



BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan

Hal pertama yang dilakukan sebelum memulai perencanaan *mix design* dan membuat benda uji adalah melakukan pengujian material atau bahan penyusun beton. Pengujian yang dilakukan terhadap material yang digunakan bertujuan untuk mengetahui kualitas dari setiap bahan penyusun beton. Pada penelitian kali ini, dilakukan pengujian material antara lain: agregat halus (Pasir Muntilan) dan agregat kasar. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Perawatan (*curing*) benda uji dilakukan menggunakan air rob yang berasal dari Jalan Yos Sudarso, Bandarharjo, Semarang Utara. Pengujian terhadap material atau bahan penyusun beton dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh air rob terhadap kuat tekan antara beton normal dengan beton menggunakan bahan tambah *fly ash* dan *viscocrete 3115 ID*.

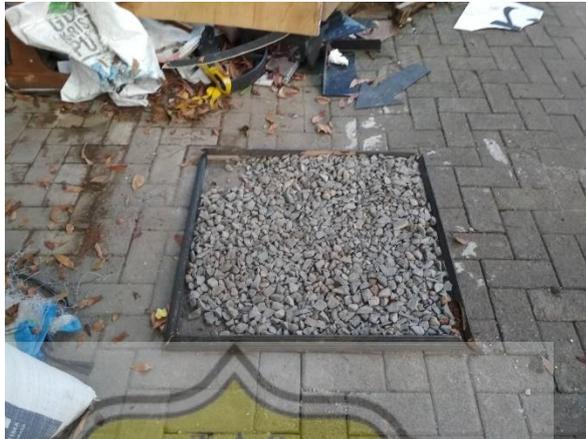
Pada penelitian ini menggunakan agregat halus yang berasal dari Muntilan. Pasir Muntilan yang digunakan berwarna hitam ke abu-abuan dan bertekstur kasar. Gambar 4.1 adalah agregat halus yang digunakan sebagai bahan penyusun beton.



Gambar 4.1 Agregat Halus



Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar yang tertahan oleh saringan no. 4 (4,75 mm). Dalam proses pembuatan benda uji menggunakan agregat kasar yang dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Agregat Kasar

Material penyusun beton selain agregat halus dan agregat kasar juga menggunakan semen. Pada penelitian ini menggunakan semen Gresik 40 kg yang berjenis *portland composite cement* (PCC). Gambar semen *Portland* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Semen *Portland*

4.1.1 Analisis Saringan Agregat Halus

Pada saat melakukan pengujian analisis saringan agregat halus berpedoman pada SNI 03-1968-1990. Berikut merupakan prosedur pengujian agregat halus:



1. Persiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan antara lain timbangan, satu set saringan, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, mesin penggetar saringan, nampan, kuas dan bahan (pasir Muntilan).
2. Bahan yang akan digunakan sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Gambar pasir yang dikeringkan dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Proses Pengeringan Agregat Halus

3. Setelah pasir dikeringkan, langkah selanjutnya adalah menimbang pasir seberat 500 gram. Gambar menimbang pasir dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Menimbang Pasir



4. Timbang satu persatu saringan sesuai dengan urutan nomor saringan.

Gambar menimbang saringan dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Menimbang Saringan

5. Setelah menimbang satu set saringan, susun saringan sesuai dengan urutan nomor saringan mulai dari paling bawah pan, 200, 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8 dan 3/4. Gambar saringan yang telah disusun dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Satu Set Saringan



6. Lalu masukkan pasir kedalam saringan yang telah terpasang pada mesin penggetar. Gambar proses memasukkan pasir kedalam saringan dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Proses Memasukkan Pasir Kedalam Saringan

7. Setelah memasukkan pasir kedalam mesin penggetar, lalu saringan digetarkan selama 15 menit. Gambar proses penggetaran saringan dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Proses Penggetaran Saringan



8. Setelah proses penggetaran selesai dilakukan, lepaskan dan timbang satu persatu saringan untuk mengetahui berat agregat halus yang tertahan pada setiap nomor saringan.

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

| | |
|----------------------|--|
| 1. Nomor saringan | = $\frac{3}{4}$ |
| Ukuran Saringan | = 19 mm |
| Berat Tertahan | = 0 |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 100% |
| 2. Nomor saringan | = $\frac{3}{8}$ |
| Ukuran Saringan | = 9,5 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 100% |
| 3. Nomor saringan | = 4 |
| Ukuran Saringan | = 4,75 mm |
| Berat Tertahan | = 1,20 gr |
| % Tertahan | = $\frac{1,20}{498,4} \times 100\% = 0,241\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% + 0,241% = 0,241 % |
| % Lolos Kumulatif | = 100% - 0,241% = 99,759% |
| 4. Nomor saringan | = 8 |
| Ukuran Saringan | = 2,36 mm |
| Berat Tertahan | = 22,80 gr |
| % Tertahan | = $\frac{22,80}{498,4} \times 100\% = 4,575\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 0,241% + 4,575% = 4,815% |
| % Lolos Kumulatif | = 99,759% - 4,575% = 95,185% |



| | |
|----------------------|--|
| 5. Nomor saringan | = 16 |
| Ukuran Saringan | = 1,18 mm |
| Berat Tertahan | = 50,90 gr |
| % Tertahan | = $\frac{50,90}{498,4} \times 100\% = 10,213\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 4,815% + 10,213% = 15,028% |
| % Lolos Kumulatif | = 95,185% - 10,213% = 84,972% |
| 6. Nomor saringan | = 30 |
| Ukuran Saringan | = 0,6 mm |
| Berat Tertahan | = 118,70 gr |
| % Tertahan | = $\frac{118,70}{498,4} \times 100\% = 23,816\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 15,028% + 23,816% = 38,844% |
| % Lolos Kumulatif | = 84,972% - 23,816% = 61,156% |
| 7. Nomor saringan | = 50 |
| Ukuran Saringan | = 0,30 mm |
| Berat Tertahan | = 125,60 gr |
| % Tertahan | = $\frac{125,60}{498,4} \times 100\% = 25,201\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 38,844% + 25,201% = 64,045% |
| % Lolos Kumulatif | = 61,156% - 25,201% = 35,955% |
| 8. Nomor saringan | = 100 |
| Ukuran Saringan | = 0,150 mm |
| Berat Tertahan | = 130,10 gr |
| % Tertahan | = $\frac{130,10}{498,4} \times 100\% = 26,104\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 64,045% + 26,104% = 90,148% |
| % Lolos Kumulatif | = 35,955% - 26,104% = 9,852% |
| 9. Nomor saringan | = 200 |
| Ukuran Saringan | = 0,075 mm |
| Berat Tertahan | = 34,40 gr |
| % Tertahan | = $\frac{34,40}{498,4} \times 100\% = 6,902\%$ |



$$\begin{aligned} \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 90,148\% + 6,902\% = 97,051\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 9,852\% - 6,902\% = 2,949\% \\ 10. \text{ Nomor saringan} &= \text{Pan} \\ \text{Ukuran Saringan} &= - \\ \text{Berat Tertahan} &= 14,70 \text{ gr} \\ \% \text{ Tertahan} &= \frac{14,70}{498,4} \times 100\% = 2,949\% \\ \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 97,051\% + 2,949\% = 100\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 2,949\% - 2,949\% = 0\% \end{aligned}$$

Berdasarkan data-data dari setiap nomor saringan yang telah dihitung, maka modulus kehalusan agregat halus (pasir Muntilan) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \% \text{ Tertahan Kumulatif (no-pan)}}{100} \\ &= \frac{0+0+0,241+4,815+15,028+38,844+64,045+90,148+97,051+100}{100} \\ &= \frac{410,173}{100} \\ &= 4,10 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Hasil Analisis Saringan Agregat Halus

| Ukuran Ayakan | Berat Agregat Tertahan | Persentase Agregat Tertahan | Tertahan Kumulatif | Lolos Kumulatif | Pasir Agak Halus SNI 03-2834-2000 |
|---------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|
| (mm) | (gram) | (%) | (%) | (%) | |
| - | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 100,000 | - |
| 19 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 100,000 | 100-100 |
| 9,500 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 100,000 | 100-100 |
| 4,750 | 1,20 | 0,241 | 0,241 | 99,759 | 90-100 |
| 2,360 | 22,80 | 4,575 | 4,815 | 95,185 | 85-100 |
| 1,180 | 50,90 | 10,213 | 15,028 | 84,972 | 75-100 |
| 0,600 | 118,70 | 23,816 | 38,844 | 61,156 | 60-79 |
| 0,300 | 125,60 | 25,201 | 64,045 | 35,955 | 12-40 |
| 0,150 | 130,10 | 26,104 | 90,148 | 9,852 | 0-10 |
| 0,075 | 34,40 | 6,902 | 97,051 | 2,949 | 0 |
| Pan | 14,70 | 2,949 | 100,000 | 0,000 | - |
| Total Berat | 498,400 | Modulus Kehalusan Butir = 4,10 | | | |

Berdasarkan pengujian analisis saringan agregat halus didapatkan modulus kehalusan sebesar 4,10 yang dapat dikategorikan sebagai pasir agak halus.



