

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang. Penelitian yang akan dilakukan mulai dari 13 maret sampai selesai dengan perkiraan selesai berkisar 6-7 bulan lamanya.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Kita akan mengkaji pengaruh penggunaan admixture pada durabilitas beton dengan fokus pada beton yang berada pada rendaman *Magnesium Sulfat* (MGS₀₄).

3.3 Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan panjang, tinggi, dan lebar yang sama 10 cm. Benda uji yang digunakan berjumlah 60 buah kubus yang di mana akan dibagi menjadi 3 tipe benda uji yang memiliki kode penamaan sendiri, dan masing - masing benda uji sebanyak 20 kubus. Dan kode benda uji seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

| Benda Uji | Jumlah Benda Uji | Jenis Beton | Faktor Air Semen (FAS) | Larutan Rendaman |
|-----------|------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| NM | 20 | Normal | 0,5 | Larutan dengan 10 % MgSO ₄ |
| SP | 20 | Normal + Superplastizer | 0,5 | Larutan dengan 10 % MgSO ₄ |
| LM | 20 | Normal + Superplastizer + Kapur Padam | 0,5 | Larutan dengan 10 % MgSO ₄ |

Tabel 3.1 Variabel Benda Uji

Dalam setiap pengujian rendaman yang dilakukan maka digunakan bahan kimia MgSO₄ atau magnesium sulfat dalam larutan perendaman yang banyaknya kandungan MgSO₄ adalah 10% dari jumlah larutan yang digunakan. Semisalnya dalam 1 liter air rendaman akan ditambahkan 10% MgSO₄ sesuai dengan total air rendaman tersebut yang 10% dari 1 liter adalah 100 mililiter.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat Pembuatan Benda Uji

Banyak sekali alat - alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji, dan di bawah ini akan di jelaskan apa saja alat - alat yang akan digunakan. Alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji sebagai berikut :

1. Alat Uji Kuat Tekan

Alat uji tekan yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 1974:2011



Gambar 3.1 Alat Kuat Tekan Analog



Gambar 3.2 Alat Kuat Tekan Digital

2. Mixer Beton

Mixer beton yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-2417-2008



Gambar 3.3 Mixer Beton

3. Bekisting Kubus

Bekisting Kubus yang digunakan berukuran 10 x 10 x 10 c yang sudah sesuai dengan SNI 03-2847-2002



Gambar 3.4 Kubus Beton

4. Timbangan Digital Besar

Timbangan digital besar yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-2847-2002



Gambar 3.5 Timbangan Digital Besar

5. Timbangan Digital Kecil

Timbangan digital kecil yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-2847-2002



Gambar 3.6 Timbangan Digital Kecil

6. Saringan Agregat (Ayakan)

Saringan agregat yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-1966-1990



Gambar 3.7 Saringan Agregat

7. *Sieve Shaker*

Sieve shaker yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-4427-1997



Gambar 3.8 Sieve Shaker

8. *Oven*

Oven yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-1973-2008



Gambar 3.9 Oven

9. Flow Tabel

Flow tabel test yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-2834-2000



Gambar 3.10 Flow Tabel

10. *Conical Mould*

Conical Mould yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-2834-2000



Gambar 3.11 Conical Mould

11. Kerucut Abram

Kerucut abram yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 03-2834-2000



Gambar 3.12 Kerucut Abram

12. Gelas Ukur

Gelas ukur yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 04-1345-1994



Gambar 3.13 Gelas Ukur

13. Bekisting Silinder

Bekisting Silinder yang digunakan sudah sesuai dengan SNI 04-1345-1994



Gambar 3.14 Bekisting Silinder

3.4.2 Bahan Pembuatan Benda Uji

1. Semen

Dalam Penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portland tipe 1 dengan brand semen Gresik 40 kg yang banyak sekali ditemukan di toko material terdekat.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar split atau yang biasa orang kenal dengan batu pecah yang tersedia di toko material.

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir hitam malang yang di beli di tempat toko material.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air yang sudah tersedia di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Malang.

5. Superplastisizer

Superplastisizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah superplastisizer dengan brand SIKA 20 liter dengan code material Sika ViscoCrete -3115 N.

6. Kapur Padam (*Hydrated Lime*)

Kapur padam yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam pabrikan yang sudah di distribusikan ke toko material.

3.5 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat ini ada 3 metode pengujian yang dilakukan yaitu analisa saringan agregat, pemeriksaan berat isi, dan penyerapan agregat.

