

**PENGARUH KADAR AA (*ACCELERATING ADMIXTURE*)  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG MENGGUNAKAN  
PASIR MUNTILAN DAN PASIR *M-SAND*  
(Studi Kasus : Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku)**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari  
Universitas Katolik Soegijapranata



Oleh:

**Dony Asprilla Arnanda**

**NIM: 15.B1.0028**

**Evan Urianda Putra**

**NIM: 15.B1.0031**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA  
2019**



**PENGARUH KADAR AA (ACCELERATING ADMIXTURE)  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG  
MENGUNAKAN PASIR MUNTILAN DAN PASIR M-SAND  
(Studi Kasus : Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku)**

Oleh:

**Dony Asprilla Arnanda**

**NIM: 15.B1.0028**

**Evan Urianda Putra**

**NIM: 15.B1.0031**

Telah diperiksa dan disetujui:

Tanggal \_\_\_\_\_

Tanggal \_\_\_\_\_

Dosen Pembimbing I  
(Ir. Widija Suseno.W ,MT, IPU)

Dosen Pembimbing II  
(Ir. Budi Setiyadi, MT)

Tanggal 13-12-2019.

Dekan Fakultas Teknik  
(Prof. Dr. Ir Slamet Riyadi, MT)



Tugas Akhir  
Pengaruh Kadar AA (Accelerating Admixture) Terhadap Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Pasir Muntilan dan Pasir M-Sand.  
(Studi Kasus Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku)

**PENGARUH KADAR AA (ACCELERATING ADMIXTURE)  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG  
MENGUNAKAN PASIR MUNTILAN DAN PASIR M-SAND  
(Studi Kasus : Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku)**

Oleh:

**Dony Asprilla Arnanda**

**NIM: 15.B1.0028**

**Evan Urianda Putra**

**NIM: 15.B1.0031**



Dosen Penguji 1

Ir. Widija Suseno, MT. IPU

Dosen Penguji 2

Ir. Yohannes Yuli Mulyanto, MT

Dosen Penguji 3

Ir. David Widiyanto, MT. IPM



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata No. 0047/SK.Rek/X/2013 perihal Pernyataan Keaslian Skripsi, Tugas Akhir dan Tesis, maka yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dony Asprilla Arnanda                      NIM : 15.B1.0028

Nama : Evan Urianda Putra                      NIM : 15.B1.0031

Sebagai penulis Tugas Akhir yang berjudul:

Pengaruh Kadar AA (*Accelerating Admixture*) Terhadap Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Pasir Muntilan dan Pasir *M-Sand*.

(Studi Kasus Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku)

Menyatakan bahwa tugas akhir merupakan karya akademik yang ditulis oleh penulis, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi lain atau diterbitkan oleh orang lain. Secara tertulis, semua rujukan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini ditulis dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa tugas akhir ini terdapat sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi, maka penulis menyatakan sanggup menerima segala akibatnya sesuai dengan hukum dan peraturan yang berlaku di Universitas Katolik Soegijapranata, dan atau peraturan serta perundang-undangan yang berlaku.

Semarang,

2019



Dony Asprilla Arnanda  
(NIM : 15.B1.0028)

Evan Urianda Putra  
(NIM : 15.B1.0031)



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Dony Asprilla Annanda (15.B1.0028)  
 : Evan Urianda Putra (15.B1.0031)  
 Matrikulasi : Tugas Akhir  
 Dosen : Ir. Budi Setiyadi, MT.  
 Asisten :  
 Dimulai :  
 Selesai :

NIM :  
 Semester :  
 Dosen Wali :  
 Nilai :

| NO | TANGGAL | KETERANGAN  | PARAF |
|----|---------|---|-------|
| 1  | 24-6-19 | - Ready mix butuh m <sup>3</sup>                  |       |
| 2  | 5-6-19  | - Masukkan sari<br>- pasir kadar lumpur           |       |
| 3  | 8-7-19  | - Proposal Ace                                    |       |
| 4  | 9/9-19  | - Gambar grafik hasil penelitian                  |       |
| 5  | 18/9-19 | - Gambar<br>- berapa m <sup>3</sup> berapa sampel |       |
| 6  | 9/10-19 | - Bosadizemarkan                                  |       |

Semarang,.....  
 Dosen/ Asisten



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Dony Asprilla Arnanda (15.B1.0028)  
 : Evan Utianda Putra (15.B1.0031 ) NIM :  
 Matakuliah : Tugas Akhir Semester :  
 Dosen : Ir. Widia Surenang MT, IPU Dosen Wali :  
 Asisten :  
 Dimulai :  
 Selesai : Nilai :

| NO | TANGGAL | KETERANGAN   | PARAF |
|----|---------|--|-------|
| 1  | 27-6-19 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Draft Dataran iri</li> <li>- Metodologi penelitian di pelayan</li> <li>- interval 0, 2, 4</li> <li>- variabel 7.14.28 hari</li> <li>- proposal pustaka + schedule penelitian TA</li> <li>- penelitian sejenis di bawah</li> <li>- brosur + bahan mt apa</li> <li>- surat ijin DKB + balasan.</li> </ul> | f     |
| 2  | 4-7-19  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- jadwal penyelesaian TA + tel ty lengkap</li> <li>- pengertian kerucut / split</li> <li>- cari / cek SNI asli nya</li> <li>- salad + leutik + metodologi penelitian</li> <li>- penulisan pustaka + pustaka yg belum ada</li> </ul>   | f     |
| 3  | 8-7-19  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- SNI → ASTM → terkait dg kualitas air</li> <li>- syarat air → sumber PBI '71 hrs apa adanya</li> <li>- pustaka beler lengkap.</li> <li>- met. penulisan: ksg cuplik (-.) umum.</li> <li>- surat ijin DKB.</li> </ul>   | f     |
| 4  | 9-7-19  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Judul. pakai lembar berisi semua.</li> <li>- Pustaka dilengkapi PBI '71 - CCS.</li> </ul>   | f     |
| 5  | 10-7-19 | - Acc dpt di serahkan <del>Draft</del> proposal  | Dony  |

Semarang,.....  
 Dosen/ Asisten



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Dony Asprilla A (15.B1.0028)  
 : Evan Urianda P (15.B1.0031)  
 IT Kuliah : Tugas Akhir  
 Dosen : Ir. Widjaja Suren MT, IPu  
 Asisten :  
 Dimulai :  
 Selesai :

NIM :  
 Semester :  
 Dosen Wali :  
 Nilai :

| NO | TANGGAL   | KETERANGAN   | PARAF  |
|----|-----------|--|--------|
| 6  | 4/9/2019  | - Manufacture sand → dibawa contoh sup<br>- salab <sup>2</sup> ketel bal 45, + penjelasan  | }      |
|    |           | - Metodologi penulisan bl 41,<br>- kuni, sayp - 37.  |        |
| 7  | 11/9/2019 | * pengujian <del>garam</del> <sup>konsistensi flow (daya isat)</sup> → dipul 49 25% kep?<br>- metodologi penulisan + salab <sup>2</sup> ketel<br>* pengujian daya isat → 25% air → krusil → kerup?<br>* pengujian agregat kasar - berat uji dlm air? | }      |
|    |           |  |        |
| 8  | 25/9/19   | - SNI ditugikan ketentuan yg diambil<br>- manis asal ketel 1 metodologi penulisan<br>(scr tab pilas) + gbr   | }      |
|    |           |  |        |
| 9  | 3/10/19   | - metodologi penulisan → di bus in<br>- analisa pembakaran → lumpur sumber<br>- batasan 10% (Pant M) pengikatan<br>lumpur 5% (M sand)<br>- saat an teraklin <u>dibawa semua</u> (lap lengkap<br>lbr pengoran<br>isi lap betul                        | }      |
|    |           |  |        |
| 10 | 8/10-19   | - kessig aldi (kalimat yg panyip)<br>- analisis + ger <sup>2</sup> ketetakaan silinder beton (60%)   | }      |
|    |           |  |        |
| 11 | 9/10-19   | Ace dpt di seminarhan <u>Draft</u>   | Wijaya |

Semarang,.....  
 Dosen/ Asisten



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia Nya penulis dapat menyusun Tugas Akhir (TA) yang berjudul “Pengaruh Kadar AA (*Accelerating Admixture*) Terhadap Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Pasir Muntitan dan Pasir *M-Sand*. ” (Studi Kasus Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku) yang telah melewati berbagai tahapan.

Dalam proses pembuatan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu.

1. Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.
2. Daniel Hartanto, ST. MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata.
3. Ir. Widiya Suseno.W, MT, IPU. dan Ir. Budi Setiyadi, MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing kami dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir yaitu dalam hal memberi penyelesaian masalah serta masukan.
4. Ir. Yohanes Yuli Mulyanto, MT dan Ir. David Widiyanto, MT., IPM. selaku dosen penguji yang memberikan masukan, koreksi, dan evaluasi terhadap laporan tugas akhir kami sehingga kekurangan-kelurangan dalam laporan dapat kami perbaiki agar menjadi lebih baik.
5. Kedua orang tua yang memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama menempuh Program Sarjana Teknik sipil.
6. Kepada Bapak Feryano dan Ibu Natalia Desi pihak perwakilan dari PT Jati Kencana Beton (JKB) yang membantu saat penelitian dan menyediakan Laboratorium untuk pembuatan *sample* beton dan mendampingi kami saat penelitian sampai dengan selesai penelitian.





7. Teman-teman selaku rekan satu angkatan yang memberikan dukungan baik berupa doa, semangat dan masukan-masukan bilamana kami mengalami kesulitan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Semarang,

2019

Penulis





## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....           | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR KEASLIAN PLAGIASI</b> .....    | <b>ii</b>   |
| <b>KARTU ASISTENSI</b> .....             | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....              | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                  | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....               | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR GRAFIK</b> .....               | <b>xvi</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....             | <b>xvii</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....           | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                 | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                | 2           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....              | 2           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....             | 2           |
| 1.4.1 Manfaat Teoritis .....             | 2           |
| 1.4.2 Manfaat Praktis .....              | 2           |
| 1.5 Batasan Masalah .....                | 3           |
| 1.6 Sistematika Penyusunan .....         | 3           |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....      |             |
| 2.1 Landasan Teori .....                 | 5           |
| 2.1.1 Pengertian Beton .....             | 6           |
| 2.1.2 Bahan Susun Beton .....            | 8           |
| 2.1.2.1 Semen Portland .....             | 8           |
| 2.1.2.2 Agregat .....                    | 15          |
| 2.1.2.3 Perbandingan Agregat Halus ..... | 20          |
| 2.1.2.4 Air .....                        | 21          |
| 2.1.3 Bahan Tambah .....                 | 22          |



|   |    |
|---|----|
| 2.1.3.1 Pengertian Bahan Tambah .....                             | 22 |
| 2.1.3.2 Pengertian <i>Accelerating Admixture</i> .....            | 23 |
| 2.1.4 Beton Kedap Air .....                                       | 23 |
| 2.1.4.1 Pengertian Beton Kedap Air .....                          | 23 |
| 2.1.5 Spesifikasi Bahan .....                                     | 24 |
| 2.1.6 Ketentuan Minimum Beton Bertulang Kedap Air .....           | 25 |
| 2.1.7 Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ) .....                     | 26 |
| 2.1.8 Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) .....             | 29 |
| 2.1.9 Metode Pengujian Menggunakan SCC .....                      | 29 |
| 2.1.10 Mutu Beton Tinggi .....                                    | 31 |
| 2.1.10.1 Material Penyusun Beton Mutu Tinggi .....                | 32 |
| 2.1.11 Spesifikasi Kuat Lentur Pada Pekerjaan Perkerasan Kaku     | 33 |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>                                |    |
| 3.1 Metode Penelitian .....                                       | 35 |
| 3.2 Tempat Penelitian .....                                       | 35 |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data .....                                 | 35 |
| 3.4 Bahan dan Peralatan .....                                     | 35 |
| 3.4.1 Bahan .....   | 36 |
| 3.4.2 Peralatan .....   | 36 |
| 3.5 Benda Uji .....   | 39 |
| 3.6 Standar Penelitian dan Spesifikasi Bahan Penyusun Beton ..... | 38 |
| 3.7 Tahapan dan Prosedur Penelitian Beton .....                   | 41 |
| 3.8 Pengujian Bahan Penyusun Beton .....                          | 44 |
| 3.8.1 Pengujian Pada Agregat Halus .....                          | 44 |
| 3.8.2 Pengujian Agregat Kasar .....                               | 44 |
| 3.9 Rancang Campur ( <i>Mix Design</i> ) .....                    | 46 |
| 3.10 Pembuatan Benda Uji beton .....                              | 46 |
| 3.11 Pengujian Nilai Slump .....                                  | 47 |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton ..... | 48 |
| 3.13 Teknik Analisa Data .....        | 50 |
| 3.14 Rencana Kegiatan .....           | 50 |

#### **BAB 4 ANALISA DATA & PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Hasil Pengujian Material Bahan Penyusun.....                    | 52 |
| 4.1.1 Analisis Uji Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar ....    | 57 |
| 4.1.1.1 Percobaan 1 (Agregat Halus <i>M-Sand</i> ) .....            | 57 |
| 4.1.1.2 Percobaan 2 (Agregat Halus Pasir Muntilan) .....            | 61 |
| 4.1.1.3 Percobaan 3 (Analisa Saringan Agregat Kasar) .....          | 64 |
| 4.1.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar.....      | 69 |
| 4.1.2.1 Agregat Halus <i>Manufacture Sand (M-Sand)</i> .....        | 70 |
| 4.1.2.2 Agregat Halus Pasir Muntilan .....                          | 71 |
| 4.1.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar 1x2 .....                 | 71 |
| 4.1.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....                     | 72 |
| 4.1.3.1 Pengujian Kadar Lumpur ( <i>M-Sand</i> ).....               | 74 |
| 4.1.3.2 Pengujian Kadar Lumpur Pasir Muntilan.....                  | 74 |
| 4.1.4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....      | 75 |
| 4.1.4.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan ( <i>M-Sand</i> )..... | 76 |
| 4.1.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Muntilan         | 78 |
| 4.1.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 1x2 .....  | 79 |
| 4.1.6 Berat Isi Agregat Kasar dan Halus.....                        | 81 |
| 4.1.6.1 Perhitungan Pengujian Berat Isi Agregat Kasar .....         | 83 |
| 4.1.6.2 Perhitungan Pengujian Berat Isi <i>M-Sand</i> .....         | 84 |
| 4.1.6.3 Perhitungan Pengujian Berat Isi Pasir Muntilan .....        | 86 |
| 4.1.7 Pengujian Semen.....  | 87 |
| 4.1.7.1 Pengujian Daya Ikat Semen.....                              | 87 |
| 4.1.7.2 Pengujian Konsistensi Normal Semen .....                    | 92 |
| 4.1.8 Pengujian Keausan Agregat Kasar.....                          | 97 |



|   |     |
|---|-----|
| 4.1.9 Pengujian Kandungan AA ( <i>Accelerating Admixture</i> )..... | 100 |
| 4.2 Perhitungan <i>Mix Design</i> .....                             | 102 |
| 4.3 Pembuatan Benda Uji .....                                       | 110 |
| 4.3.1 Pembuatan Benda Uji Silinder.....                             | 110 |
| 4.4 Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ).....                      | 119 |
| 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton .....                                | 120 |
| 4.5.1 Tahapan Pengujian Kuat Tekan Beton .....                      | 121 |
| 4.5.2 Berat Dari Massa Volume Beton .....                           | 124 |
| 4.5.3 Hasil Dari Pengujian Kuat Tekan Beton.....                    | 126 |
| 4.5.4 Pengujian Beton Sesuai Jenis Agregat Halus .....              | 136 |
| 4.6 Pola Keretakan Pada Beton Setelah Pengujian.....                | 140 |
| <b>BAB 5 PENUTUP</b>  |     |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 143 |
| 5.2 Saran .....   | 144 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | 146 |
| <b>LAMPIRAN</b>   |     |



## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1  | Prosedur <i>Slump Flow Test</i> .....                    | 31 |
| Gambar 3.1  | Diagram Alir Metode Penelitian .....                     | 43 |
| Gambar 4.1  | Ukuran Agregat Kasar Seloarto 1 x 2 cm.....              | 52 |
| Gambar 4.2  | Agregat Halus <i>M-Sand</i> .....                        | 53 |
| Gambar 4.3  | Mesin <i>Stone Crusher</i> .....                         | 53 |
| Gambar 4.4  | Agregat Halus Pasir Muntilan .....                       | 54 |
| Gambar 4.5  | Truck Tanki Penyimpanan Semen Portland .....             | 54 |
| Gambar 4.6  | Jenis Semen OPC .....                                    | 55 |
| Gambar 4.7  | Agregat Halus <i>M-Sand</i> .....                        | 55 |
| Gambar 4.8  | Saringan Agregat Halus.....                              | 56 |
| Gambar 4.9  | Mesin Pengguncang Saringan Agregat Halus .....           | 56 |
| Gambar 4.10 | Penimbangan Berat Cawan.....                             | 69 |
| Gambar 4.11 | Proses Pengeringan Agregat Halus .....                   | 70 |
| Gambar 4.12 | Penimbangan Agregat Halus .....                          | 70 |
| Gambar 4.13 | Memasukan Agregat Halus ke Dalam Gelas Ukur.....         | 72 |
| Gambar 4.14 | Air Garam.....   | 73 |
| Gambar 4.15 | Agregat Halus Setelah Dikocok .....                      | 73 |
| Gambar 4.16 | Agregat Halus Dalam Pan .....                            | 75 |
| Gambar 4.17 | Perendaman Agregat Halus .....                           | 76 |
| Gambar 4.18 | Agregat Kasar Dalam Pan .....                            | 79 |
| Gambar 4.19 | Perendaman Agregat Kasar .....                           | 80 |
| Gambar 4.20 | Penimbangan Wadah .....                                  | 82 |
| Gambar 4.21 | Pemadatan Benda Uji .....                                | 82 |
| Gambar 4.22 | Penimbangan Wadah dan Agregat .....                      | 83 |
| Gambar 4.23 | Alat Vicat yang Digunakan $\varnothing 1\text{mm}$ ..... | 88 |
| Gambar 4.24 | Penimbangan Semen yang Digunakan .....                   | 88 |
| Gambar 4.25 | Takaran Air yang Digunakan .....                         | 89 |