4.1.2 Analisis Saringan Agregat Kasar

Pada saat melakukan pengujian analisis saringan agregat kasar berpedoman pada SNI 03-1968-1990. Berikut merupakan prosedur pengujian agregat kasar:

1. Persiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan antara lain timbangan, satu set saringan, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, mesin penggetar saringan, nampan, kuas dan agregat kasar
2. Bahan yang akan digunakan sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
3. Setelah agregat kasar dikeringkan, langkah selanjutnya adalah menimbang agregat kasar seberat 500 gram
4. Timbang satu persatu saringan sesuai dengan urutan nomor saringan
5. Setelah menimbang satu set saringan, susun saringan sesuai dengan urutan nomor saringan mulai dari paling bawah pan, 200, 100, 50, 30, 16, 8, 4, $\frac{3}{8}$ dan $\frac{3}{4}$
6. Lalu masukkan agregat kasar kedalam saringan yang telah terpasang pada mesin penggetar
7. Setelah memasukkan agregat kasar kedalam mesin penggetar, lalu saringan digetarkan selama 15 menit
8. Setelah proses penggetaran selesai dilakukan, lepaskan dan timbang satu persatu saringan untuk mengetahui berat agregat kasar yang tertahan pada setiap nomor saringan.

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

| | |
|----------------------|--|
| 1. Nomor saringan | $= \frac{3}{4}$ |
| Ukuran Saringan | $= 19 \text{ mm}$ |
| Berat Tertahan | $= 179,06$ |
| % Tertahan | $= \frac{179,06}{499,98} \times 100\% = 35,81\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | $= 0\% + 35,81\% = 35,81\%$ |
| % Lolos Kumulatif | $= 100\% - 35,81\% = 64,19\%$ |



| | |
|----------------------|--|
| 2. Nomor saringan | = $\frac{3}{8}$ |
| Ukuran Saringan | = 9,5 mm |
| Berat Tertahan | = 304,16 gr |
| % Tertahan | = $\frac{304,16}{499,98} \times 100\% = 60,83\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 35,81% + 60,83% = 96,65% |
| % Lolos Kumulatif | = 64,19% - 60,83% = 3,35% |
| 3. Nomor saringan | = 4 |
| Ukuran Saringan | = 4,75 mm |
| Berat Tertahan | = 16,76 gr |
| % Tertahan | = $\frac{16,76}{499,98} \times 100\% = 3,35\%$ |
| % Tertahan Kumulatif | = 96,65% + 3,35% = 100 % |
| % Lolos Kumulatif | = 3,35% - 3,35% = 0% |
| 4. Nomor saringan | = 8 |
| Ukuran Saringan | = 2,36 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 0% |
| 5. Nomor saringan | = 16 |
| Ukuran Saringan | = 1,18 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 0% |
| 6. Nomor saringan | = 30 |
| Ukuran Saringan | = 0,6 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |



| | |
|----------------------|--------------|
| % Lolos Kumulatif | = 0% |
| 7. Nomor saringan | = 50 |
| Ukuran Saringan | = 0,30 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 0% |
| 8. Nomor saringan | = 100 |
| Ukuran Saringan | = 0,150 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 0% |
| 9. Nomor saringan | = 200 |
| Ukuran Saringan | = 0,075 mm |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 0% |
| 10. Nomor saringan | = <i>Pan</i> |
| Ukuran Saringan | = - |
| Berat Tertahan | = 0 gr |
| % Tertahan | = 0% |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% |
| % Lolos Kumulatif | = 0% |

Berdasarkan data-data dari setiap nomor saringan yang telah dihitung, maka modulus kehalusan agregat halus (pasir Muntilan) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\sum \% \text{ Tertahan Kumulatif (no } \frac{3}{4} \text{-pan)}}{100}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{35,81+96,65+100+100+100+100+100+100+100+100}{100} \\ &= \frac{932,46}{100} \\ &= 9,3246 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar

| Ukuran Ayakan (mm) | Berat Agregat Tertahan (gram) | Persentase Agregat Tertahan (%) | Tertahan Kumulatif (%) | Lolos Kumulatif (%) |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 19 | 179,06 | 35,81 | 35,81 | 64,19 |
| 9,500 | 304,16 | 60,83 | 96,65 | 3,35 |
| 4,750 | 16,76 | 3,35 | 100,00 | 0,00 |
| 2,360 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 1,180 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0,600 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0,300 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0,150 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0,075 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| Pan | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| Total Berat | 499,98 | Modulus Kehalusan Butir = 9,3246 | | |

4.1.3 Analisis Kandungan Lumpur Agregat Halus

Pada pengujian kandungan lumpur dan kotoran organis ini mengacu pada SNI 2816:2014. Berikut langkah-langkah melakukan pengujian kandungan lumpur dan kotoran organis pada agregat halus:

1. Agregat halus dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc setinggi 130 cc



Gambar 4.10 Gelas Ukur Berisi Agregat Halus



2. Lalu masukkan larutan NaOH 3% kedalam gelas ukur hingga setinggi 200 cc



Gambar 4.11 Gelas Ukur Berisi Agregat Halus dan NaOH

3. Selanjutnya ujung gelas ukur ditutup dengan plastik, lalu kocok gelas ukur tersebut selama ± 30 menit
4. Setelah dikocok selama ± 30 menit, diamkan selama ± 24 jam
5. Setelah ± 24 jam ukur masing-masing tinggi pasir, lumpur dan NaOH



Gambar 4.12 Agregat Halus Setelah Didiamkan

Setelah selesai melakukan langkah pengujian kandungan lumpur dan kotoran organis maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Pasir + lumpur = 132 ml
- b. Tinggi pasir = 126 ml
- c. Tinggi lumpur = 6 ml



- d. Tinggi NaOH = 108 ml
- e. Kandungan lumpur = $\frac{C}{A} \times 100\%$
= $\frac{6}{132} \times 100\%$
= 4,545 %

Dari hasil pengujian didapatkan kandungan lumpur pada agregat halus sebesar 4,545 % < 5 % yang menunjukkan bahwa agregat halus tidak perlu dicuci.

4.1.4 Analisis Berat Volume Agregat Halus

Pada pengujian analisis berat volume agregat halus berpedoman pada SNI 1973:2008. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian berat volume pada agregat halus:

1. Timbang berat wadah dalam keadaan kosong



Gambar 4.13 Menimbang Wadah

2. Isi wadah dengan agregat halus sampai penuh lalu padatkan dan ratakan permukaannya



Gambar 4.14 Wadah Berisi Agregat Halus



3. Lalu timbang berat wadah beserta agregat halus



Gambar 4.15 Menimbang Wadah Beserta Agregat Halus

Setelah selesai melakukan langkah pengujian berat volume agregat halus maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Tinggi wadah = 17,5 cm
Diameter wadah = 15 cm
Volume wadah = $\pi \times r^2 \times t$
= $3,14 \times (7,5^2) \times 17,5$
= 3090938 cm^3
= 3,090938 liter
- b. Berat wadah = 4,29 kg
- c. Berat wadah + agregat = 8,51 kg
- d. Berat agregat (c-b) = $8,51 - 4,29$
= 4,22 kg
- e. Berat volume (d/a) = $\frac{d}{a}$
= $\frac{4,22}{3,090938}$
= 1,365 kg/liter

Dari hasil pengujian didapatkan berat volume pada agregat halus sebesar 1,365 kg/liter.



4.1.5 Analisis Berat Volume Agregat Kasar

Pada pengujian analisis berat volume agregat kasar berpedoman pada SNI 1973:2008. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian berat volume pada agregat kasar:

1. Timbang berat wadah dalam keadaan kosong



Gambar 4.16 Menimbang Wadah

2. Isi wadah dengan agregat kasar sampai penuh lalu padatkan dan ratakan permukaannya



Gambar 4.17 Wadah Berisi Agregat Kasar



3. Lalu timbang berat wadah beserta agregat kasar.



Gambar 4.18 Menimbang Wadah Beserta Agregat Kasar

Setelah selesai melakukan langkah pengujian berat volume agregat kasar maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Tinggi wadah = 17,5 cm
Diameter wadah = 15 cm
Volume wadah = $\pi \times r^2 \times t$
= $3,14 \times (7,5^2) \times 17,5$
= 3090938 cm^3
= 3,090938 liter
- b. Berat wadah = 4,29 kg
- c. Berat wadah + agregat = 9,44 kg
- d. Berat agregat (c-b) = $9,44 - 4,29$
= 5,15 kg
- e. Berat volume (d/a) = $\frac{d}{a}$
= $\frac{5,15}{3,090938}$
= 1,666 kg/liter

Dari hasil pengujian didapatkan berat volume pada agregat kasar sebesar 1,666 kg/liter.



4.1.6 Analisis Kadar Air Agregat Halus

Pada pengujian analisis kadar air agregat halus berpedoman pada SNI 03-1971:1990. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian kadar air pada agregat halus:

1. Timbang berat wadah dalam keadaan kosong



Gambar 4.19 Menimbang Wadah

2. Isi wadah dengan agregat halus seberat 500 gram
3. Timbang wadah yang telah terisi dengan agregat halus



Gambar 4.20 Menimbang Wadah Berisi Agregat Halus

4. Keringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama \pm 24 jam



5. Setelah dikeringkan kemudian timbang kembali wadah beserta benda uji.



Gambar 4.21 Menimbang Wadah Berisi Agregat Halus Kering
Setelah selesai melakukan langkah pengujian kadar air agregat halus
maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Berat wadah = 70,4 gr
- b. Berat wadah + agregat = 570,4 gr
- c. Berat agregat (b-a) = 570,4 – 70,4
= 500 gr
- d. Berat wadah + agregat kering = 565,4 gr
- e. Berat agregat kering (d-a) = 565,4 – 70,4
= 495 gr
- f. Kadar air = $\frac{c-e}{e} \times 100\%$
= $\frac{500-495}{495} \times 100\%$
= 1,01%

Dari hasil pengujian didapatkan kadar air pada agregat halus sebesar 1,01%.