3.5.1 Analisa Saringan Agregat

Pada analisa saringan agregat ini merujuk pada ketentuan ASTM C-33 yang sesuai dengan pedoman Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

a. Pedoman Pengujian

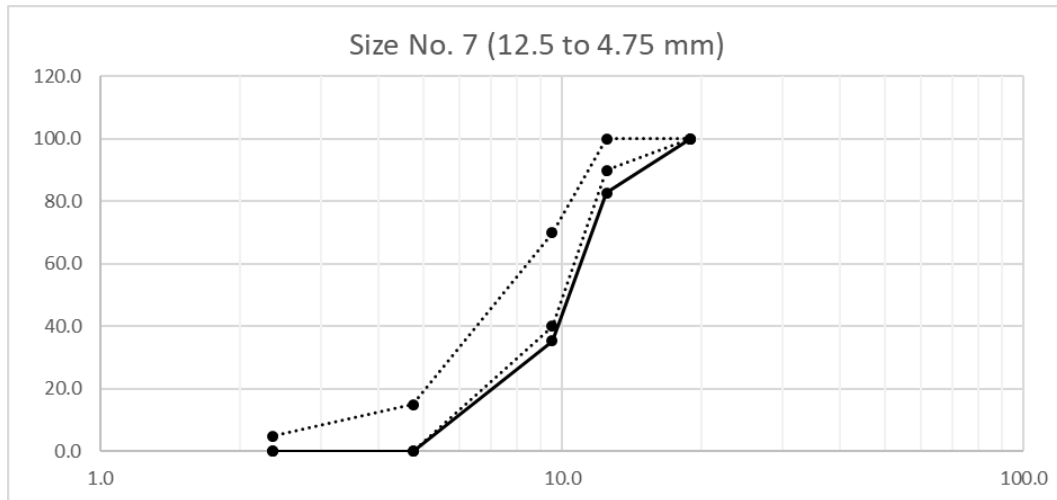
Gradasi agregat dapat juga dinyatakan dengan tingkat kekasaran agregat atau fineness modulus (FM) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FM = \frac{\text{Jumlah persen tertahan di saringan no 200}}{100}$$

Angka modulus kehalusan agregat halus berkisar antara 2 sampai 3,5 sedangkan untuk agregat kasar antara 5 sampai 7, makin besar angka modulus kehalusannya maka makin kasar juga agregat tersebut.

b. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Agregat yang digunakan seberat 2500 gram dalam berat kering. Yang akan di paparkan dalam grafik gradasi berdasarkan dari ASTM C-33 berikut.

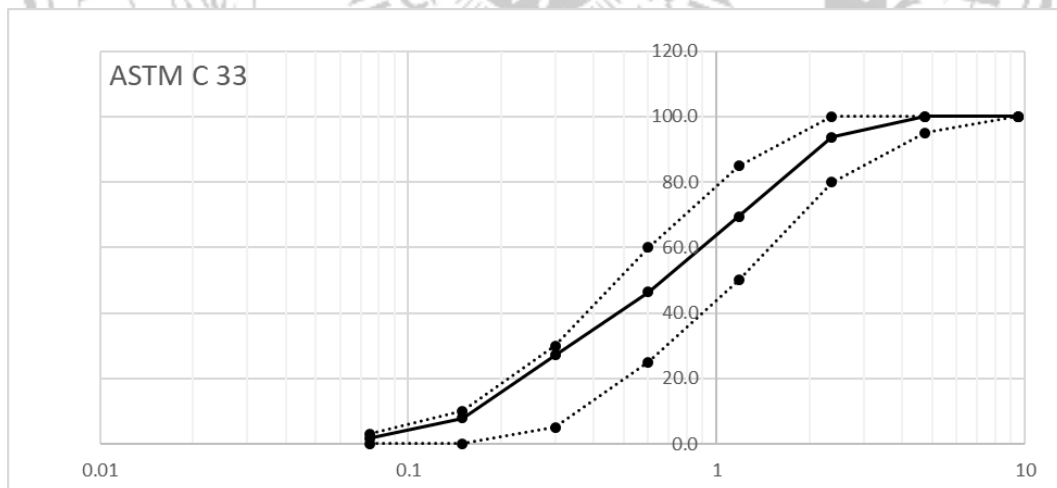


Grafik 3.1 Grafik Gradasi Ukuran Kasar 20 mm

Grafik gradasi menunjukkan bahwas presentase agregat yang lolos memenuhi dikarenakan dalam grafik presentase berada diantara batas atas yang dan bawah. Mengacu pada ketentuan ASTM C-33 bahwa nilai FM menurut ASTM C-33, tidak ada nilai modulus halus (FM) minimal yang khusus ditetapkan untuk agregat kasar.

c. Hasil Pengujian Agregat Halus

Agregat yang digunakan seberat 1000 gram dalam berat kering. Yang akan di paparkan dalam grafik gradasi berdasarkan dari ASTM C - 33 berikut.



Grafik 3.2 Grafik Klasifikasi ASTM C - 33

Grafik klasifikasi ASTM C - 33 menunjukkan bahwa presentase agregat yang lolos memenuhi kriteria dan termasuk dalam jenis pasir normal, dikarenakan dalam grafik presentase lolos berada tepat diantara batas atas dan bawah. Mengacu pada ketentuan ASTM C - 33 bahwasanya nilai FM agregat halus

bernilai antara 1,5 - 3,8. Sehingga dalam hal ini agregat halus dengan nilai FM 2,555 sesuai dengan perhitungan FM yang berada pada pedoman dinyatakan memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan campuran beton.