|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Gambar 4.26 | Adonan Semen yang Dicampur Air .....                       | 89  |
| Gambar 4.27 | Adonan Semen yang Dibentuk Bola .....                      | 90  |
| Gambar 4.28 | Pengukuran Pada Menit Ke-15.....                           | 91  |
| Gambar 4.29 | Alat dan Bahan Yang Digunakan.....                         | 93  |
| Gambar 4.30 | Pencampuran Semen dan Air .....                            | 93  |
| Gambar 4.31 | Proses Penyatuan Semen dan Air.....                        | 94  |
| Gambar 4.32 | Pembuatan Bola Dari Semen dan Air.....                     | 94  |
| Gambar 4.33 | Cincin Ebonite yang Dimasukan Adonan .....                 | 95  |
| Gambar 4.34 | Pencampuran Semen dan Air .....                            | 95  |
| Gambar 4.35 | Mesin Abrasi Los Angeles .....                             | 97  |
| Gambar 4.36 | Penimbangan Agregat Kasar .....                            | 98  |
| Gambar 4.37 | Bola Baja .....  | 98  |
| Gambar 4.38 | Agregat Kasar dan Bola Baja .....                          | 99  |
| Gambar 4.39 | Agregat Kasar dan Bola Baja Setelah Diputar 500 Kali ..... | 99  |
| Gambar 4.40 | Agregat Kasar di Pan.....                                  | 100 |
| Gambar 4.41 | Gerobak Material.....                                      | 111 |
| Gambar 4.42 | Ember Untuk Penakaran Bahan Penyusun Beton .....           | 111 |
| Gambar 4.43 | Alat Slump Test.....                                       | 112 |
| Gambar 4.44 | Penakaran Semen Untuk Campuran Beton .....                 | 112 |
| Gambar 4.45 | <i>Concrete Mixer</i> .....                                | 113 |
| Gambar 4.46 | Penimbangan Air Campuran Beton.....                        | 113 |
| Gambar 4.47 | <i>Accelerating Admixture</i> 1% .....                     | 114 |
| Gambar 4.48 | <i>Accelerating Admixture</i> .....                        | 114 |
| Gambar 4.49 | Proses Slump Test.....                                     | 115 |
| Gambar 4.50 | Pengukuran Slump Test Menggunakan Meteran .....            | 116 |
| Gambar 4.51 | Beton Segar di Grobak Material.....                        | 117 |
| Gambar 4.52 | Memasukan Beton Segar ke Cetakan Silinder .....            | 118 |
| Gambar 4.53 | Penimbangan Beton Segar .....                              | 118 |



|   |     |
|---|-----|
| Gambar 4.54 Beton Segar dan Cetakan Silinder.....                   | 119 |
| Gambar 4.55 Penamaan Beton.....                                     | 119 |
| Gambar 4.56 Perendaman Benda Uji.....                               | 120 |
| Gambar 4.57 Alat Kuat Tekan Beton.....                              | 121 |
| Gambar 4.58 Beton yang Dikeringkan.....                             | 122 |
| Gambar 4.59 Menimbang Benda Uji Silinder.....                       | 122 |
| Gambar 4.60 Alat <i>Vertical Cylinder Capping Concrete</i> .....    | 123 |
| Gambar 4.61 Pengujian Kuat Tekan.....                               | 123 |
| Gambar 4.62 Keretakan Pada Beton Saat Pengujian.....                | 124 |
| Gambar 4.63 Keretakan Benda Uji Pasir Muntilan 0% Umur 7 Hari.....  | 140 |
| Gambar 4.64 Keretakan Benda Uji Pasir Muntilan 0% Umur 14 Hari..... | 140 |
| Gambar 4.65 Keretakan Benda Uji M-Sand 1% Umur 14 Hari.....         | 141 |
| Gambar 4.66 Keretakan Benda Uji M-Sand 0% Umur 14 Hari.....         | 141 |
| Gambar 4.67 Keretakan Benda Uji Pasir Muntilan 1% Umur 28 Hari..... | 141 |
| Gambar 4.68 Rongga Pada Benda Uji M-Sand 1%.....                    | 142 |
| Gambar 4.69 <i>Bleeding</i> Pada Benda Uji M-Sand 1%.....           | 142 |





## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Komposisi Bahan Utama Semen.....                                  | 9   |
| Tabel 2.2 Jenis Jenis Semen Portland Dengan Sifat Sifatnya.....             | 15  |
| Tabel 2.3 Tekanan Air pada Sample Beton dan Waktu Penekanan.....            | 24  |
| Tabel 2.4 Gradasi Agregat Halus .....                                       | 25  |
| Tabel 2.5 Gradasi Agregat Kasar .....                                       | 25  |
| Tabel 2.6 Kandungan Butir Halus 0,3 dalam 1 m <sup>3</sup> Beton .....      | 26  |
| Tabel 2.7 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Kedap Air .....           | 26  |
| Tabel 3.1 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji .....                          | 37  |
| Tabel 3.2 Sampel Benda Uji beton dengan Bahan Tambah Zat Aditif .....       | 39  |
| Tabel 3.3 Standar Penelitian dan Spesifikasi Bahan Material .....           | 40  |
| Tabel 3.4 Rencana Kegiatan .....  | 50  |
| Tabel 4.1 Analisa Saringan ( <i>M-Sand</i> ).....                           | 60  |
| Tabel 4.2 Analisa Saringan Pasir Muntitan.....                              | 63  |
| Tabel 4.3 Analisa Saringan <i>Split</i> 1x2 cm.....                         | 68  |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>M-Sand</i> .....    | 77  |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Muntitan .....         | 79  |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>Split</i> 1x2.....  | 81  |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar ( <i>Split</i> 1x2) ..... | 84  |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar ( <i>M-Sand</i> ).....    | 86  |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Pasir Muntitan.....       | 87  |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Daya Ikat Semen.....                             | 91  |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian Konsistensi Normal Semen .....                   | 96  |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian <i>Accelerating Admixture</i> .....              | 101 |
| Tabel 4.13 Standar Deviasi dan Nilai Tambah .....                           | 102 |
| Tabel 4.14 Nilai Slump yang Sering Digunakan Pada Proyek .....              | 103 |
| Tabel 4.15 Kebutuhan Air Pencampur dan Udara .....                          | 104 |
| Tabel 4.16 Hubungan Rasio Air dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton .....     | 105 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabel 4.17 Volume Agregat Kasar Untuk Slump .....                            | 106 |
| Tabel 4.18 Faktor Koreksi Untuk Nilai Slump Beton .....                      | 107 |
| Tabel 4.19 Tabel Rangkuman Mix Design Menggunakan Pasir Muntilan.....        | 109 |
| Tabel 4.20 Tabel Rangkuman Mix Design Menggunakan <i>M-Sand</i> .....        | 110 |
| Tabel 4.21 Hasil Dari Slump Test dan Slump Flow Test .....                   | 116 |
| Tabel 4.22 Berat Massa Volume Beton .....                                    | 125 |
| Tabel 4.23 Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari .....                                | 127 |
| Tabel 4.24 Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari .....                               | 130 |
| Tabel 4.25 Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari .....                               | 132 |
| Tabel 4.26 Hasil Kuat Tekan Umur 56 Hari .....                               | 135 |
| Tabel 4.27 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 0%).....       | 136 |
| Tabel 4.28 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 1%).....       | 137 |
| Tabel 4.29 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir ( <i>M-Sand</i> 0%)..... | 138 |
| Tabel 4.30 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir ( <i>M-Sand</i> 1%)..... | 139 |