4.1.7 Analisis Kadar Air Agregat Kasar

Pada pengujian analisis kadar air agregat kasar berpedoman pada SNI 03-1971:1990. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian kadar air pada agregat kasar:



1. Timbang berat wadah dalam keadaan kosong



Gambar 4.22 Menimbang Wadah

2. Isi wadah dengan agregat kasar seberat 500 gram
3. Timbang wadah yang telah terisi dengan agregat kasar



Gambar 4.23 Menimbang Wadah Berisi Agregat Kasar

4. Keringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam
5. Setelah dikeringkan kemudian timbang kembali wadah beserta benda uji



Gambar 4.24 Menimbang Wadah Berisi Agregat Kasar Kering



Setelah selesai melakukan langkah pengujian kadar air agregat kasar maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Berat wadah = 75,7 gr
- b. Berat wadah + agregat = 575,7 gr
- c. Berat agregat (b-a) = 575,7 – 75,7
= 500 gr
- d. Berat wadah + agregat kering = 572,6 gr
- e. Berat agregat kering (d-a) = 572,6 – 75,7
= 496,9 gr
- f. Kadar air = $\frac{c-e}{e} \times 100\%$
= $\frac{500-496,9}{496,9} \times 100\%$
= 0,62%

Dari hasil pengujian didapatkan kadar air pada agregat kasar sebesar 0,62%.

4.1.8 Analisis Berat Jenis Agregat Halus

Pada pengujian analisis berat jenis agregat halus berpedoman pada SNI 1970:2008. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian berat jenis pada agregat halus:

1. Siapkan agregat halus seberat 500 gram kemudian rendam dalam air selama 24 jam. Gambar 4.25 merupakan gambar agregat halus yang direndam



Gambar 4.25 Agregat Halus Direndam



2. Setelah 24 jam perendaman air dibuang dan agregat halus dikeringkan hingga kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD)
3. Untuk mengetahui kondisi SSD pada agregat halus maka dilakukan pengecekan kondisi SSD dengan cara memasukan sebagian agregat kedalam kerucut dan dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali menggunakan besi pematat



Gambar 4.26 Agregat Halus Dalam Kerucut

4. Selanjutnya angkat kerucut dan lihat agregat halusnya, jika mengalami keruntuhan maka agregat halus tersebut dalam kondisi SSD



Gambar 4.27 Hasil Uji SSD

5. Lakukan penimbangan piknometer kosong kemudian isi piknometer menggunakan air hingga batas piknometer dan timbang kembali



Gambar 4.28 Menimbang Piknometer

6. Masukkan agregat halus dengan kondisi SSD kedalam piknometer



Gambar 4.29 Agregat Halus Dalam Piknometer

7. Kemudian isi air kedalam piknometer yang sudah terisi agregat halus setinggi garis pembatas yang terdapat pada piknometer



Gambar 4.30 Piknometer Berisi Agregat Halus dan Air



8. Lalu kocok piknometer supaya menghilangkan gelembung-gelembung udara yang terdapat pada piknometer
9. Setelah piknometer selesai dikocok, timbang kembali piknometer
10. Keluarkan agregat halus dari piknometer, lalu keringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam
11. Setelah agregat halus selesai dikeringkan menggunakan oven, timbang dan catat berat agregat halus



Gambar 4.31 Menimbang Agregat Halus

Setelah selesai melakukan langkah pengujian berat jenis agregat halus maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Berat piknometer = 169,0 gr
- b. Berat contoh (SSD) = 500 gr
- c. Berat piknometer + air + berat contoh (SSD) = 942,8 gr
- d. Berat piknometer + berat contoh = 669,0 gr
- e. Berat contoh kering = 436 gr

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

$$\text{Apparent Spec. Grav} \left(\frac{E}{E+D-C} \right) = \left(\frac{436}{436+669-942,8} \right) = 2,688 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi Kering} \left(\frac{E}{B+D-C} \right) = \left(\frac{436}{500+669-942,8} \right) = 1,927 \text{ gr/cm}^3$$



$$\begin{aligned} \text{Bulk Spec. Grav. Kondisi SSD } \left(\frac{B}{B+D-C} \right) &= \left(\frac{500}{500+669-942,8} \right) \\ &= 2,210 \text{ gr/cm}^3 \\ \% \text{ Penyerapan Air } \left(\frac{B-E}{E} \right) \times 100\% &= \left(\frac{500-438}{438} \right) \times 100\% \\ &= 14,155 \% \end{aligned}$$

Setelah selesai melakukan perhitungan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat halus, maka didapat hasil pengujian yang dirangkum pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

| Keterangan | Hasil Percobaan |
|---|-----------------|
| <i>Apparent Specific Gravity</i> (gr/cm ³) | 2,688 |
| <i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (gr/cm ³) | 1,927 |
| <i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (gr/cm ³) | 2,210 |
| % Penyerapan Air | 14,155 |

Berdasarkan pengujian berat jenis agregat halus yang telah dilakukan maka didapatkan berat jenis semu sebesar 2,688 gr/cm³, berat jenis curah kering sebesar 1,927 gr/cm³, berat jenis curah SSD (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2,210 gr/cm³ dan penyerapan air sebesar 14,155 %.

4.1.9 Analisis Berat Jenis Agregat Kasar

Pada pengujian analisis berat jenis agregat kasar berpedoman pada SNI 1970:2008. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian berat jenis pada agregat kasar:

1. Siapkan agregat kasar seberat 500 gram kemudian rendam dalam air selama 24 jam. Gambar 4.32 merupakan gambar agregat kasar yang direndam



Gambar 4.32 Agregat Kasar Direndam

2. Setelah 24 jam perendaman air dibuang dan agregat kasar dikeringkan hingga kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD)
3. Untuk mengetahui kondisi SSD pada agregat kasar maka dilakukan pengecekan kondisi SSD dengan mengeringkan agregat kasar dengan handuk atau kain.



Gambar 4.33 Agregat Kasar Dikeringkan Dengan Kain

4. Lakukan penimbangan piknometer kosong kemudian isi piknometer menggunakan air hingga batas piknometer dan timbang kembali



Gambar 4.34 Menimbang Piknometer



5. Masukkan agregat kasar dengan kondisi SSD kedalam piknometer



Gambar 4.35 Agregat Kasar Dalam Piknometer

6. Kemudian isi air kedalam piknometer yang sudah terisi agregat kasar setinggi garis pembatas yang terdapat pada piknometer



Gambar 4.36 Piknometer Berisi Agregat Kasar dan Air

7. Lalu kocok piknometer supaya menghilangkan gelembung-gelembung udara yang terdapat pada piknometer
8. Setelah piknometer selesai dikocok, timbang kembali piknometer
9. Keluarkan agregat kasar dari piknometer, lalu keringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam
10. Setelah agregat kasar selesai dikeringkan menggunakan oven, timbang dan catat berat agregat kasar



Gambar 4.37 Menimbang Agregat Kasar

Setelah selesai melakukan langkah pengujian berat jenis agregat kasar maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Berat piknometer = 168,7 gr
- b. Berat contoh (SSD) = 500 gr
- c. Berat piknometer + air + berat contoh (SSD) = 975,9 gr
- d. Berat piknometer + berat contoh = 668,7 gr
- e. Berat contoh kering = 471,4 gr

Berdasarkan data-data di atas, selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Apparent Spec. Grav} \left(\frac{E}{E+D-C} \right) = \left(\frac{471,4}{471,4+668,7-975,9} \right) = 2,871 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi Kering} \left(\frac{E}{B+D-C} \right) = \left(\frac{471,4}{500+668,7-975,9} \right) = 2,445 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Spec. Grav. Kondisi SSD} \left(\frac{B}{B+D-C} \right) = \left(\frac{500}{500+668,7-975,9} \right) = 2,593 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Penyerapan Air} \left(\frac{B-E}{E} \right) \times 100\% = \left(\frac{500-471,4}{471,4} \right) \times 100\% = 6,067 \%$$

Setelah selesai melakukan perhitungan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar, maka didapat hasil pengujian yang dirangkum pada Tabel 4.4.



Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

| Keterangan | Hasil Percobaan |
|---|-----------------|
| <i>Apparent Specific Gravity</i> (gr/cm ³) | 2,871 |
| <i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (gr/cm ³) | 2,445 |
| <i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (gr/cm ³) | 2,593 |
| % Penyerapan Air | 6,067 |

Berdasarkan pengujian berat jenis agregat kasar yang telah dilakukan maka didapatkan berat jenis semu sebesar 2,871 gr/cm³, berat jenis curah kering sebesar 2,445 gr/cm³, berat jenis curah SSD (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2,593 gr/cm³ dan penyerapan air sebesar 6,067 %.