3.5.2 Pengujian Berat Isi Agregat

Pengujian ini merujuk pada ketentuan SNI 03-4804-1998 yang sesuai dengan pedoman Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

a. Pedoman Pengujian

Untuk menentukan berat isi agregat dapat dilakukan dengan metode lepas (tanpa diberikan perlakuan pemadatan) dan metode pemadatan (baik dengan cara ditusuk dan atau digoyang-goyang). Besarnya berat isi agregat dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W}{V}$$

Dengan :

W adalah berat agregat dalam wadah (kg)

V adalah isi wadah (m³) dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot H$$

D adalah diameter wadah (meter)

H adalah tinggi wadah (meter)

| Kapasitas (liter) | Diameter (mm) | Tinggi (mm) | Tebal wadah minim (mm) | | Ukuran butir maksimum (mm) |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------|----------------------------|
| | | | Dasar | sisi | |
| | | | 2,832 | 152,4 ± 2,5 | |
| 9,435 | 203,2 ± 2,5 | 292,1 ± 2,5 | 5,08 | 2,5 | 25,4 |
| 14,316 | 254,0 ± 2,5 | 279,4 ± 2,5 | 5,08 | 3 | 38,1 |
| 28,316 | 355,6 ± 2,5 | 284,4 ± 2,5 | 5,08 | 3 | 101,6 |

Tabel 3.2 Kapasitas wadah

Tabel 3.5 merupakan data kapasitas wadah yang dimana sudah sesuai dengan astmc. Dalam penelitian ini, kapasitas wadah yang digunakan ialah pada kapasitas nomor 2.

b. Hasil pengujian berat isi lepas

| Pemeriksaan | Satuan | Percobaan |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------|
| Berat wadah, W1 | (kg) | 13,85 |
| Berat wadah + agregat, W2 = W1 + W3 | (kg) | 25,65 |
| Berat agregat, W3 | (kg) | 11,8 |
| Volume wadah, V | (m ³) | 0,00942 |
| Berat isi agregat | (kg/ m ³) | 1252,65 |

Tabel 3.3 Percobaan berat isi lepas

Agregat kasar dengan ukuran butir maksimum 38,1 mm (1 1/2 inci) dengan berat agregat yang tertahan 11,8 kg dan berat wadah 13,85 kg yang sebelumnya wadah di isi dengan agregat hingga penuh sehingga menghasilkan hasil tersebut. Setelah semua data didapatkan, lalu hasil dari berat isi agregat bisa didapatkan dengan rumus yang tertera di pedoman yang dimana hasilnya adalah 1252,65 kg/m³. Dari data hasil pengujian diketahui agregat telah memenuhi standar klasifikasi agregat normal dengan hasil 1.25 kg/dm³ untuk berat lepas dikarenakan rentang dari agregat berkisar 2,7 kg/dm³ sampai 1,2 kg/dm³ mengacu pada ASTM C-29.

c. Hasil pengujian berat isi lepas cara penusukan

| Pemeriksaan | Satuan | Percobaan |
|---------------------------|-----------------------|-----------|
| Berat wadah, W1 | (kg) | 13,85 |
| Berat wadah + agregat, W2 | (kg) | 27,05 |
| Berat agregat, W3 = W2-W1 | (kg) | 13,2 |
| Volume wadah, V | (m ³) | 0,00942 |
| Berat isi agregat = W3/V | (kg/ m ³) | 1401,27 |

Tabel 3.4 Percobaan berat isi lepas cara penusukan

Agregat kasar dengan ukuran butir maksimum 38,1 mm (1 1/2 inci) dengan berat agregat yang tertahan 13,2 kg dan berat wadah 13,85 kg yang sebelumnya wadah di isi dengan agregat hingga penuh sehingga menghasilkan hasil tersebut. Setelah semua data didapatkan, lalu hasil dari berat isi agregat bisa didapatkan dengan rumus yang tertera di pedoman yang dimana hasilnya adalah

1401,27 kg/m³. Dari data hasil pengujian diketahui agregat telah memenuhi standar klasifikasi agregat normal dengan hasil 1.45 kg/dm³ untuk berat lepas dikarenakan rentang dari agregat berkisar 2,7 kg/dm³ sampai 1,2 kg/dm³ mengacu pada ASTM C-29.

3.5.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini merujuk pada ketentuan ASTM C 127 & C 128 / AASHTO T 84 & T 85 yang sesuai dengan pedoman Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

a. Pedoman Pengujian

Beberapa rumus yang digunakan untuk menghitung berat jenis agregat halus dalam pengujian ini sebagai berikut:

1. Berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*)

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{W1}{V1}$$

Dengan :

A adalah berat benda uji kering oven (gram)

B adalah berat piknometer yang berisi air (gram)

C adalah berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan.