## DAFTAR GRAFIK

|  |     |
|--|-----|
| Grafik 4.1 Gradasi M-Sand .....  | 60  |
| Grafik 4.2 Gradasi Pasir Muntilan .....  | 64  |
| Grafik 4.3 Gradasi Split 1x2cm .....   | 68  |
| Grafik 4.4 Pengujian Daya Ikat Semen .....                                     | 92  |
| Grafik 4.5 Konsistensi Normal Semen .....                                      | 96  |
| Grafik 4.6 Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari .....                                  | 128 |
| Grafik 4.7 Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari .....                                 | 130 |
| Grafik 4.8 Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari .....                                 | 133 |
| Grafik 4.9 Kuat Tekan Beton Umur 56 Hari .....                                 | 135 |
| Grafik 4.10 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 0%) .....       | 136 |
| Grafik 4.11 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 1%) .....       | 137 |
| Grafik 4.12 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir ( <i>M-Sand</i> 0%) ..... | 138 |
| Grafik 4.13 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir ( <i>M-Sand</i> 1%) ..... | 139 |
| Grafik 5.1 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 0%) .....        | 144 |
| Grafik 5.2 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 1%) .....        | 144 |
| Grafik 5.3 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir ( <i>M-Sand</i> 0%) .....  | 145 |
| Grafik 5.4 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir ( <i>M-Sand</i> 1%) .....  | 145 |



### DAFTAR LAMPIRAN

|   |      |
|---|------|
| Hasil Pengujian Kandungan <i>Accelerating Admixture</i> ..... | L-01 |
| Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari .....                  | L-02 |
| Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari .....                 | L-03 |
| Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari .....                 | L-04 |
| Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 56 Hari .....                 | L-05 |
| Hasil Plagscan .....  | L-06 |





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Beton adalah suatu elemen struktur yang terdiri dari suatu partikel partikel agregat yang dilekatkan oleh semen *portland* dan air. Semen *portland* ini mengisi ruang ruang yang kosong di antara partikel partikel agregat dan setelah beton segar dicor, beton tersebut akan mengeras yang diakibatkan oleh suatu unsur unsur kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan tahan lama dalam penggunaannya di konstruksi teknik sipil (Ferguson, 1991, dalam Muhammad Ikhsan Saifudidin, 2012).

Penggunaan beton sebagai salah satu pilihan dalam bidang konstruksi teknik sipil lebih luas dibandingkan dengan bahan lainnya seperti bahan kayu dan baja. Penggunaan bahan beton dalam konstruksi dikarenakan beton mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki bahan kayu dan baja antara lain yaitu beton relatif murah karena bahan penyusun dari beton dapat mudah ditemukan, mudah dalam pengerjaannya dan perawatannya, tahan terhadap cuaca buruk, lebih tahan api dan korosi.

Salah satu penggunaan bahan beton dalam bidang teknik sipil salah satunya yaitu perkerasan jalan menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau yang sering disebut jalan beton. Perkerasan jalan ini terdiri dari plat beton semen *portland* dan lapis pondasi diatas dasar tanah. Lapisan pondasi pada perkerasan jalan ini terkadang tidak ada dikarenakan perkerasan kaku memiliki modulus elastisitas yang tinggi sehingga perkerasan ini diperoleh dari lapisan slab beton itu sendiri, Sedangkan beban yang diterima oleh perkerasan ini didistribusikan ke tanah yang cukup luas di bawah area slab beton.

Kondisi lalu lintas di Indonesia yang sering kali menimbulkan kemacetan pada saat pelaksanaan pembangunan jalan menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*), maka pada penelitian ini digunakan suatu bahan *accelerating admixture* yang akan



diterapkan dalam pembuatan beton untuk perkerasan kaku. Penggunaan bahan *accelerating admixture* ini diharapkan perkerasan kaku dapat menerima beban lalu lintas kendaraan berat mulai umur 7 hari.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang diuraikan di atas, maka rumusan masalahnya adalah: seberapa besar pengaruh bahan *accelerating admixture* terhadap kuat tekan beton menggunakan pasir Muntilan dan pasir *M-Sand* pada umur 7 hari.

## 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengukur pengaruh bahan *accelerating admixture* terhadap kuat tekan beton menggunakan pasir Muntilan dan pasir *M-Sand*.
2. Untuk mengetahui kadar bahan *accelerating admixture* yang memberikan nilai kuat tekan optimum.

## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis yang kami harapkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan suatu wawasan kepada masyarakat pada umumnya dan dunia konstruksi teknik sipil pada khususnya penambahan bahan *accelerating admixture* untuk campuran beton untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*),
2. Menambah pengetahuan dan informasi tentang macam macam bahan *accelerating admixture*.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang kami harapkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengoptimalkan pemanfaatan bahan *accelerating admixture* dalam komposisi bahan beton,
2. Dapat mengetahui kuat tekan sesuai dengan kadar *accelerating admixture* untuk *rigid pavement*,
3. Dapat memberikan alternatif komposisi bahan *accelerating admixture* untuk *rigid pavement* yang dapat digunakan di lapangan untuk mengatasi lama kemacetan pada saat pembangunan konstruksi *rigid pavement*.



### 1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini, maka dengan itu diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan yaitu semen jenis OPC (*Ordinary Portland Cement*),
2. Bahan *Accelerating admixture* digunakan sebagai bahan tambah pada komposisi beton adalah merk x dengan kadar 0% dan 1% dari berat semen yang digunakan,
3. *Accelerating admixture* merk x didapatkan di *supplier* di Kota Semarang,
4. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan suatu beton pada saat dilakukan penambahan *accelerating admixture* untuk *rigid pavement*,
5. Agregat halus yang digunakan adalah *Manufactured Sand* (selanjutnya disebut *M-Sand*) dan Pasir Muntilan,
6. Agregat Kasar yang digunakan Agregat Kasar Seloarto yang memiliki dimensi  $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ ,
7. Menggunakan perbandingan faktor air semen (fas) 0,30,
8. Air yang digunakan berasal dari air PDAM Jati Kencana Beton (JKB),
9. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 28, 56 hari,
10. *Sample* dari beton menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
11. Jumlah benda uji yaitu 48 buah *sample* beton menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
12. Pengujian kuat tekan dilakukan di *Batching Plant* JKB (Jati Kencana Beton) Jalan Jurusan PTP XVIII, Ngobo KM 2, Krajan Wringin Putih, Karangjati, Kec. Bergas, Kabupaten Semarang.

### 1.6 Sistematika Penyusunan

Penulisan sistematika dalam penyusunan penelitian” Pengaruh Kadar AA (*Accelerating Admixture*) Terhadap Kuat Tekan Beton menggunakan Pasir Muntilan dan Pasir *M-Sand* (Studi Kasus Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku) sebagai berikut:



## **Bab I : Pendahuluan**

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitian, batasan masalah. Selain itu bab ini berisikan sistematika dalam penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini.

## **Bab II : Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisikan tentang berbagai teori teori yang digunakan dan berhubungan dengan penelitian ini.

## **Bab III : Metode Penulisan**

Bab ini berisi tentang tinjauan umum berupa metode uji, dan langkah-langkah penelitian dan yang dijelaskan dalam bentuk *flowchart* (diagram alir).

## **Bab IV : Pembahasan dan Hasil**

Bab ini berisikan tentang beberapa pengujian yang didapatkan pada saat penelitian di Batching Plant JKB (Jati Kencana Beton) Jalan Jurusan PTP XVIII, Ngobo KM 2, Krajan Wringin Putih, Karangjati, Kec. Bergas, Kabupaten Semarang.

## **Bab V : Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat pada saat penelitian yang sudah dilakukan dan terdapat saran oleh penulis untuk penelitian yang selanjutnya agar lebih baik.

## **LAMPIRAN**

Selain beberapa bab diatas yang diuraikan, laporan ini juga berisi hal hal yang membantu dan menunjang dalam mamahami laporan, daftar pustaka dan lampiran.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Landasan Teori

Dalam dunia bahan bangunan, beton bisa dipakai secara luas menurut kegunaannya, Salah satu kegunaannya dalam bidang transportasi. Kegunaan beton dalam bidang transportasi yaitu sebagai bahan perkerasan untuk jalan yang orang yang biasanya disebut juga sebagai jalan beton atau perkerasan kaku (*rigid pavement*). Dalam satu campuran beton terdapat berbagai bahan campuran, yaitu berupa air, semen, pasir, dan kerikil sehingga membentuk pasta yang disebut sebagai pasta semen. Pasta semen ini menutup pori – pori diantara butiran – butiran agregat halus yang berfungsi untuk pengikat pada proses perkerasan, sehingga butiran agregat tadi saling mengikat dengan kuat dan membentuk satu massa yang padat (Tjokrodinulio, 1996 dalam Nugroho, Eko Hindaryanto, 2010).

Perbandingan berat air dan semen dalam satu adukan beton disebut faktor air semen. Supaya terjadi sebuah proses hidrasi yang baik pada adukan beton, biasanya menggunakan nilai faktor air semen (f.a.s) 0,4-0,6 bergantung pada mutu beton yang akan dipakai. Jika ingin menggunakan mutu beton yang tinggi biasanya menggunakan nilai f.a.s yang rendah, namun ada juga yang menambahkan daya *workability* (sifat mudah dibentuk) memerlukan nilai f.a.s yang lebih tinggi (Dipohusodo, 1990 dalam Nugroho, Eko Hindaryanto, 2010).