4.2 Perhitungan Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

Setelah tahapan pengujian terhadap material penyusun beton telah selesai dilakukan, tahapan selanjutnya pada penelitian kali ini adalah perhitungan campuran adukan beton (*mix design*). Pada sub bab ini akan dijelaskan perhitungan campuran masing-masing material penyusun beton dan juga prosedur-prosedur yang dilakukan dalam proses pembuatan benda uji. Pada perhitungan campuran adukan beton (*mix design*) penelitian kali ini berpedoman menurut SNI 7394-2008.

Mutu beton yang direncanakan pada penelitian kali ini adalah K 150. Untuk membuat 1 m³ beton dengan mutu beton K 150 memiliki perbandingan semen 299 kg, pasir 799 kg, kerikil 1017 kg, air 215 kg dan *water ratio* 0,72. Perhitungan campuran adukan beton (*mix design*) ini untuk membuat lima variabel benda uji yang telah direncanakan sebagai berikut: variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%. Kelima variabel benda uji tersebut akan dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 28 hari dan 56 hari. Total benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini berjumlah 45 benda uji.



Berikut merupakan perencanaan *mix design* untuk membuat satu benda uji dengan mutu K 150:

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 (299 kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Berat semen} \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 299 \\ &= 1,585 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Pasir (799 kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Berat pasir} \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 799 \\ &= 4,235 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Agregat Kasar (1017 kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Berat Agregat Kasar} \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 1017 \\ &= 5,390 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Air (215 kg/m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{silinder}}}{1} \times \text{Air} \\ &= \frac{0,0053}{1} \times 215 \\ &= 1,140 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. *Fly Ash* kadar 4%

$$\begin{aligned} &= \text{Berat semen} \times \text{Kadar fly ash} \\ &= 1,585 \times 4\% \\ &= 0,063 \text{ kg} \end{aligned}$$



g. *Fly Ash* kadar 5%

$$\begin{aligned} &= \text{Berat semen} \times \text{Kadar fly ash} \\ &= 1,585 \times 5\% \\ &= 0,079 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. *Fly Ash* kadar 6%

$$\begin{aligned} &= \text{Berat semen} \times \text{Kadar fly ash} \\ &= 1,585 \times 6\% \\ &= 0,095 \text{ kg} \end{aligned}$$

i. *Fly Ash* kadar 7%

$$\begin{aligned} &= \text{Berat semen} \times \text{Kadar fly ash} \\ &= 1,585 \times 7\% \\ &= 0,111 \text{ kg} \end{aligned}$$

j. *Viscocrete 3115* 2%

$$\begin{aligned} &= \text{Berat semen} \times \text{Kadar viscocrete} \\ &= 1,585 \times 2\% \\ &= 0,032 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan campuran adukan beton (*mix design*) yang berpedoman menurut SNI 7394-2008 maka dapat disimpulkan bahwa untuk membuat satu benda uji untuk setiap kadar (0%, 4%, 5%, 6% dan 7%) membutuhkan semen 1,585 kg; pasir 4,235 kg; agregat kasar 5,390 kg; dan air 1,140 kg.

4.3 Pembuatan Benda Uji

Setelah tahapan perhitungan campuran adukan beton (*mix design*) telah selesai, dilanjutkan dengan tahap pembuatan benda uji. Pelaksanaan pembuatan benda uji pada penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap.

Tahap pertama adalah pembuatan benda uji untuk umur 7 hari, lalu untuk umur 28 hari dan umur 56 hari yang terdiri dari lima variabel (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%). Untuk total pembuatan benda uji



setiap variabel berjumlah sembilan buah benda uji, dengan membuat tiga benda uji untuk setiap umur pengujian beton.

Berikut penjelasan mengenai prosedur-prosedur pembuatan tiga benda uji:

- a. Siapkan agregat halus seberat 14,8179 kg



Gambar 4.38 Menimbang Agregat Halus

- b. Siapkan agregat kasar seberat 18,8609 kg



Gambar 4.39 Menimbang Agregat Kasar

- c. Siapkan semen seberat 5,5451 kg



Gambar 4.40 Menimbang Semen



d. Siapkan air seberat 3,9873 kg



Gambar 4.41 Menimbang Air

e. Agregat halus dan agregat kasar yang telah disiapkan dimasukan kedalam mesin molen (*concrete mixer*) dengan perbandingan yang telah direncanakan



Gambar 4.42 Proses Memasukan Agregat Halus



Gambar 4.43 Proses Memasukan Agregat Kasar



- f. Kemudian masukan semen yang sudah disiapkan kedalam mesin molen (*concrete mixer*) yang telah berisi agregat halus dan agregat kasar



Gambar 4.44 Proses Memasukan Semen

- g. Kemudian tambahkan *fly ash* yang telah disiapkan kedalam mesin molen (*concrete mixer*). Penambahan *fly ash* dilakukan pada variabel B seberat 221,8 gr, variabel C seberat 277,2 gr, variabel D seberat 332,7 gr, dan variabel E seberat 388,1 gr



Gambar 4.45 Proses Memasukan *Fly Ash*

- h. Lalu masukan air sesuai takaran yang sudah disiapkan kedalam mesin molen (*concrete mixer*)



Gambar 4.46 Proses Memasukan Air

- i. Kemudian masukan *viscocrete 3115 ID* seberat 110,9 gr kedalam mesin molen (*concrete mixer*) untuk variabel B, variabel C, variabel D, dan variabel E
- j. Lalu jika proses pencampuran beton sudah selesai dan merata, kemudian dilanjutkan dengan melakukan *slump test* untuk dapat mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dan kekentalan pada beton tersebut



Gambar 4.47 Nilai *Slump Test*

- k. Jika proses *slump test* sudah selesai dilanjutkan dengan menuangkan hasil adukan campuran beton kedalam cetakan berbentuk silinder yang terbagi menjadi tiga lapisan. Isi lapisan pertama sebanyak 1/3 bagian dan padatkan dengan 25 kali tumbukan, lakukan langkah yang sama pada lapisan kedua dan ketiga sampai cetakan penuh terisi beton segar



Gambar 4.48 Proses Memasukan Adukan Kedalam Cetakan

1. Diamkan cetakan benda uji yang telah terisi beton segar tersebut selama ± 24 jam dan letakkan di tempat yang tidak terkena sinar matahari



Gambar 4.49 Penyimpanan Benda Uji

- m. Setelah ± 24 jam, cetakan beton dapat dibuka dan benda uji tersebut dimasukkan kedalam bak perendam yang sudah berisi air rob untuk dilakukan proses perawatan beton (*curing*).



Gambar 4.50 Pelepasan Cetakan Benda Uji



Gambar 4.51 Proses Perawatan Benda Uji Dengan Air Rob

4.4 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan benda uji dilakukan pada benda uji sebelum dilakukan langkah pengujian kuat tekan beton. Perawatan benda uji (*curing*) berpedoman pada SNI 2847:2013. Pada proses perawatan benda uji (*curing*) menggunakan metode perendaman. Proses perendaman (*curing*) dilakukan selama 6 hari untuk pengujian benda uji pada umur 7 hari, proses perendaman (*curing*) dilakukan selama 27 hari untuk pengujian benda uji pada umur 28 hari dan proses perendaman (*curing*) dilakukan selama 55 hari untuk pengujian benda uji pada umur 56 hari. Pada penelitian ini dilakukan perawatan (*curing*) dengan cara merendam benda uji dengan air rob dalam bak perendaman yang terletak di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata.

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tahap yang dilakukan setelah proses perawatan benda uji adalah dilakukan pengujian kuat tekan beton pada hari ke 7, 28 dan 56. Uji kuat tekan pada sampel beton berguna untuk dapat mengetahui kemampuan dari sampel beton tersebut menahan gaya tekan. Kuat tekan beton adalah perbandingan beban terhadap luas penampang beton. Nilai kuat tekan beton yang terbaca oleh mesin uji kuat tekan dinyatakan dalam satuan (kN). Uji kuat tekan ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.



4.5.1 Langkah-Langkah Pengujian Kuat Tekan Beton

Untuk melakukan pengujian kuat tekan beton dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Setelah dilakukan perawatan benda uji selama 6 hari, 27 hari, dan 55 hari benda uji diangkat dan dipindahkan ke tempat kering
- b. Dilakukan penimbangan pada benda uji yang sudah kering dengan timbangan digital
- c. Setelah dilakukan penimbangan benda uji kemudian dilakukan *capping* pada atas permukaan benda uji. Berikut ini merupakan tahapan pengerjaan *capping*:
 1. Siapkan belerang bubuk
 2. Letakkan belerang pada wajan untuk dipanaskan menggunakan kompor



Gambar 4.52 Proses Mencairkan Belerang

3. Menyiapkan alat *vertical cylinder capping concrete*
4. Alat *vertical cylinder capping concrete* yang akan digunakan terlebih dahulu dilapisi dengan oli pada permukaannya
5. Tuangkan belerang yang sudah cair ke permukaan alat *vertical cylinder capping concrete*
6. Permukaan atas benda uji diletakkan pada belerang yang telah dituang pada alat *vertical cylinder capping concrete* kemudian tunggu hingga kering



Gambar 4.53 Proses *Capping* Pada Benda Uji

7. Lepaskan benda uji yang telah terlapsi *capping* belerang.



Gambar 4.54 Benda Uji Sudah Dicapping

- d. Setelah dilakukan proses *capping* benda uji diletakkan pada mesin kuat tekan yang terdapat di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata
- e. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menghidupkan saklar mesin dan pengujian kuat tekan dihentikan jika jarum pada dial mesin telah menurun
- f. Dilakukan pencatatan pada nilai kuat tekan yang ditunjukkan oleh dial.