2. Berat curah/kondisi jenuh kering permukaan (*surface specific gravity*)

$$\text{Berat jenis curah jenuh} = \frac{W2}{V1}$$

Dengan :

B adalah berat piknometer yang berisi air (gram)

C adalah berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{W1}{V2}$$

Dengan :

A adalah berat benda uji kering oven (gram)

B adalah berat piknometer yang berisi air (gram)

C adalah berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

4. Penyerapan air (*absorbs*)

$$\text{Penyerapan air} = 100\% \times \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

Dengan :

A adalah berat benda uji kering oven (gram)

S adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan

b. Hasil pengujian agregat

| Size of Aggregate | | 12,5 mm | | Natural Sand | |
|---|----------------|--------------|--------|--------------|-------|
| Berat Jenis Kering Oven | W ₁ | 5000.0 | 5000.0 | 491.7 | 491.6 |
| Berat Jenis SSD | W ₂ | 5087.9 | 5105.2 | 500.0 | 500.0 |
| Volume Determination of Fine Aggregate | | | | | |
| Pycnometer+Sample+Water | A | | | 981.6 | 982.2 |
| Pycnometer+Water | B | | | 671.2 | 670.8 |
| SSD Volume (W ₂ +B)-A | V ₁ | | | 189.6 | 188.6 |
| Oven Dry Volume (W ₁ +B)-A | V ₂ | | | 181.3 | 180.2 |
| Volume Determination of Coarse Aggregate | | | | | |
| Mass of Sample in Water | C | 3127.0 | 3136.0 | | |
| SSD Volume (W ₂ -C) | V ₁ | 1960.9 | 1969.2 | | |
| Oven Dry Volume (W ₁ -C) | V ₂ | 1873.0 | 1864.0 | | |
| Specific Gravity | | | | | |
| Bulk Specific Gravity | | 2.550 | 2.539 | 2.593 | 2.607 |
| Average Bulk Specific Gravity | | 2.544 | | 2.600 | |
| SSD Specific Gravity | | 2.595 | 2.593 | 2.637 | 2.651 |
| Average SSD Specific Gravity | | 2.594 | | 2.644 | |
| Apparent Specific Gravity | | 2.670 | 2.682 | 2.712 | 2.728 |
| Average Apparent Specific Gravity | | 2.676 | | 2.720 | |
| Absorption | | | | | |
| Absorption | | 1.76 | 2.10 | 1.69 | 1.71 |
| Average Absorption | | 1.93 | | 1.70 | |

Tabel 3.5 Penyerapan agregat

Dari tabel 3.5 kita bisa mengetahui hasil penyerapan yang di dapat dari 2 sampel yang dilakukan, dengan berat benda uji 5000 gram untuk agregat kasar dan 500 gram untuk agregat halus, menghasilkan penyerapan yang dirata - rata mencapai 1,93 % untuk kasar dan 1,7 % untuk halus. Pada ketentuan ASTM C

127 & C 128 / AASHTO T 84 & T 85 dimana penyerapan kedua agregat sudah memenuhi standar.

3.6 Menentukan Kebutuhan Air

Di dalam menentukan kebutuhan air, akan dilakukan uji mortar yang dimana akan dilakukan terhadap 3 benda uji. Benda uji yang dimaksud seperti yang dipaparkan di tabel 3.1. Dimana dalam menentukan kebutuhan air di penelitian ini sudah mereduksi 5%, 10% dan 15% dari kebutuhan air dan juga semen. Dan hasil yang didapatkan ialah reduksi dari 10% merupakan kebutuhan yang paling memenuhi standar campuran. Selain itu, penentuan kebutuhan tersebut akan dilakukan dengan menguji konsistensi mortar yang telah mengalami pengurangan sebesar 10%, yang akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab berikutnya.

3.6.1 Uji Konsistensi Mortar Beton

Pada uji konsistensi mortar beton normal merujuk pada ketentuan ASTM C270 - 02 yang sesuai dengan pedoman Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

a. Pedoman Pengujian

Untuk menilai konsistensi mortar yang optimal, perbandingan diameter adukan sebelum dan sesudah digetarkan di atas meja getar digunakan sebagai indikator. Nilai konsistensi dihitung dengan menggunakan rumus tertentu berdasarkan perubahan diameter adukan tersebut.

$$\alpha = \frac{D - D}{D} \times 100\%$$

Dengan :

α adalah perbandingan diameter leleh terhadap diameter cincin (%)

D adalah diameter leleh rata - rata (cm)

D adalah diameter leleh cincin (cm)

Jika nilai α berkisar antara (100 - 150) % maka konsistensi mortar tersebut termasuk dalam kategori baik dan layak pakai menurut ASTM C 270 - 02

b. Hasil Pengujian Fas 0,5 Beton NM

Pengujian dilakukan dengan perbandingan semen 500 gram, pasir 1500 gram dan air 250 ml

| Sampel | Dimeter leleh 4 arah (cm) | | | | Rata-rata |
|--------------------------------|---------------------------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | |
| A | 20 | 22 | 20,7 | 20,8 | 20,88 |
| B | 20,5 | 22 | 21,8 | 22,5 | 21,70 |
| C | 22,4 | 20,8 | 21,4 | 21,7 | 21,58 |
| Rata-rata Total | | | | | 21,38 |
| α (%) | 113,83 | | | | |

Tabel 3.6 Pengujian mortar NM Fas 0.5

Dari tabel 3.6 data hasil perbandingan diameter leleh terhadap diameter cincin mendapatkan hasil 113.83 % yang dimana memenuhi standar dan layak untuk digunakan.