Faktor air semen yang dipakai juga mempengaruhi nilai koefisien permeabilitas. Semakin besar faktor air semen semakin encer pula adukan beton sehingga koefisien permeabilitas akan semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak air sisa yang tidak terpakai untuk proses penghidrasian semen akan memberikan pori-pori yang besar sampai beton akan porous dan sangat mudah dilalui air (*permeable*). Jadi pada proses pembuatan beton kedap air, harus



menggunakan f.a.s. yang rendah sehingga koefisien permeabilitasnya akan menjadi rendah (Krisbiyantoro, 2005 dalam Nugroho, Eko Hindaryanto, 2010).

Perkuatan semen yang telah mengalami perkerasan bergantung pada jumlah air. Pada umumnya, jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi hanya membutuhkan  $\pm 25\%$  dari berat semen yang dibutuhkan. Proses penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan beton setelah mengeras. Air yang berlebih dari yang diperlukan ketika proses hidrasi pada umumnya dibutuhkan pada proses pembuatan beton. Supaya adukan beton dapat bisa dicampur dengan sempurna, mudah diangkut, dan mudah dicetak dan tidak keropos. Tetapi lebih baik selalu mengusahakan menggunakan jumlah air sedikit mungkin, supaya kekuatan beton tidak terlalu jelek. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh besar kecilnya pori – pori pada beton. Air yang berlebih akan berakibat pada beton yang memiliki pori yang banyak, jadi hasil yang dicapai kurang kuat dan maksimal dan keropos (Tjokrodinulio, 1996 dalam Nugroho, Eko Hindaryanto, 2010)

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan yang digunakan pada campuran beton selain unsur utama pembuat beton (air, semen, pasir, kerikil) yang ditambahkan sebelum atau selama proses pembuatan beton. Tujuan penambahan *admixture* pada beton adalah mengubah sedikit atau banyaknya sifat-sifat beton saat masih segar atau pada saat sudah mengeras contohnya adalah untuk mempercepat perkerasan, memberikan sifat encer pada adukan, memberikan kekuatan tambahan pada kuat tekan, menambah sifat daktilitas, mengurangi sifat beton yang getas, mengurangi keretakan pada saat proses perkerasan.

### **2.1.1. Pengertian Beton**

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari berbagai bahan utama seperti semen, pasir, kerikil, atau agregat lain yang dicampur dan diaduk menjadi satu dan dicampur dengan air membentuk suatu pasta yang biasa disebut pasta semen. Terkadang diberikan juga dengan suatu bahan *accelerating admixture* yang ditambahkan untuk menghasilkan sebuah beton dengan sifat dan karakteristik tertentu, misalnya seperti kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan.



Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur dengan merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu yang panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya. (Wicaksono, 2005 dalam Nugroho, Eko Hindaryanto, 2010).

Pada kualitas beton yang bagus, terdapat mortar yang membungkus setiap butir agregat seluruhnya. Begitu juga dengan ruang antar agregat, mortar harus mengisi ruang tersebut. karena kualitas beton dipengaruhi oleh kualitas mortar yang digunakan. Semen adalah unsur yang penting dalam campuran beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari presentase adukan campuran. masing – masing bahan memiliki sifat yang berbeda dalam pengerasannya maupun ketika masih dalam keadaan segar, faktor biaya memang sangat perlu diperhatikan, namun di lain pihak, secara teknis, beton diisi agregat sebanyak 70-75%, jadi agregat mempunyai peran yang sama pentingnya sebagai material pengisi beton.

Beberapa kelebihan beton dibanding material lain, antara lain:

1. Beton termasuk bahan yang memiliki sifat kuat tekan yang tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan dan tahan terhadap kebakaran,
2. Harga beton relatif lebih murah karena menggunakan bahan dasar dari lokal, kecuali semen *portland*,
3. Kondisi beton ketika masih segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan,
4. Beton yang memiliki kuat tekan yang tinggi jika diberi tulangan baja dapat digunakan untuk proses pembuatan struktur berat,
5. Beton segar dapat disempotkan pada permukaan beton lama yang retak, maupun diisikan ke dalam cetakan beton pada saat perbaikan, dan



- memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit,
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit,
  7. Beton termasuk tahan aus dan kebakaran, sehingga biaya perawatannya relatif rendah.

Adapun kekurangan beton adalah sebagai berikut:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak,
2. Beton segar mengalami susut pada saat pengeringan, dan beton segar mengembang jika basah,
3. Beton cepat mengeras dan menyusut apabila terjadi perubahan suhu,
4. Beton sulit kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak tulangan beton,
5. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail.

### **2.1.2 Bahan Susun Beton**

Banyak cara untuk mengetahui kualitas beton, antara lain dengan pemilihan bahan campuran beton yang baik, pemberian dan perhitungan proporsi yang tepat antar bahan, cara pengerjaan dan perawatan, serta pemilihan bahan tambah (bila diperlukan) yang tepat dan sesuai dengan takaran optimal yang diperlukan. Bahan campuran untuk pembuatan beton ada berbagai macam elemen yang terdiri atas semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah (*admixture*) jika diperlukan. Proses pembuatan beton yang baik harus melewati uji laboratorium yang telah bersertifikasi untuk di uji kekuatan kuat tekannya, apakah sudah sesuai dengan standard dan mutu yang dibutuhkan suatu proyek. Biasanya mutu suatu beton pada pengerjaan proyek sudah disepakati dalam RKS masing – masing proyek.

#### **2.1.2.1 Semen Portland**

Semen *portland* merupakan jenis semen hidrolis yang dihasilkan melalui penghalusan *klinker* yang terdiri dari *silikat calsium* yang memiliki sifat hidrolis, dan memiliki



bahan tambah berupa *gips*. Cara memperoleh semen portland yaitu dengan membakar suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) secara bersamaan dengan perbandingan yang telah ditentukan. Secara teori, kandungan semen *portland* adalah silika, kapur, dan alumina. Ketiga bahan tersebut dicampur lalu dibakar dengan suhu  $1550^{\circ}\text{C}$  sehingga menjadi *klinker*. Lalu bahan yang telah dibakar tadi kemudian dikeluarkan, didinginkan, dan yang terakhir dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya, klinker digiling sampai halus dengan cara mekanis lalu ditambahkan *gips* atau kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ )  $\pm 2-4\%$  dengan tujuan sebagai bahan untuk mengontrol waktu pengikatan. Terkadang diberi bahan tambah lain dan hal tersebut ditambahkan untuk membentuk semen dengan sifat tertentu (Tjokrodimuljo, 1996). Material utama dari semen *portland* yaitu batu kapur yang memiliki kandungan komponen-komponen utama  $\text{CaO}$  (kapur) dan tanah liat yang memiliki kandungan komponen-komponen  $\text{SiO}_2$  (*silica*),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (oksida besi),  $\text{MgO}$  (magnesium),  $\text{SO}_3$  (sulfur) serta  $\text{Na}_2+\text{K}_2\text{O}$  (soda/potash). Sedangkan bahan penyusun semen lainnya yang jumlahnya kecil dari berat semen yaitu  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{Na}_2\text{O}$ . Komposisi dari bahan utama pembuatan semen dapat dilihat pada Tabel 2.1. sebagai berikut:

Tabel 2.1. Komposisi Bahan Utama Semen

| Komposisi   | Persentase (%) |
|---|----------------|
| Kapur ( $\text{CaO}$ )                                | 60 – 65        |
| Silika ( $\text{SiO}_2$ )                             | 17 – 25        |
| Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )                   | 3 – 8          |
| Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )                      | 0,5 – 6        |
| Magnesia ( $\text{MgO}$ )                             | 0,5 – 4        |
| Sulfur ( $\text{SO}_3$ )                              | 1 – 2          |
| Potash ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) | 0,5 – 1        |

Sumber: Kardiyono Tjokrodimulyo (1996)

Walaupun demikian, pada dasarnya ada 4 unsur yang paling utama dari semen,



yaitu:

a) Trikalsium silikat ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.SiO_2$

Senyawa ini mengalami proses hidrasi yang sangat cepat dan disertai dengan pelepasan sejumlah besar unsur panas, yang dapat berpengaruh besar pada proses pengerasan semen sebelum umur 14 hari, kurang tahan dengan agresi kimiawi, yang paling menonjol yaitu mengalami disintegrasi oleh zat sulfat air tanah dan kemungkinan besar untuk mengalami keretakan oleh perubahan volume.

b) Dikalsium silikat ( $C_2S$ ) atau  $2CaO.SiO_2$

Formasi senyawa ini terjadi secara perlahan diikuti dengan pelepasan zat panas secara lambat. Senyawa ini mempengaruhi proses peningkatan perkuatan yang terjadi dari umur 14 hari sampai dengan 28 hari dan seterusnya. Dengan kadar  $C_2S$  yang banyak, maka zat ini akan memiliki ketahanan terhadap agresi kimiawi yang kekuatannya relatif tinggi, pengerasan yang lambat, dan proses panas hidrasi yang rendah.

c) Trikalsium aluminat ( $C_3A$ ) atau  $3CaO.Al_2O_3$

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Jika kandungan unsur ini lebih besar dari 10% akan menyebabkan kurang tahan terhadap asam sulfat. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari.

d) Tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$ ) atau  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Senyawa ini kurang penting karena tidak begitu besar pengaruhnya terhadap kekutan dan kekerasan semen.  $C_4AF$  hanya berfungsi untuk menyempurnakan reaksi pada dapur pembakaran pembentukan semen.