4.5.2 Berat Massa Volume Beton Benda Uji Silinder

Berikut merupakan data-data berat massa volume benda uji pada umur 7, 28, dan 56 hari:



1. Benda Uji Umur 7 Hari

Berikut contoh perhitungan berat massa volume benda uji pada umur 7 hari sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) sebagai berikut:

a. Berat benda uji:

- (1) Variabel A-1 = 12,36 kg
- (2) Variabel B-1 = 12,56 kg
- (3) Variabel C-1 = 12,45 kg
- (4) Variabel D-1 = 12,73 kg
- (5) Variabel E-1 = 12,69 kg

b. Perhitungan volume benda uji:

- (1) Variabel A-1 $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30$
 $= 5298,75 \text{ cm}^3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$
- (2) Variabel B-1 $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30$
 $= 5298,75 \text{ cm}^3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$
- (3) Variabel C-1 $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30$
 $= 5298,75 \text{ cm}^3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$
- (4) Variabel D-1 $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30$
 $= 5298,75 \text{ cm}^3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$



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

c. Perhitungan berat massa volume benda uji:

$$\begin{aligned}(1) \text{ Variabel A-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,36}{0,0053} \\ &= 2332,075 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2) \text{ Variabel B-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,56}{0,0053} \\ &= 2369,811 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \text{ Variabel C-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,45}{0,0053} \\ &= 2349,057 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(4) \text{ Variabel D-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,73}{0,0053} \\ &= 2401,887 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(5) \text{ Variabel E-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,69}{0,0053} \\ &= 2394,340 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan berat massa volume pada benda uji diatas, berikut merupakan data hasil perhitungan berat massa volume benda uji sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel



C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%):

Tabel 4.5 Berat Massa Volume Benda Uji Umur 7 Hari

| Benda Uji | Berat Benda Uji (kg) | Volume Benda Uji (m ³) | Berat Massa Benda Uji (kg/m ³) | Rata-Rata Berat Massa Benda Uji (kg/m ³) |
|-----------|----------------------|------------------------------------|--|--|
| A-1 | 12,36 | 0,0053 | 2332,075 | 2371,447 |
| A-2 | 12,39 | 0,0053 | 2337,736 | |
| A-3 | 12,18 | 0,0053 | 2298,113 | |
| B-1 | 12,56 | 0,0053 | 2369,811 | |
| B-2 | 12,82 | 0,0053 | 2418,868 | |
| B-3 | 12,80 | 0,0053 | 2415,094 | |
| C-1 | 12,45 | 0,0053 | 2349,057 | |
| C-2 | 12,49 | 0,0053 | 2356,604 | |
| C-3 | 12,57 | 0,0053 | 2371,698 | |
| D-1 | 12,73 | 0,0053 | 2401,887 | |
| D-2 | 12,57 | 0,0053 | 2371,698 | |
| D-3 | 12,57 | 0,0053 | 2371,698 | |
| E-1 | 12,69 | 0,0053 | 2394,340 | |
| E-2 | 12,74 | 0,0053 | 2403,774 | |
| E-3 | 12,61 | 0,0053 | 2379,245 | |

Berdasarkan Tabel 4.5, maka rata-rata berat massa benda uji untuk umur 7 hari memiliki rata-rata massa benda uji sebesar 2371,447 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang dibuat termasuk dalam kategori beton normal. Hal ini dikarenakan beton normal memiliki berat antara 2200 – 2500 kg/m³.

2. Benda Uji Umur 28 Hari

Berikut contoh perhitungan berat massa volume benda uji pada umur 28 hari sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) sebagai berikut:

a. Berat benda uji:

- (1) Variabel A-1 = 12,10 kg
- (2) Variabel B-1 = 12,39 kg
- (3) Variabel C-1 = 12,45 kg
- (4) Variabel D-1 = 12,44 kg
- (5) Variabel E-1 = 12,68 kg



b. Perhitungan volume benda uji:

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

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

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

$$\begin{aligned}(4) \text{ Variabel D-1} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

c. Perhitungan berat massa volume benda uji:

$$\begin{aligned}(1) \text{ Variabel A-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,10}{0,0053} \\ &= 2283,019 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2) \text{ Variabel B-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,39}{0,0053} \\ &= 2337,736 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}(3) \text{ Variabel C-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,45}{0,0053} \\ &= 2349,057 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(4) \text{ Variabel D-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,44}{0,0053} \\ &= 2347,170 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(5) \text{ Variabel E-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,68}{0,0053} \\ &= 2392,453 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan berat massa volume pada benda uji diatas, berikut merupakan data hasil perhitungan berat massa volume benda uji sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%):

Tabel 4.6 Berat Massa Volume Benda Uji Umur 28 Hari

| Benda Uji | Berat Benda Uji (kg) | Volume Benda Uji (m ³) | Berat Massa Benda Uji (kg/m ³) | Rata-Rata Berat Massa Benda Uji (kg/m ³) |
|-----------|----------------------|------------------------------------|--|--|
| A-1 | 12,10 | 0,0053 | 2283,019 | 2340,377 |
| A-2 | 12,25 | 0,0053 | 2311,321 | |
| A-3 | 11,98 | 0,0053 | 2260,377 | |
| B-1 | 12,39 | 0,0053 | 2337,736 | |
| B-2 | 12,32 | 0,0053 | 2324,528 | |
| B-3 | 12,53 | 0,0053 | 2364,151 | |
| C-1 | 12,45 | 0,0053 | 2349,057 | |
| C-2 | 12,65 | 0,0053 | 2386,792 | |
| C-3 | 12,52 | 0,0053 | 2362,264 | |
| D-1 | 12,44 | 0,0053 | 2347,170 | |
| D-2 | 12,51 | 0,0053 | 2360,377 | |
| D-3 | 12,38 | 0,0053 | 2335,849 | |
| E-1 | 12,68 | 0,0053 | 2392,453 | |
| E-2 | 12,44 | 0,0053 | 2347,170 | |
| E-3 | 12,42 | 0,0053 | 2343,396 | |

Berdasarkan Tabel 4.6, maka rata-rata berat massa benda uji untuk umur 28 hari memiliki rata-rata massa benda uji sebesar 2340,377



kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang dibuat termasuk dalam kategori beton normal. Hal ini dikarenakan beton normal memiliki berat antara 2200 – 2500 kg/m³.

3. Benda Uji Umur 56 Hari

Berikut contoh perhitungan berat massa volume benda uji pada umur 56 hari sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) sebagai berikut:

a. Berat benda uji:

(1) Variabel A-1 = 12,32 kg

(2) Variabel B-1 = 12,51 kg

(3) Variabel C-1 = 12,30 kg

(4) Variabel D-1 = 12,37 kg

(5) Variabel E-1 = 12,72 kg

b. Perhitungan volume benda uji:

(1) Variabel A-1 = $\pi \times r^2 \times t$
= $3,14 \times 7,5^2 \times 30$
= 5298,75 cm³
= 0,0053 m³

(2) Variabel B-1 = $\pi \times r^2 \times t$
= $3,14 \times 7,5^2 \times 30$
= 5298,75 cm³
= 0,0053 m³

(3) Variabel C-1 = $\pi \times r^2 \times t$
= $3,14 \times 7,5^2 \times 30$
= 5298,75 cm³
= 0,0053 m³



$$\begin{aligned}(4) \text{ Variabel D-1} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

c. Perhitungan berat massa volume benda uji:

$$\begin{aligned}(1) \text{ Variabel A-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,32}{0,0053} \\ &= 2324,528 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2) \text{ Variabel B-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,51}{0,0053} \\ &= 2360,377 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \text{ Variabel C-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,30}{0,0053} \\ &= 2320,755 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(4) \text{ Variabel D-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,37}{0,0053} \\ &= 2333,962 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(5) \text{ Variabel E-1} &= \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}} \\ &= \frac{12,72}{0,0053} \\ &= 2400,000 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$



Berdasarkan perhitungan berat massa volume pada benda uji diatas, berikut merupakan data hasil perhitungan berat massa volume benda uji sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%):

Tabel 4.7 Berat Massa Volume Benda Uji Umur 56 Hari

| Benda Uji | Berat Benda Uji (kg) | Volume Benda Uji (m ³) | Berat Massa Benda Uji (kg/m ³) | Rata-Rata Berat Massa Benda Uji (kg/m ³) |
|-----------|----------------------|------------------------------------|--|--|
| A-1 | 12,32 | 0,0053 | 2324,528 | 2351,321 |
| A-2 | 12,49 | 0,0053 | 2356,604 | |
| A-3 | 12,13 | 0,0053 | 2288,679 | |
| B-1 | 12,51 | 0,0053 | 2360,377 | |
| B-2 | 12,71 | 0,0053 | 2398,113 | |
| B-3 | 12,56 | 0,0053 | 2369,811 | |
| C-1 | 12,3 | 0,0053 | 2320,755 | |
| C-2 | 12,3 | 0,0053 | 2320,755 | |
| C-3 | 12,22 | 0,0053 | 2305,660 | |
| D-1 | 12,37 | 0,0053 | 2333,962 | |
| D-2 | 12,49 | 0,0053 | 2356,604 | |
| D-3 | 12,32 | 0,0053 | 2324,528 | |
| E-1 | 12,72 | 0,0053 | 2400,000 | |
| E-2 | 12,83 | 0,0053 | 2420,755 | |
| E-3 | 12,66 | 0,0053 | 2388,679 | |

Berdasarkan Tabel 4.7, maka rata-rata berat massa benda uji untuk umur 56 hari memiliki rata-rata massa benda uji sebesar 2351,321 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang dibuat termasuk dalam kategori beton normal. Hal ini dikarenakan beton normal memiliki berat antara 2200 – 2500 kg/m³.