c. Hasil Pengujian Fas 0,5 Beton SP

Pengujian dilakukan dengan perbandingan semen 500 gram, pasir 1500 gram, air 185 ml, superplastisizer 1.85 ml dan air sudah tereduksi sebesar 10%

| Sampel | Dimeter leleh 4 arah (cm) | | | | Rata-rata |
|--------------------------------|---------------------------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | |
| A | 20,6 | 19,9 | 19,8 | 20,1 | 20,10 |
| B | 21 | 20,7 | 20,5 | 20,6 | 20,70 |
| C | 21,5 | 21,5 | 21,2 | 21,5 | 21,43 |
| Rata-rata Total | | | | | 20,74 |
| α (%) | 107,42 | | | | |

Tabel 3.7 Pengujian mortar SP Fas 0.5

Dari tabel 3.7 data hasil perbandingan diameter leleh terhadap diameter cincin mendapatkan hasil 107.417 % yang dimana memenuhi standar dan layak untuk digunakan.

d. Hasil Pengujian Fas 0,5 Beton LM

Pengujian dilakukan dengan perbandingan semen 425 gram, pasir 1500 gram, air 215 ml, superplastisizer 2.15 ml dan air-semen yang sudah di reduksi sebesar 10%.

| Sampel | Dimeter leleh 4 arah (cm) | | | | Rata-rata |
|--------------------------------|---------------------------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | |
| A | 20 | 19,7 | 20 | 20,1 | 19,95 |
| B | 20,8 | 21,2 | 21 | 20,8 | 20,95 |
| C | 19,7 | 19,9 | 19,8 | 19,9 | 19,83 |
| Rata-rata Total | | | | | 20,24 |
| α (%) | 102,42 | | | | |

Tabel 3.8 Pengujian mortar LM Fas 0.5

Dari tabel 3.8 data hasil perbandingan diameter leleh terhadap diameter cincin mendapatkan hasil 102.417 % yang dimana memenuhi standar dan layak untuk digunakan.

3.7 Menentukan Proporsi Campuran

Menentukan proporsi campuran adalah langkah penting untuk memastikan material konstruksi, seperti beton atau mortar, memiliki kekuatan dan kualitas sesuai kebutuhan. Proses ini melibatkan perhitungan rasio bahan utama, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan. Penentuan ini biasanya diawali dengan perhitungan teoritis, diikuti dengan percobaan (trial mix) untuk mengoptimalkan campuran sesuai standar proyek dan kondisi lingkungan.

3.7.1 Menentukan *Mix Design*

Pembuatan mix design dalam penelitian ini merujuk pada ACI 211.1-91. yang dimana dalam perhitungan pembuatannya menyesuaikan sesuai dengan standar dan ketentuan yang berlaku pada ACI 211.1-91. Dengan beberapa hal yang sudah di tentukan seperti berikut :

| Concrete Mix Design | | |
|---|---------------|-------------------|
| Ketentuan | Jumlah | Satuan |
| Kekuatan Tekan yang di tentukan (F_c') | 23 | Mpa |
| Syarat kekuatan tekan rata - rata (F_{cr}') | 32 | Mpa |
| Syarat ketentuan slump | 9 - 11 | cm |
| Ukuran Maksimal Agregat | 12.5 | mm |
| Rasio air semen | 0,5 | - |
| Finenes modulus (FM) | 2,56 | persen |
| Volume agregat kasar per 1m ³ | 0,575 | kg/m ³ |
| Berat Satuan Agregat Kasar | 1401 | kg/m ³ |

Tabel 3.9 Ketentuan mix design

Dengan tabel 3.11 diatas kita akan mencari volume agregat halus, jumlah persentase perbandingan agregat kasar halus, serta mix design dari benda uji per kg/m³. Dan ketentuan tabel 3.11 sudah di perhitungkan dan disesuaikan dengan standar yang digunakan.

| PENENTUAN VOLUME AGREGAT | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------------|--------------------------------|
| BAHAN | BERAT (kg) | BERAT JENIS | VOLUME (kg/m ³) |
| SEMEN | 432 | 3.15 | 137 |
| AIR | 216 | 1.00 | 216 |
| AGREGAT KASAR | 805 | 2.59 | 310 |
| KANDUNGAN UDARA | 2.5 % | ASUMSI VOLUME UDARA | 25 |
| TOTAL VOLUME AGREGAT HALUS | | | 312 |

Tabel 3.10 Penentuan volume agregat

Data berat diatas didapatkan melalui pengujian - pengujian sebelumnya dan perhitungan yang sesuai dengan standar ACI 211.1-91. Dan hasil dari perhitungan tersebut mendapatkan volume agregat halus yang akan dilakukan perbandingan dengan agregat kasar.

| JUMLAH AGREGAT | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------|---------------|
| AGGREGAT UKURAN | VOLUME (dm ³) | BERAT JENIS SSD | BERAT (kg) |
| Kasar | 310 | 2.594 | 805 |
| Halus | 312 | 2.644 | 824 |

Tabel 3.11 Penentuan jumlah agregat

Dari Tabel 3.14 bisa dihitung perbandingan persentase jumlah agregat kasar dan halus seperti berikut :

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= \frac{W_1}{W_1+W_2} \times 100\% \\ &= 49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat Halus.} &= \frac{W_2}{W_2+W_1} \times 100\% \\ &= 51\% \end{aligned}$$

Dengan, W1 = Berat agregat kasar. W2 = Berat agregat halus.

