ditentukan. Berikut ini merupakan grafik rata-rata dari hasil uji kuat tekan beton.



Gambar 4.86 Grafik Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Tiap Konsentrasi

Dari Gambar di atas, kadar *microsilica* 0% ke 2% pada umur 28 hari terjadi kenaikan kuat tekan beton sebesar 7,6% dan 2% ke 4% memiliki nilai persentase kenaikan sebesar 9,8%, sedangkan 4% ke 6% terjadi kenaikan persentase sebesar 8,3%. Hasil dari kuat tekan beton mengalami peningkatan mutu beton setiap penambahan kadar *microsilica*. Berikut ini merupakan gambar grafik kenaikan dalam persen terhadap peningkatan kuat tekan beton.



Gambar 4.87 Peningkatan Kuat Tekan Beton

4.6. Pola Retak Benda Uji Silinder

Pola retak yang terjadi pada beton akibat gaya tekan aksial diketahui dari pengujian kuat tekan beton. Pola retakan yang terjadi hampir seragam pada bagian samping atas lalu secara diagonal membelah menjadi dua dari pengujian yang dilakukan. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa beton mengalami retak geser. Pola retak yang terjadi pada sebagian besar benda uji silinder ditunjukkan pada Gambar 4.88 sampai Gambar 4.91.



Gambar 4.88 Pola retak pada beton konsentrasi 0%



Gambar 4.89 Pola retak pada beton konsentrasi 2%



Gambar 4.90 Pola retak pada beton konsentrasi 4%



Gambar 4.91 Pola retak pada beton konsentrasi 6%



Menurut SNI 1974:2011 pola retak diagonal merupakan bentuk kehancuran geser. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada setiap konsentrasi disimpulkan bahwa pola retak dimulai dari bagian atas silinder. Kemudian akibat penambahan beban pola retakan semakin panjang serta bergerak secara diagonal menuju bagian bawah benda uji silinder. Retak geser merupakan retakan yang terjadi pada benda uji, karena pola retakan pada benda uji bergerak ke arah diagonal dari bagian samping atas beton.