4.5.3 Hasil Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton diperoleh dari mesin uji kuat tekan (*compression testing machine*). Uji kuat tekan pada beton berguna untuk mengetahui kemampuan dari benda uji dalam menahan gaya tekan. Pengujian dilakukan hingga mencapai kekuatan maksimum yang ditandai dengan keretakan pada benda uji. Berikut merupakan perhitungan uji kuat tekan beton:



1. Beton umur 7 hari

Berikut contoh perhitungan kuat tekan benda uji pada umur 7 hari sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) sebagai berikut:

a. Perhitungan luas penampang benda uji

$$\begin{aligned} A &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 75^2 \\ &= 17662,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = konstanta (3,14)

r = jari-jari benda uji silinder (mm)

b. Perhitungan kuat tekan benda uji

$$\begin{aligned} 1) \text{ Variabel A-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{180 \times 1000}{17662,5} \\ &= 10,191 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Variabel B-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{240 \times 1000}{17662,5} \\ &= 13,588 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Variabel C-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{410 \times 1000}{17662,5} \\ &= 23,213 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Variabel D-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{380 \times 1000}{17662,5} \end{aligned}$$



$$= 21,515 \text{ N/mm}^2$$

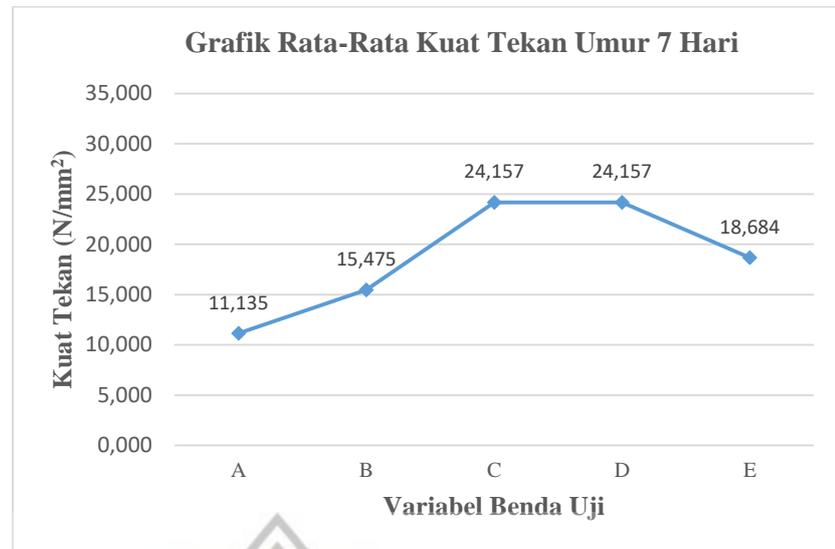
$$\begin{aligned} 5) \text{ Variabel E-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{280 \times 1000}{17662,5} \\ &= 15,853 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kuat tekan pada benda uji diatas, berikut merupakan data hasil perhitungan uji kuat tekan benda uji sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%):

Tabel 4.8 Hasil Kuat Tekan Benda Uji Umur 7 Hari

| Benda Uji | Umur (hari) | Berat Benda Uji (kg) | Dimensi | | Luas Bidang (mm ²) | Gaya Tekan (kN) | Kuat Tekan (N/mm ²) | Rata-Rata Kuat Tekan (N/mm ²) |
|-----------|-------------|----------------------|---------|--------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|---|
| | | | L (mm) | D (mm) | | | | |
| A-1 | 7 | 12,36 | 300 | 150 | 17662,5 | 180 | 10,191 | 11,135 |
| A-2 | 7 | 12,39 | 300 | 150 | 17662,5 | 210 | 11,890 | |
| A-3 | 7 | 12,18 | 300 | 150 | 17662,5 | 200 | 11,323 | |
| B-1 | 7 | 12,56 | 300 | 150 | 17662,5 | 240 | 13,588 | 15,475 |
| B-2 | 7 | 12,82 | 300 | 150 | 17662,5 | 300 | 16,985 | |
| B-3 | 7 | 12,8 | 300 | 150 | 17662,5 | 280 | 15,853 | |
| C-1 | 7 | 12,45 | 300 | 150 | 17662,5 | 410 | 23,213 | 24,157 |
| C-2 | 7 | 12,49 | 300 | 150 | 17662,5 | 440 | 24,912 | |
| C-3 | 7 | 12,57 | 300 | 150 | 17662,5 | 430 | 24,345 | |
| D-1 | 7 | 12,73 | 300 | 150 | 17662,5 | 380 | 21,515 | 24,157 |
| D-2 | 7 | 12,57 | 300 | 150 | 17662,5 | 490 | 27,742 | |
| D-3 | 7 | 12,57 | 300 | 150 | 17662,5 | 410 | 23,213 | |
| E-1 | 7 | 12,69 | 300 | 150 | 17662,5 | 280 | 15,853 | 18,684 |
| E-2 | 7 | 12,74 | 300 | 150 | 17662,5 | 380 | 21,515 | |
| E-3 | 7 | 12,61 | 300 | 150 | 17662,5 | 330 | 18,684 | |

Berdasarkan Tabel 4.8 hasil kuat tekan benda uji umur 7 hari maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 4.55 Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Umur 7 Hari

Berdasarkan Gambar 4.55 diketahui bahwa benda uji pada umur 7 hari didapatkan rata-rata kuat tekan sebagai berikut: variabel A sebesar 11,135 N/mm², variabel B sebesar 15,475 N/mm², variabel C sebesar 24,157 N/mm², variabel D sebesar 24,157 N/mm² dan variabel E sebesar 18,684 N/mm². Maka dapat dilihat rata-rata kuat tekan terendah pada variabel A sebesar 11,135 N/mm², rata-rata kuat tekan optimal pada variabel C dan D sebesar 24,157 N/mm² dan terjadi penurunan pada variabel E dengan rata-rata kuat tekan 18,684 N/mm².

2. Beton umur 28 hari

Berikut contoh perhitungan kuat tekan benda uji pada umur 28 hari sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) sebagai berikut:

a. Perhitungan luas penampang benda uji

$$\begin{aligned} A &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 75^2 \\ &= 17662,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Keterangan:

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = konstanta (3,14)

r = jari-jari benda uji silinder (mm)

b. Perhitungan kuat tekan benda uji

$$\begin{aligned} 1) \text{ Variabel A-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{290 \times 1000}{17662,5} \\ &= 16,419 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Variabel B-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{420 \times 1000}{17662,5} \\ &= 23,779 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Variabel C-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{440 \times 1000}{17662,5} \\ &= 24,912 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Variabel D-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{540 \times 1000}{17662,5} \\ &= 30,573 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \text{ Variabel E-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{490 \times 1000}{17662,5} \\ &= 27,742 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kuat tekan pada benda uji diatas, berikut merupakan data hasil perhitungan uji kuat tekan benda uji sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5%

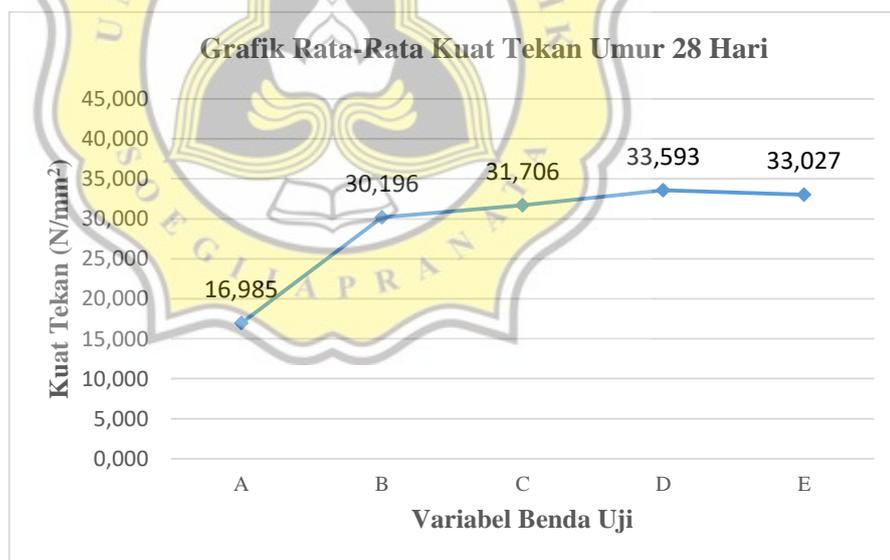


dan *viscocrete 2%*, variabel D: *fly ash 6%* dan *viscocrete 2%* dan variabel E: *fly ash 7%* dan *viscocrete 2%*):