Dua unsur pertama (1 dan 2) biasanya terdiri dari 70-80% kandungan berat semen sehingga menjadi bagian yang paling dominan dalam pemberian sifat semen (Tjokrodimuljo, 1996 dalam Nugroho, Eko Hindaryanto, 2010).

Selanjutnya adalah dalam proses setting dan hardening akibat reaksi antara



semen dan air, senyawa-senyawa  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ , dan  $C_4AF$  mengalami hidrasi yang mekanismenya dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Hidrasi kalsium silikat ( $C_3S$  dan  $C_2S$ )

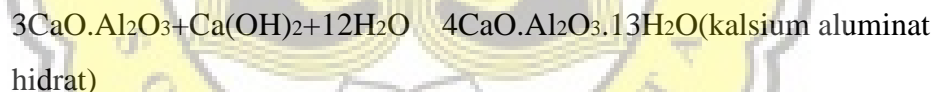
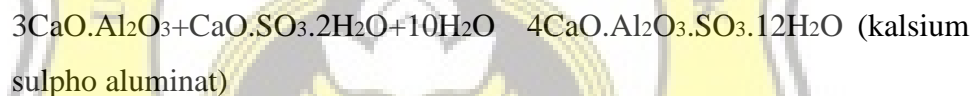
Kalsium silikat akan terhidrasi menjadi suatu kalsium hidroksida dan kalsium silikat hidrat



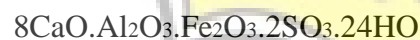
Terbentuknya kalsium hidroksida pada proses hidrasi diatas menyebabkan pasta semen bersifat basa, hal ini dapat mencegah korosi pada baja akan tetapi menyebabkan pasta semen cukup reaktif terhadap asam.

2. Hidrasi Kalsium Aluminat ( $C_3A$ )

Proses hidrasi  $C_3A$  akan menghasilkan kalsium aluminat hidrat setelah semua kandungan gypsum ( $CaO.SO_3.2H_2O$ ) habis bereaksi.



3. Hidrasi Kalsium Aluminat Ferrite ( $C_4AF$ )



Jenis semen menurut Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) yaitu :

1. Semen *Portland/ Ordinary Portland Cement* (OPC) di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis berdasarkan SNI 15-2049-2004, yaitu :

a) Jenis I adalah semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis jenis lain,

b) Jenis II adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan



ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang,

- c) Jenis III adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi,
- d) Jenis IV adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah,
- e) Tipe V adalah semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2. Semen *Portland* Putih (SNI 15-0129-2004)

Merupakan suatu semen hidrolis yang mempunyai warna putih dan dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* putih terutama terdiri atas kalsium silikat dan digiling bersamaan dengan bahan tambah berupa bentuk kristal senyawa kalsium sulfat.

3. Semen *Portland* Pozolan / *Portland Pozzolan Cement* (PPC) SNI 15-0302-2004

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen *portland* pozolan.

Jenis jenis dari *Portland Pozzolan Cement* (PPC) yaitu :

- a) Jenis IP-U yaitu semen *portland* pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- b) Jenis IP-K yaitu semen *portland* pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- c) Jenis P-U yaitu semen *portland* pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.





d) Jenis P-K yaitu semen *portland* pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

#### 4. Semen *Portland* Komposit (PCC) SNI-7064-2004

Bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen *portland* komposit.

Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

##### 1. Cara Uji Semen

Daya ikat dari semen sangat berpengaruh terhadap pembuatan adukan mortar maupun beton karena campuran dari beton yang harus sesegera mungkin dipakai agar tidak cepat kering. Oleh karena itu penting sekali jika mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan dalam pengikatan semen yang akan terjadi.

Tujuan dari dilakukan pengujian semen ini adalah untuk menentukan konsistensi normal dari semen untuk penentuan waktu berapa lama dalam pengikatan semen yang akan terjadi.

a) Bahan bahan yang dibutuhkan antara lain :

1. Semen dengan berat 500 gr,
2. Air 125-155 ml.

b) Alat alat yang dibutuhkan antara lain :

1. Mesin aduk (*mixer*),



2. Alat Vicat,
  3. Timbangan dengan ketelitian 1 gr,
  4. Pisau perata,
  5. Gelas ukur 500 ml.
- c) Tata cara pelaksanaannya yaitu :
1. Persiapan pasta semen
    - a) Pasang daun pengaduk dan mangkuk yang kering pada *mixer*,
    - b) Masukkan bahan bahan terlebih dulu air lalu dilanjutkan semen dengan berat 500gr,
    - c) Jalankan *mixer* selama 30 detik,
    - d) Keluarkan pasta dari *mixer*.
  2. Pencetakan benda uji
    - a) Bentuk pasta yang sudah dikeurkan dari mixer dengan kedua tangan dan bentuk menjadi bola,
    - b) Setelah berbentk bola lalu tekankan pada cincin konus pada alat vicat,
    - c) Ratakan bentuk pasta dan haluskan permukaan pasta.
  3. Penentuan konsistensi
    - a) Pusatkan cincin yang berisi pasta tepat dibawah batang penekan dan kunci agar tidak bergeser,
    - b) Tempelkan indikator pada angka 0,
    - c) Lepas batang penekan dan jarum tersebut kedalam pasta,
    - d) Konsistensi normal dari pasta terjadi apabila batang penekan dan jarum menembus batas  $10 \pm 1$ mm dibawah permukaan dalam waktu 30 detik. Jika melebihi persyaratan tersebut maka semen dinyatakan tidak layak untuk digunakan.



Tabel 2.2. Jenis-jenis Semen *Portland* Dengan Sifat-sifatnya.

| Tipe semen | Sifat pemakaian      | Kadar senyawa (%) |                  |                  |                   | Kehalusan blaine ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) | Kuat 1hari ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ) | mPanas hidrasi ( $\text{J}/\text{kg}$ ) |
|------------|----------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|---|--|---|
|            |                      | C <sub>3</sub> S  | C <sub>2</sub> S | C <sub>3</sub> A | C <sub>4</sub> AF |   |  |   |
| I          | Umum                 | 50                | 24               | 11               | 8                 | 350   | 1000                                   | 330                                     |
| II         | Modifikasi           | 42                | 33               | 5                | 13                | 350   | 900                                    | 250                                     |
| III        | Kekuatan awal tinggi | 60                | 13               | 9                | 8                 | 450   | 2000                                   | 500                                     |
| IV         | Panas hidrasi rendah | 25                | 50               | 5                | 12                | 300   | 450                                    | 210                                     |
| V          | Tahan sulfat         | 40                | 40               | 9                | 9                 | 350   | 900                                    | 250                                     |

Sumber: Antoni, Paul Nugraha (2007)

### 2.1.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat akan sangat mempengaruhi kualitas beton, tetapi sifat-sifat ini lebih bergantung pada faktor-faktor seperti bentuk, dan ukuran butiran pada jenis batuan. Berdasarkan butiran, agregat dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### 1. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang lolos ayakan 4,75 mm. Agregat halus pada beton dapat berupa pasir alam atau pasir buatan. Pasir alam didapatkan dari hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (pasir gunung atau pasir sungai). Pasir buatan adalah pasir yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu atau diperoleh dari hasil sampingan dari *stone crusher*. Pasir (*fine aggregate*) berfungsi sebagai pengisi pori-pori yang ditimbulkan oleh agregat yang lebih



besar (agregat kasar/*coarse aggregate*). Kualitas pasir sangat mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, sifat-sifat pasir harus diteliti terlebih dahulu sebelum pasir tersebut digunakan dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Persyaratan agregat halus (pasir) menurut PBI 1971 adalah:

1. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton menurut 4.2 ayat (1), maka agregat halus memenuhi satu, beberapa atau semua ayat berikut ini.
2. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
5. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat (1), harus memenuhi syarat-syarat berikut:
  - a) Sisa diatas ayakan 4mm harus minimal 2% berat,