Dari perhitungan diatas maka perbandingan antara kedua agregat ditemukan, 49 % untuk agregat kasar dan 51 % agregat halus.

| MIX DESIGN BETON NORMAL | | |
|-------------------------|---------|------------------------------|
| MATERIAL | | BAHAN (kg / m ³) |
| SEMEN | | 432 |
| AIR | | 216 |
| KASAR | 25.0 mm | 805 |
| HALUS | SAND | 824 |
| | | 857 |
| TOTAL (BY VOLUME) | | 2310 |

Tabel 3.12 Mix Design beton normal

Tabel 3.15 adalah hasil mix design dari beton dengan fas 0,5 per kg / m³. Yang dimana dalam penelitian ini, untuk mendapatkan hasil kuat tekan yang maksimal nilai 857 kg/m³ ialah perbandingan jumlah agregat halus dikurang agregat kasar yang akan ditambahkan ke dalam agregat halus agar benda uji menjadi lebih padat yang dimana akan mempengaruhi kuat tekan sampai ke titik maksimal mix design tersebut.

3.7.2 Perencanaan Campuran Benda Uji Beton

Pembuatan benda uji beton dilakukan berdasarkan campuran beton normal pada uji sebelumnya dengan bahan tambah berupa Kapur padam dan Superplastisizer yang digunakan sebagai filler dengan mengurangi proporsi Semen Portland. Komposisi bahan substitusi semen yang digunakan dalam benda uji ditentukan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap sifat dan kinerja beton.

| Komposisi Bahan Filler Beton | | | |
|------------------------------|--|------------------|-------------|
| Benda Uji | Nama Variabel | Superplastisizer | Kapur Padam |
| NM | Normal | 0% | 0% |
| SP | Normal + Superplastisizer | 1% | 0% |
| LM | Normal+ Superplastisizer + Kapur Padam | 1% | 10% |

Tabel 3.13 Komposisi bahan filler beton

3.8 Pembuatan Silinder Beton

Silinder merupakan benda uji yang akan di tes kuat tekannya, sebagai benda uji coba yang berfungsi sebagai kontrol, serta kuat tekan dari silinder beton menjadi acuan dalam pembuatan benda uji utama. Apabila kuat tekannya tidak memenuhi dari standar yang telah di tentukan di awal, maka campuran tersebut tidak layak digunakan dalam pembuatan benda uji utama yaitu kubus beton.

Berdasarkan dari ASTM C-39 ukuran dari silinder beton adalah 15 cm atau 6 inch diameter dan 30 cm atau 12 inch tinggi. Dalam pembuatan silinder

beton, campuran atau mix design yang digunakan mengacu pada tabel 3.15 - 3.17 yang dimana akan diubah berdasarkan volume silinder yang digunakan.

Prosedur pembuatan silinder beton merujuk pada ASTM C-39, yang dimana standar tersebut mengikuti ketentuan pembuatan beton laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Malang. Selanjutnya akan dipaparkan hasil campuran beton persilinder yang sesuai dengan variabel yang digunakan.

3.9 Pembuatan Kubus Beton

Penelitian ini akan berfokus kepada setiap pengujian pada kubus beton, kubus beton yang digunakan berukuran 10 x 10 x 10 cm. Dalam pembuatan kubus beton, campuran atau mix design yang digunakan mengacu pada tabel 3.15 - 3.17 yang dimana akan diubah berdasarkan volume kubus yang digunakan. Prosedur pembuatan kubus beton merujuk pada ASTM C-39, yang dimana standar tersebut mengikuti ketentuan pembuatan beton laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

3.10 Pengujian Slump

Kemudahan mencetak campuran beton ke dalam bekisting disebut dengan workability. Faktor ini berkaitan erat dengan tingkat viskositas atau kekentalan beton. Pengujian slump menggunakan kerucut Abrams dilakukan untuk menilai tingkat kekentalan campuran beton yang telah disiapkan. Tingkat kekentalan ini dipengaruhi oleh komposisi material beton serta perbandingan air dan semen dalam campuran.

Nilai slump yang ditetapkan adalah 10 cm dengan batasan kurang atau lebih dari 1 cm sesuai dengan SNI 7656-2012. Hasil pengujian slump harus menunjukkan bahwa campuran beton masih memiliki tingkat workability yang baik dan tidak terlalu encer atau kental. Dalam proses pengujiannya, standar yang digunakan dalam uji slump sendiri ialah berdasar dari SNI 7656-2012.