Tabel 4.9 Hasil Kuat Tekan Benda Uji Umur 28 Hari

| Benda Uji | Umur (hari) | Berat Benda Uji (kg) | Dimensi | | Luas Bidang (mm ²) | Gaya Tekan (kN) | Kuat Tekan (N/mm ²) | Rata-Rata Kuat Tekan (N/mm ²) |
|-----------|-------------|----------------------|---------|--------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|---|
| | | | L (mm) | D (mm) | | | | |
| A-1 | 28 | 12,10 | 300 | 150 | 17662,5 | 290 | 16,419 | 16,985 |
| A-2 | 28 | 12,25 | 300 | 150 | 17662,5 | 310 | 17,551 | |
| A-3 | 28 | 11,98 | 300 | 150 | 17662,5 | 300 | 16,985 | |
| B-1 | 28 | 12,39 | 300 | 150 | 17662,5 | 420 | 23,779 | 30,196 |
| B-2 | 28 | 12,32 | 300 | 150 | 17662,5 | 600 | 33,970 | |
| B-3 | 28 | 12,53 | 300 | 150 | 17662,5 | 580 | 32,838 | |
| C-1 | 28 | 12,45 | 300 | 150 | 17662,5 | 440 | 24,912 | 31,706 |
| C-2 | 28 | 12,65 | 300 | 150 | 17662,5 | 630 | 35,669 | |
| C-3 | 28 | 12,52 | 300 | 150 | 17662,5 | 610 | 34,536 | |
| D-1 | 28 | 12,44 | 300 | 150 | 17662,5 | 540 | 30,573 | 33,593 |
| D-2 | 28 | 12,51 | 300 | 150 | 17662,5 | 620 | 35,103 | |
| D-3 | 28 | 12,38 | 300 | 150 | 17662,5 | 620 | 35,103 | |
| E-1 | 28 | 12,68 | 300 | 150 | 17662,5 | 490 | 27,742 | 33,027 |
| E-2 | 28 | 12,44 | 300 | 150 | 17662,5 | 660 | 37,367 | |
| E-3 | 28 | 12,42 | 300 | 150 | 17662,5 | 600 | 33,970 | |

Berdasarkan Tabel 4.9 hasil kuat tekan benda uji umur 28 hari maka didapat grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.56.



Gambar 4.56 Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 4.56 diketahui bahwa benda uji pada umur 28 hari didapatkan rata-rata kuat tekan sebagai berikut: variabel A sebesar 16,985 N/mm², variabel B sebesar 30,196 N/mm², variabel C sebesar 31,706 N/mm², variabel D sebesar 33,593 N/mm² dan variabel E sebesar 33,027 N/mm². Maka dapat dilihat rata-rata kuat



tekan terendah pada variabel A sebesar 16,985 N/mm², rata-rata kuat tekan optimal pada variabel D sebesar 33,593 N/mm² dan terjadi penurunan pada variabel E dengan rata-rata kuat tekan 33,027 N/mm².

3. Beton umur 56 hari

Berikut contoh perhitungan kuat tekan benda uji pada umur 56 hari sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) sebagai berikut:

a. Perhitungan luas penampang benda uji

$$\begin{aligned} A &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 75^2 \\ &= 17662,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = konstanta (3,14)

r = jari-jari benda uji silinder (mm)

b. Perhitungan kuat tekan benda uji

$$\begin{aligned} 1) \text{ Variabel A-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{290 \times 1000}{17662,5} \\ &= 16,419 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Variabel B-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{500 \times 1000}{17662,5} \\ &= 28,309 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Variabel C-1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{510 \times 1000}{17662,5} \end{aligned}$$



$$= 28,875 \text{ N/mm}^2$$

$$4) \text{ Variabel D-1} = \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A}$$

$$= \frac{560 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 31,706 \text{ N/mm}^2$$

$$5) \text{ Variabel E-1} = \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A}$$

$$= \frac{500 \times 1000}{17662,5}$$

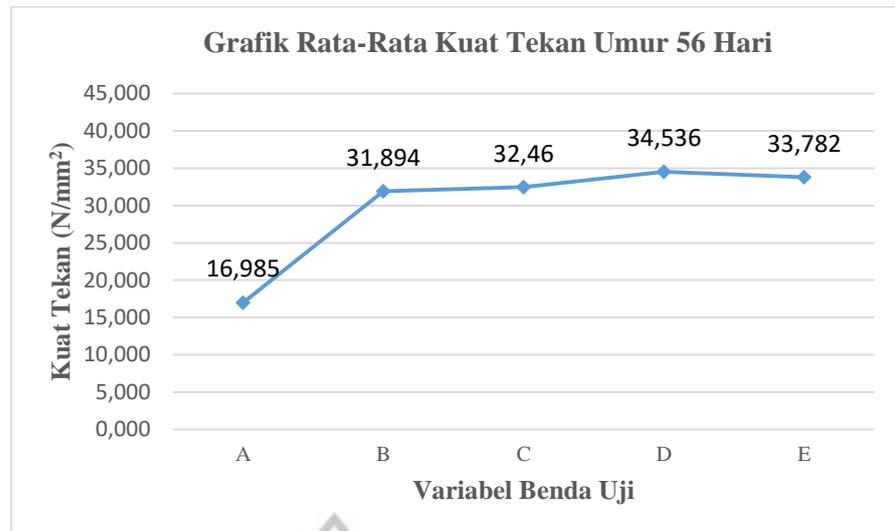
$$= 28,309 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan kuat tekan pada benda uji diatas, berikut merupakan data hasil perhitungan uji kuat tekan benda uji sesuai dengan lima variabel rencana (variabel A: *fly ash* 0% dan *viscocrete* 0%, variabel B: *fly ash* 4% dan *viscocrete* 2%, variabel C: *fly ash* 5% dan *viscocrete* 2%, variabel D: *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% dan variabel E: *fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%):

Tabel 4.10 Hasil Kuat Tekan Benda Uji Umur 56 Hari

| Benda Uji | Umur (hari) | Berat Benda Uji (kg) | Dimensi | | Luas Bidang (mm ²) | Gaya Tekan (kN) | Kuat Tekan (N/mm ²) | Rata-Rata Kuat Tekan (N/mm ²) |
|-----------|-------------|----------------------|---------|--------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|---|
| | | | L (mm) | D (mm) | | | | |
| A-1 | 56 | 12,32 | 300 | 150 | 17662,5 | 290 | 16,419 | 16,985 |
| A-2 | 56 | 12,49 | 300 | 150 | 17662,5 | 310 | 17,551 | |
| A-3 | 56 | 12,13 | 300 | 150 | 17662,5 | 300 | 16,985 | |
| B-1 | 56 | 12,51 | 300 | 150 | 17662,5 | 500 | 28,309 | 31,894 |
| B-2 | 56 | 12,71 | 300 | 150 | 17662,5 | 620 | 35,103 | |
| B-3 | 56 | 12,56 | 300 | 150 | 17662,5 | 570 | 32,272 | |
| C-1 | 56 | 12,30 | 300 | 150 | 17662,5 | 510 | 28,875 | 32,460 |
| C-2 | 56 | 12,30 | 300 | 150 | 17662,5 | 620 | 35,103 | |
| C-3 | 56 | 12,22 | 300 | 150 | 17662,5 | 590 | 33,404 | |
| D-1 | 56 | 12,37 | 300 | 150 | 17662,5 | 560 | 31,706 | 34,536 |
| D-2 | 56 | 12,49 | 300 | 150 | 17662,5 | 660 | 37,367 | |
| D-3 | 56 | 12,32 | 300 | 150 | 17662,5 | 610 | 34,536 | |
| E-1 | 56 | 12,72 | 300 | 150 | 17662,5 | 500 | 28,309 | 33,782 |
| E-2 | 56 | 12,83 | 300 | 150 | 17662,5 | 650 | 36,801 | |
| E-3 | 56 | 12,66 | 300 | 150 | 17662,5 | 640 | 36,235 | |