- b) Sisa diatas ayakan 1mm harus minimal 10% berat,
  - c) Sisa diatas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
6. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

#### Pengujian pada Agregat Halus (Pasir)

##### 1. Pengujian Kadar Lumpur

Untuk mendapatkan suatu campuran beton yang baik maka pasir atau agregat halus yang harus digunakan haruslah memenuhi syarat salah satu syarat tersebut adalah bersih dari kandungan lumpur pada pasir. Lumpur adalah bagian dari pasir yang lolos ayakan 0,036 mm. Apabila kadar dari lumpur yang ada lebih dari 5% dari berat keringnya, maka pasir harus dicuci dengan air terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai material penyusun beton.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan,

G1 = Berat Kering Awal (gram)

G2 = Berat Kering Akhir (gram)

2. Tujuan pengujian dari gradasi adalah untuk mengetahui susunan diameter dari butiran agregat halus dan persentase modulus kehalusan butir.

$$\text{Modulus Kehalusan Butir} = \frac{A - 100}{B} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan,

A = Prosentase dari berat agregat halus yang tertinggal kumulatif tanpa berat pasir dalam pan (%)

B = Prosentase dari berat agregat halus yang tertinggal (%)

##### 3. Pengujian *Specific Gravity*

Berat jenis merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam penelitian ini dalam merencanakan campuran adukan beton, karena dengan



variabel tersebut dapat dihitung volume dari agregat halus yang diperlukan pada saat praktikum di laboratorium.

Tujuan dari pengujian *Specific gravity* ini adalah untuk mengetahui nilai dari :

1. *Apparent Specific Gravity* adalah perbandingan antara berat dari pasir kering dan volume dari pasir

$$\text{Rumus} = \frac{A}{B-A-C} \dots\dots\dots (2.3)$$

2. *Bulk Specific Gravity* adalah perbandingan dari antara berat dari pasir kering dengan volume pasir total.

$$\text{Rumus} = \frac{A}{B-500-C} \dots\dots\dots (2.4)$$

3. *Bulk Specific Gravity SSD* adalah perbandingan dari berat pasir jenuh dengan kondisi kering permukaan dengan volume pasir total yang digunakan

$$\text{Rumus} = \frac{500}{B-500-C} \dots\dots\dots (2.5)$$

4. Absorsi adalah perbandingan antara berat dari air yang diserap dengan pasir kering senggii dapat menunjukkan banyaknya kandungan air yang dapat diserap oleh pasir

$$\text{Rumus} = \frac{500-A}{A} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan,

Berat sampel awal yaitu 500 gram

A : Berat kering akhir (gram)

B : Berat Volume flash + air (gram)

C : Berat Volume *volumetric* flash + air + pasir (gram)

## 2. Agregat Kasar

Menurut PBI 1971 agregat kasar *split* harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Agregat kasar untuk beton dapat berupa krikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan batuan atau berupa batu pecah yang



diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. Sesuai dengan syarat syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai bagai mutu beton menurut pasal 4.2. ayat (1), maka agregat kasar harus memenuhi 1, beberapa atau semua ayat berikut ini

- b) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Kerikil yang berpori akan menghasilkan beton yang mudah ditembus air. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butirannya tidak melebihi 20% berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar tersebut harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila lebih dari 1% maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu.
- d) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat -zat yang reaktif dengan alkali.
- e) Kekerasan dari butir- butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari *Rudellof* dengan beban penguji 20t, dengan mana harus dipenuhi syarat syarat berikut:
  1. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat ;
  2. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% atau dengan mesin pengaus *Los Angeles* dimana tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%.
- f) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat (1), harus memenuhi syarat syarat berikut :



1. Sisa diatas ayakan 31,5 mm , harus 0% berat ;
  2. Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat
  3. Selisih antara sisa sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- g) Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada  $1/5$  jarak terkecil antara bidang- bidang samping dari cetakan,  $1/3$  dari tebal pelat, atau  $3/4$  dari jarak bersih minimum diantara batang batang atau berkas berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawasan ahli, cara cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang sarang krikil.

#### **2.1.2.3 Perbandingan Agregat Halus Terhadap Agregat Kasar**

Diperlukan kehati-hatian dalam penentuan persentase pasir terhadap total agregat. Terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan beton yang segregasi atau keropos, karena kelebihan agregat kasar. Terlalu banyak pasir yang dipakai juga akan dapat menghasilkan beton dengan kepadatan rendah dan kebutuhan air yang tinggi. Pasir pada umumnya 25-65% volume dari total agregat. Persentase rendah dipakai untuk batu bulat dan persentase yang tinggi untuk batu pecah.

Jika agregat halus mengandung butir yang sangat halus maka semakin sedikit dibutuhkan untuk membuat campuran *workable*. Namun jika proporsi ini dilebihi, pasta semen harus meliputi lebih banyak total luas permukaan agregat, dan mungkin campuran menjadi tidak *workable*. Dalam kasus demikian, *workability* yang dikehendaki kadang dapat dikembalikan dengan menambahkan air untuk menambah volume pasta. Namun hal itu akan mengakibatkan bertambahnya faktor air semen. Sebaliknya, agregat halus yang mengandung sedikit partikel lembut dapat memerlukan lebih banyak proporsi agregat halus yang dipakai untuk memenuhi *workability* dan pepadatan.

#### **2.1.2.4 Air**

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting. Air diperlukan untuk





bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Sifat dan kualitas air yang digunakan dalam campuran beton akan sangat mempengaruhi proses, sifat serta mutu beton.

Menurut Kardiyono Tjokrodimulyo (1996) untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai f.a.s yang dipakai sulit kurang dari 0,35 karena beton yang mempunyai proporsi air yang sangat kecil menjadi kering dan sukar dipadatkan. Oleh karena itu dibutuhkan tambahan air untuk menjadi pelumas campuran agar mudah dikerjakan.

Syarat-syarat air untuk campuran beton sesuai standar PBI 1971

Syarat-syarat air untuk pekerjaan beton menurut PBI 1971 adalah:

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.
2. Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh air itu ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diselidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton dan/atau tulangan.
3. Apabila pemeriksaan contoh air seperti disebut dalam ayat (2) itu tidak dapat dilakukan, maka dalam hal adanya keragu-raguan mengenai air harus diadakan percobaan perbandingan antara kekuatan tekan mortel semen+pasir dengan memakai air itu dan dengan memakai air suling. Air tersebut dapat dipakai apabila kekuatan tekan pada umur 7 dan 28 hari paling sedikit adalah 90% dari kekuatan tekan mortel dengan menggunakan air suling pada umur yang sama.
4. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor di bawah ini:

- a) Ukuran agregat maksimum: diameter membesar maka kebutuhan air menurun



- (begitu pula jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit),
- b) Bentuk butir: bentuk bulat maka kebutuhan air menurun (bentuk pecah perlu lebih banyak air),
  - c) Gradasi agregat: gradasi baik maka kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama,
  - d) Kotoran dalam agregat: makin banyak *silt*, tanah liat dan lumpur maka kebutuhan air meningkat,
  - e) Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar, atau h/k): agregat halus lebih sedikit maka kebutuhan air menurun.

Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran (Tjokrodimuljo, 1996). Pengaruh pada beton diantaranya pada waktu ikatan awal serta kekuatan beton setelah mengeras. Adanya lumpur dalam air diatas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan beton. Air dapat memperlambat ikatan awal beton sehingga beton belum mempunyai kekuatan dalam umur 2-3 hari. Sodium karbonat dan potassium dapat menyebabkan ikatan awal sangat cepat konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan beton.

### **2.1.3 Bahan Tambah**

#### **2.1.3.1 Pengertian Bahan Tambah**

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan yang bukan air, agregat maupun semen yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton atau pasta semen agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis untuk tujuan lain seperti menghemat energi (Nawy, 1996).

Suatu bahan tambah pada umumnya dimasukkan ke dalam campuran beton dengan jumlah sedikit, sehingga tingkat kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Oleh sebab itu, kontrol terhadap bahan tambah perlu dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan bahwa pemberian bahan tambah pada beton tidak menimbulkan efek samping seperti kenaikan penyusutan kering, pengurangan elastisitas (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1991).



### 2.1.3.2. Pengertian *Accelerating Admixture*

Jenis bahan ini dapat mempercepat waktu hidrasi dari penggunaan semen. Beton yang menggunakan akselerator ini lebih cepat mengikat serta lebih cepat mencapai kuat tekannya. Dalam hal ini *accelerating admixture* dibagi beberapa jenis dalam hal kandungannya :

#### 1. Calcium Chlorida

Dengan penggunaan 1,5%  $\text{CaCl}_2$  di dalam beton akan mengalami penambahan kekuatan 30% dalam 3 hari dan 20% dalam jangka waktu 28 hari. Pada umumnya akselerator tidak boleh digunakan dalam pembetonan yang dilakukan secara bersamaan atau masal, karena dapat mengakibatkan retak - retak akibat panas hidrasi yang dapat menjalar secara cepat.