3.11 Perawatan Benda Uji

Curing merupakan tahap penting dalam proses pengerasan beton yang bertujuan untuk mempertahankan kadar kelembapan dan suhu optimal pada permukaan beton selama periode tertentu. Penelitian menunjukkan bahwa proses curing yang tepat dapat meningkatkan kekuatan tekan, ketahanan terhadap retak, dan durabilitas beton. Metode curing yang umum digunakan meliputi

penyemprotan air, penutupan dengan bahan lembap, atau penggunaan bahan pengendali penguapan (curing compounds). Durasi curing biasanya disesuaikan dengan kebutuhan spesifik proyek dan faktor lingkungan, seperti suhu dan kelembapan udara. Studi eksperimental pada benda uji beton dengan variasi metode curing mengungkapkan bahwa beton yang dirawat dengan metode air terus-menerus menunjukkan peningkatan kekuatan tekan hingga 20% lebih tinggi dibandingkan beton tanpa curing yang memadai. Hal ini menegaskan pentingnya curing sebagai langkah kritis dalam memastikan kualitas beton yang optimal.

Dalam curing silinder beton, metode yang digunakan ialah rendam. Metode ini dilakukan dengan merendam benda uji atau elemen beton sepenuhnya dalam air, sehingga beton tetap berada dalam kondisi jenuh. Dalam studi eksperimental, benda uji yang direndam selama 7 hingga 28 hari menunjukkan peningkatan kekuatan tekan hingga 20% lebih tinggi dibandingkan beton yang hanya terpapar udara terbuka. Metode ini sangat cocok untuk benda uji laboratorium, seperti kubus atau silinder beton, dan efektif dalam menghasilkan beton dengan kualitas optimal, terutama dalam kondisi cuaca panas atau kering.

3.12 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan merupakan salah satu aspek mendasar yang sangat penting untuk menilai mutu dan kekuatan beton. Pada beton normal yang menggunakan semen Portland (PC) tipe I, pengujian kuat tekan biasanya dilakukan setelah beton berusia 28 hari. Pada umur tersebut, beton umumnya telah mencapai mayoritas kekuatan maksimumnya, sehingga hasil pengujian dapat mencerminkan kualitas dan daya tahannya secara akurat untuk aplikasi konstruksi. Benda uji beton biasanya diuji pada dua tahap, yaitu saat beton berumur 7 hari dan 28 hari.

3.13 Pengujian Durabilitas

Pengujian durabilitas beton terhadap serangan sulfat dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan beton terhadap kerusakan yang disebabkan oleh reaksi antara sulfat dalam lingkungan dan komponen kimia dalam beton. Serangan sulfat dapat menyebabkan pembentukan senyawa yang tidak stabil, seperti ettringit, yang dapat menyebabkan ekspansi dan retakan pada struktur beton. Pengujian ini biasanya dilakukan dengan merendam beton dalam larutan sulfat, seperti larutan

natrium sulfat atau magnesium sulfat, dan mengamati perubahan yang terjadi pada beton, baik dalam bentuk penurunan kuat tekan maupun kerusakan fisik lainnya. Beton yang memiliki durabilitas baik terhadap serangan sulfat umumnya memiliki komposisi yang tepat, termasuk pemilihan semen yang sesuai dan penggunaan bahan tambah yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan kimia. Evaluasi terhadap perubahan volume, massa, dan kekuatan beton selama waktu tertentu memberikan gambaran mengenai tingkat ketahanan beton.

3.14 Uji Perendaman Sulfat

Dalam penelitian ini uji perendaman akan di lakukan setelah perawatan standar selama 28 hari, spesimen beton direndam dalam larutan sulfat dan kemudian dikeringkan secara bergantian dalam siklus basah-kering. Spesimen beton direndam dalam larutan sulfat pada suhu ruang selama 16 jam yang dimana sesuai dengan pedoman perendaman SNI SNI 03-0691-1996, kemudian dikeringkan di udara selama 32 jam yang dimana sesuai dengan standar pengeringan beton yang ada seperti yang dijelaskan oleh ASTM C511. Karena waktu untuk mencapai kejenuhan akibat perendaman lebih cepat dibandingkan dengan waktu pengeringannya. Proses ini diulang sebanyak 21 fase basah-kering.

| Jumlah Siklus | Fase Basah (Jam) | Fase Kering (Jam) | Keberlangsungan (Hari) |
|---------------|------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | 16 | 32 | 2 |
| 2 | 32 | 64 | 4 |
| 3 | 48 | 96 | 6 |
| 4 | 64 | 128 | 8 |
| 5 | 80 | 160 | 10 |
| 6 | 96 | 192 | 12 |
| 7 | 112 | 224 | 14 |
| 8 | 128 | 256 | 16 |
| 9 | 144 | 288 | 18 |
| 10 | 160 | 320 | 20 |
| 11 | 176 | 352 | 22 |
| 12 | 192 | 384 | 24 |
| 13 | 208 | 416 | 26 |
| 14 | 224 | 448 | 28 |
| 15 | 240 | 480 | 30 |
| 16 | 256 | 512 | 32 |
| 17 | 272 | 544 | 34 |
| 18 | 288 | 576 | 36 |
| 19 | 304 | 608 | 38 |
| 20 | 320 | 640 | 40 |

| | | | |
|----|-----|-----|----|
| 21 | 336 | 672 | 42 |
|----|-----|-----|----|

Tabel 3.14 Waktu tiap siklus

Larutan terdiri dari 10% MgSO₄ per liter air. Larutan sulfat diganti setiap bulan selama perlakuan berlangsung. Setiap siklus, massa spesimen diukur menggunakan timbangan elektronik untuk mencatat kehilangan dan penambahan massa. Perubahan pada spesimen diamati secara visual dan didokumentasikan dengan foto. Pemantauan dilakukan secara rutin untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan seperti pelunakan tepi, retakan, dan pengelupasan.