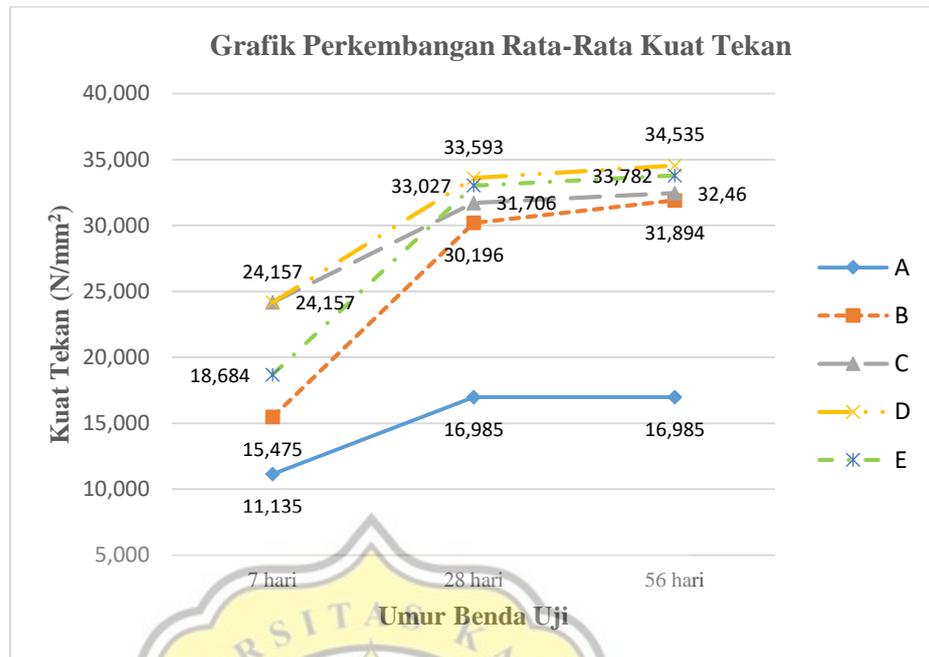
Berdasarkan Tabel 4.10 hasil kuat tekan benda uji umur 56 hari maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 4.57 Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Umur 56 Hari

Berdasarkan Gambar 4.57 diketahui bahwa benda uji pada umur 56 hari didapatkan rata-rata kuat tekan sebagai berikut: variabel A sebesar 16,985 N/mm², variabel B sebesar 31,894 N/mm², variabel C sebesar 32,46 N/mm², variabel D sebesar 34,536 N/mm² dan variabel E sebesar 33,782 N/mm². Maka dapat dilihat rata-rata kuat tekan terendah pada variabel A sebesar 16,985 N/mm², rata-rata kuat tekan optimal pada variabel D sebesar 34,536 N/mm² dan terjadi penurunan pada variabel E dengan rata-rata kuat tekan 33,782 N/mm².

Berdasarkan hasil uji kuat tekan yang telah dilakukan maka didapatkan grafik perkembangan rata-rata kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 4.58.



Gambar 4.58 Grafik Perkembangan Rata-Rata Kuat Tekan

Dapat dilihat pada Gambar 4.58 rata-rata kuat tekan optimal terjadi pada variabel D (*fly ash* 6% dan *viscocrete* 2%) dengan rata-rata nilai kuat tekan masih mengalami peningkatan hingga umur 56 hari.

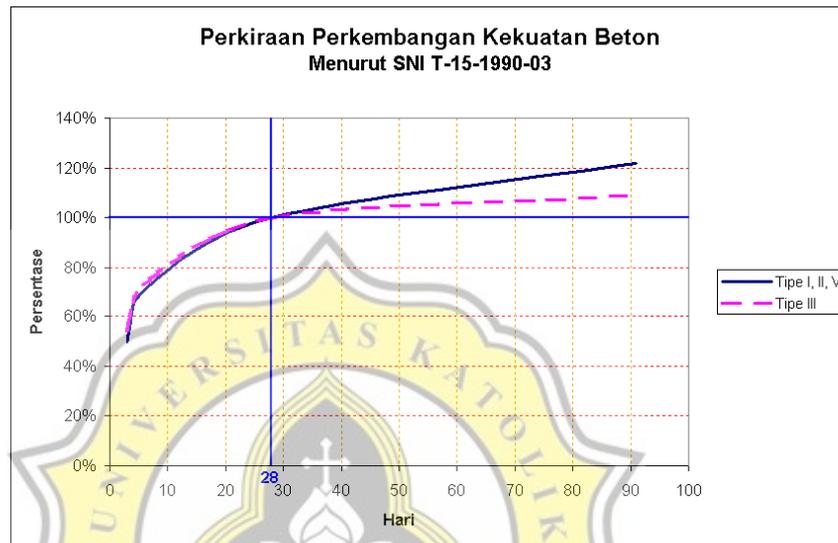
Terjadi penurunan rata-rata nilai kuat tekan pada variabel E (*fly ash* 7% dan *viscocrete* 2%) disebabkan karena kadar SiO_2 (silika) yang banyak. SiO_2 (silika) memiliki sifat menyerap air maka dari itu adukan beton akan lebih kental, yang bisa menyebabkan tidak ratanya penyebaran adukan beton pada saat proses pemasukan kedalam cetakan sehingga terdapat pori-pori yang tidak terisi. Adanya penurunan kuat tekan beton setelah penambahan suatu kadar tertentu dikarenakan sifat SiO_2 (silika) yang menyerap air sehingga kandungan air didalam beton berkurang (Hapsari dkk, 2017)

Dengan itu dapat tercapai tujuan dari penelitian ini, yaitu diketahui bahwa beton dengan bahan tambah *fly ash* 6% dan *viscocrete* 2% memiliki ketahanan terhadap air rob yang paling baik ditunjukkan dengan nilai rata-rata kuat tekan yang paling optimal dibandingkan dengan variabel lainnya.



4.5.4 Analisis Kuat Tekan Beton

Analisis kuat tekan beton berpedoman pada SNI T-15-1990-03 yang menerangkan tentang perkiraan perkembangan kekuatan beton terhadap umur beton. Grafik perkiraan perkembangan kekuatan beton dapat dilihat pada Gambar 4.59.



Gambar 4.59 Grafik Perkembangan Kekuatan Beton

Berdasarkan grafik perkiraan perkembangan kekuatan beton didapatkan nilai persentase kekuatan beton. Berikut perhitungan nilai rata-rata kuat tekan beton f_c' 12,45 MPa:

- a. Beton umur 7 hari

$$\begin{aligned}\text{Nilai kuat tekan} &= 12,45 \times 0,65 \\ &= 8,093 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- b. Beton umur 28 hari

$$\begin{aligned}\text{Nilai kuat tekan} &= 12,45 \times 1 \\ &= 12,45 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- c. Beton umur 56 hari

$$\begin{aligned}\text{Nilai kuat tekan} &= 12,45 \times 1,09 \\ &= 13,571 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai kuat tekan beton diatas dapat digunakan sebagai pedoman untuk mengetahui rata-rata kuat tekan beton dari



penelitian yang dilakukan sesuai dengan rata-rata kuat tekan beton rencana yaitu f_c' 12,45 MPa. Tabel 4.11 merupakan perbandingan antara nilai kuat tekan rata-rata hasil penelitian dengan nilai rata-rata kuat tekan beton f_c' 12,45 MPa berdasarkan dari umur beton.

Tabel 4.11 Perbandingan Rata-Rata Nilai Kuat Tekan Hasil Penelitian Dengan Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton f_c' 12,45 MPa

| No. | Umur (Hari) | Variabel | Kuat Tekan | | Keterangan |
|-----|-------------|----------|---|---|----------------------|
| | | | Rata-Rata Hasil Penelitian f_c' 12,45 (MPa) | Rata-Rata Kuat Tekan Rencana f_c' 12,45 (MPa) | |
| 1. | 7 | A | 11,135 | 8,093 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | B | 15,475 | 8,093 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | C | 24,157 | 8,093 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | D | 24,157 | 8,093 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | E | 18,684 | 8,093 | Kuat tekan terpenuhi |
| 2. | 28 | A | 16,985 | 12,45 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | B | 30,196 | 12,45 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | C | 31,706 | 12,45 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | D | 33,593 | 12,45 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | E | 33,027 | 12,45 | Kuat tekan terpenuhi |
| 3. | 56 | A | 16,985 | 13,571 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | B | 31,894 | 13,571 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | C | 32,460 | 13,571 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | D | 34,536 | 13,571 | Kuat tekan terpenuhi |
| | | E | 33,782 | 13,571 | Kuat tekan terpenuhi |



Berdasarkan Tabel 4.11 diketahui bahwa nilai kuat tekan beton hasil penelitian memenuhi rata-rata kuat tekan beton f_c' 12,45 MPa. Nilai kuat tekan beton hasil penelitian dikatakan memenuhi karena nilai kuat tekan yang dihasilkan sesuai dengan rata-rata kuat tekan f_c' 12,45 MPa pada umur beton yang telah ditentukan.

4.6 Pola Retak Benda Uji Silinder

Pengujian kuat tekan pada benda uji beton mengakibatkan terjadinya pola retak pada benda uji tersebut karena diberikan gaya tekan. Keruntuhan terjadi karena benda uji telah mencapai ketahanan maksimumnya dalam menahan gaya tekan. Pada pengujian kuat tekan yang dilakukan pola retak yang terjadi sebagian besar adalah retak geser. Pola retak yang terjadi pada benda uji ditunjukkan oleh Gambar 4.60 hingga Gambar 4.64.



Gambar 4.60 Pola Retak Beton Variabel A



Gambar 4.61 Pola Retak Beton Variabel B



Gambar 4.62 Pola Retak Beton Variabel C



Gambar 4.63 Pola Retak Beton Variabel D



Gambar 4.64 Pola Retak Beton Variabel E

Pengujian dilakukan pada benda uji beton berbentuk silinder. Sebagian besar benda uji mengalami retakan yang serupa yaitu retak geser. Pola retak geser memiliki bentuk retakan atau kehancuran berbentuk diagonal dari ujung atas hingga ujung bawah benda uji. Terdapat beberapa benda uji yang mengalami retak geser terbelah dan kerucut geser.