3.15 Hasil Perendaman

Beton yang sudah selesai direndam dalam suatu siklus yang di tentukan akan menghasilkan output penelitian ini yang dimana ialah berupa pengamatan dan juga pengujian seperti pengamatan bentuk visual, pengamatan perubahan berat, dan uji kuat tekan yang dimana hal tersebut yang akan menjadi hasil dari percobaan yang dilakukan. Siklus yang menjadi titik acuan dari penelitian ini dari siklus ke 7, 14, dan 21. Yang dimana hasil kuat tekan dalam setiap siklus akan di bandingkan dengan siklus yang lainnya untuk mengetahui perubahan performa dari setiap variabel beton di setiap siklus. Dan terakhir kita bisa menarik kesimpulan penelitian dengan mengetahui hasil dari semua uji tekan dari benda uji.

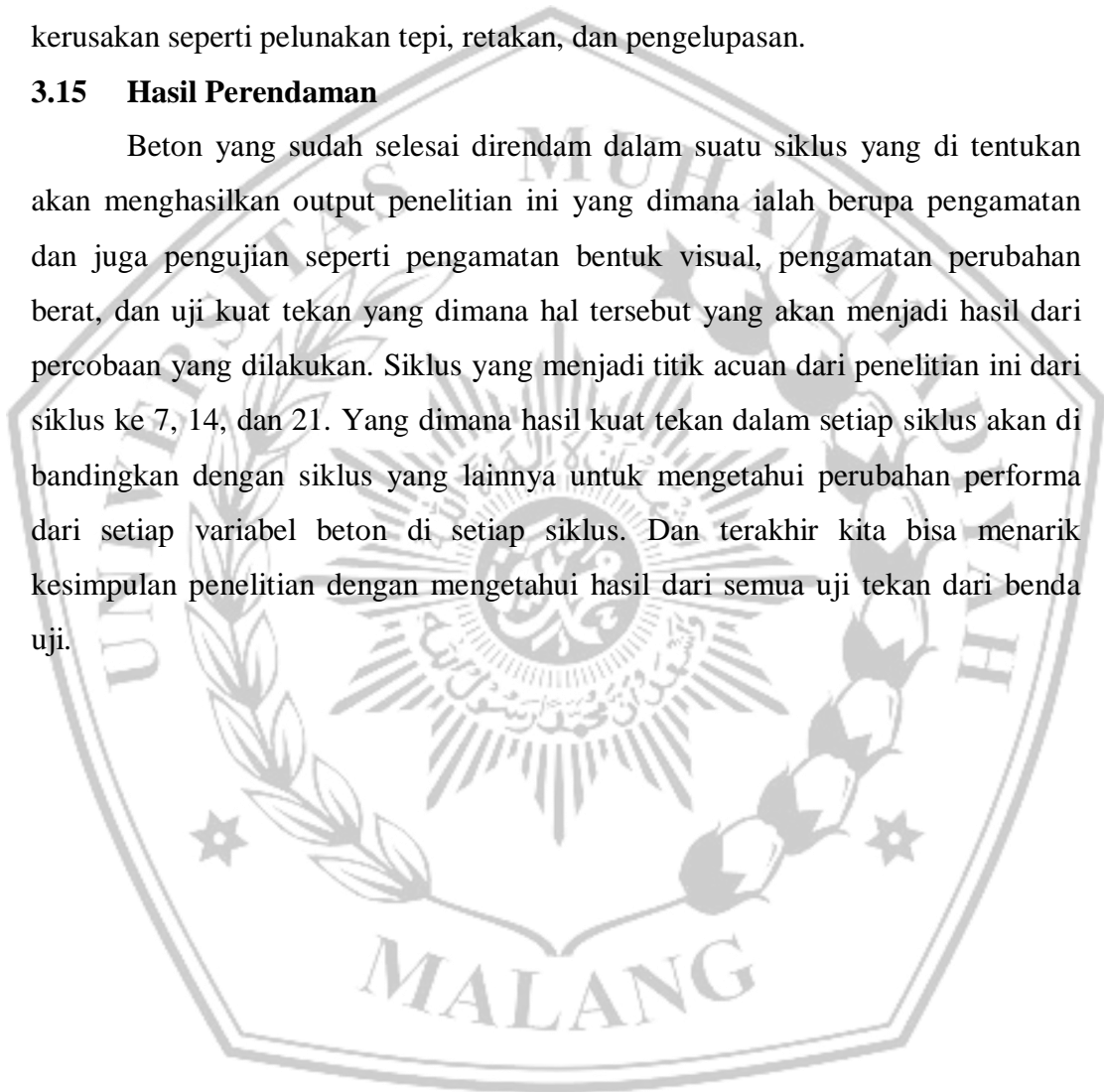


Diagram Alir Penelitian