#### 2. Aluminium Chlorida

Aluminium chlorida merupakan akselerator yang sangat kuat. Karena dengan menambahkan 1% aluminium chlorida akan menaikkan kuat tekannya mencapai 50%-170%.

#### 3. Natrium Sulfat

Natrium sulfat dapat mempercepat pengerasan semen yang tidak menyebabkan berkaratnya tulangan dari beton. Bahan tambahan ini dianjurkan untuk digunakan bersama calcium chlorida.

#### 4. Aluminium Sulfat

Dengan menggunakan aluminium sulfat dapat menambah kekuatan 20%-50% untuk beton yang berumur 1 hari.

### 2.1.4 Beton Kedap Air

#### 2.1.4.1 Pengertian Beton Kedap Air

Berdasarkan SK SNI S-36-1990-03, yang dimaksud dengan beton kedap air adalah beton yang tidak dapat tembus air dan harus memenuhi ketentuan minimum sebagai berikut:

1. Beton kedap air normal, bila diuji dengan cara perendaman dalam air.
  - a. Selama  $10 + 0,5$  menit, resapan (absorpsi) maksimum 2,5% terhadap berat beton



kering oven.

- b. Selama 24 jam, resapan (absorpsi) maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven.

Besarnya serapan air dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Serapan} = \frac{W - W_k}{W_k} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan,

W : Berat beton kondisi SSD (gram)

W<sub>k</sub> : Berat beton kondisi kering oven.(gram)

2. Untuk beton kedap air agresif, bila diuji dengan cara tekanan air maka tembusnya air ke dalam beton tidak melampaui batas sebagai berikut:

- a) Agresif sedang : 50 mm
- b) Agresif kuat : 40 mm

Tabel 2.3. Tekanan Air pada Sampel Beton dan Waktu Penekanan

| Tekanan Air (kg/cm <sup>2</sup> ) | Waktu (jam) |
|-----------------------------------|-------------|
| 1                                 | 48          |
| 3                                 | 24          |
| 7                                 | 24          |

### 2.1.5 Spesifikasi Bahan

Bahan yang digunakan untuk beton kedap air adalah:

- 1. Semen dengan tipe sebagai berikut:
  - a) *Portland* tipe 1.
  - b) Semen *Portland Pozzolan* (SPP)

Agregat dengan mutu memenuhi standar yang berlaku dan gradasi agregat harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.4. dan Tabel 2.5.



Tabel 2.4. Gradasi Agregat Halus

| Ayakan (mm) | Batas % berat yang lewat ayakan |          |          |          |
|-------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
|             | Umum                            | Khusus   |          |          |
|             |                                 | Kasar    | S edang  | Halus    |
| 10,00       | 100                             | -        | -        | -        |
| 5,00        | 89 – 100                        | -        | -        | -        |
| 2,36        | 60 – 100                        | 60 - 100 | 65 - 100 | 80 - 100 |
| 1,18        | 30 – 100                        | 30 - 90  | 45 - 100 | 70 - 100 |
| 0,60        | 15 – 100                        | 15 - 54  | 25 - 80  | 55 - 100 |
| 0,30        | 5 – 70                          | 5 - 40   | 5 - 48   | 5 - 70   |
| 0,15        | 0 – 15                          | -        | -        | -        |

Sumber: SK SNI S-36-1990-03

Tabel 2.5. Gradasi Agregat Kasar

| Ayakan (mm) | % berat yang lewat ayakan |           |           |
|-------------|---------------------------|-----------|-----------|
|             | Ukuran nominal ayakan     |           |           |
|             | 40 - 5 mm                 | 20 - 5 mm | 10 - 5 mm |
| 50,00       | 100                       | -         | -         |
| 37,50       | 95 – 100                  | 100       | 100       |
| 20,00       | 35 – 70                   | 85 - 100  | 90 – 100  |
| 10,00       | 10 – 40                   | 50 - 85   | 50 – 85   |
| 5,00        | 0 – 5                     | 0 - 50    | 0 – 10    |

Sumber: SK SNI S-36-1990-03

2. Air dengan mutu sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.
3. Bahan tambah yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan dan tidak menyimpang dari ketentuan yang ada.

### 2.1.6 Ketentuan Minimum Beton Bertulang Kedap Air

Proporsi campuran beton harus memenuhi standar persyaratan seperti pada Tabel 2.6. dan Tabel 2.7.



Tabel 2.6. Kandungan Butir Halus 0,3 mm dalam 1 m<sup>3</sup> Beton

| Ukuran nominal maksimum butir agregat (mm) | Minimum kandungan butir halus dalam 1 m <sup>3</sup> beton (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--|---|
| 10   | 520   |
| 20   | 450   |
| 40   | 400   |

Sumber: SK SNI S-36-1990-03

Tabel 2.7. Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Kedap Air

| Jenis beton     | Kondisi lingkungan berhubungan dengan | Faktor air semen minimum | Tipe semen                            | Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> ) ukuran nominal maksimum agregat |       |
|-----------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|-------|
|                 |                                       |                          |                                       | 40 mm  | 20 mm |
| Beton Bertulang | Air tawar                             | 0,5                      | Tipe I - IV                           | 280  | 300   |
|                 | Air payau                             | 0,45                     | Tipe I + pozzolan (15 - 40%) atau SPP | 340  | 380   |
|                 |                                       | 0,5                      | Tipe II atau tipe V                   | 290  | 330   |
|                 | Air laut                              | 0,45                     | Tipe II atau tipe V                   | 330  | 370   |

Sumber: SK SNI S-36-1990-03

### 2.1.7 Perawatan beton (*Curing*)

Tujuan dari perawatan beton adalah untuk memastikan reaksi hidrasi dari semen termasuk bahan tambahan atau pengganti yang dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu dari beton yang diharapkan akan tercapai dan kegunaan lain dari perawatan beton adalah agar beton tidak susut yang berlebihan akibat dari kelembaban yang dapat menyebabkan retak dari beton.

Untuk pelaksanaan perawatan beton dilakukan setelah beton mengalami fase



hardening atau permukaan beton yang terbuka atau setelah pembukaan cetakan.

1. Waktu pelaksanaan perawatan beton

Metode dari perawatan beton tergantung dari :

- a) Jenis semen yang digunakan,
- b) Luasan struktur yang dilaksanakan pengecoran,
- c) Kondisi cuaca, kelembaban di area lokasi.

2. Kualitas dan lama pelaksanaan perawatan beton berpengaruh pada :

- a) Mutu/kekuatan beton (*strength*),
- b) Keawetan beton (*durability*),
- c) Kekedapan air beton (*water tightness*),
- d) Ketahanan permukaan beton,
- e) Kestabilan volume.

3. Untuk Standarisasi Nasional Indonesia maka menggunakan SNI 03-2847-2002 yang mengatur perawatan beton selama :

- a) 7 (tujuh) hari untuk beton normal,
- b) 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan yang tinggi.

4. Cara perawatan beton (*curing*)

a) Perawatan Beton Dengan Pembasahan

Perawatan jenis ini dikerjakan setelah beton mencapai final setting. Perawatan ini dilakukan supaya proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan seperti mengalami keretakan akibat kehilangan air begitu cepat, metode pembasahan dilakukan di laboratorium atau di lapangan. Perawatan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab,
2. Menaruh beton segar dalam genangan air,
3. Menaruh beton segar dalam air,
4. Menyelimuti permukaan beton dengan air,
5. Menyelimuti permukaan beton secara bertahap,
6. Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan tahap



*compound*.

Perawatan dilakukan minimal selama 7 hari dan beton berkekuatan tinggi minimal 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi yang lembab, kecuali dilakukan untuk perawatan yang bertujuan dipercepat. Karena perawatan ini bertujuan untuk memperbaiki mutu dan keawetan beton, kedap terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

b.) Perawatan Beton Dengan Uap

Untuk perawatan yang dipercepat menggunakan uap bertekanan tinggi, uap bertekanan atmosferik, pemanasan atau proses lain yang dapat diterima, boleh digunakan untuk mencapai kekuatan tekan dan mengurangi waktu perawatan. Perawatan ini harus mampu menghasilkan kekuatan tekan sesuai dengan rencana. Dan prosesnya harus mampu menghasilkan beton dan tegar. Perawatan ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu perawatan dengan tekanan rendah dan perawatan dengan tekanan tinggi. Perawatan dengan tekanan rendah berlangsung selama 10-12 jam pada suhu 40°-55° C, sedangkan penguapan dengan suhu tinggi dilakukan selama 10-16 jam pada suhu 40°-55°C. Sebelum perawatan dengan penguapan dilakukan, beton harus dipertahankan pada suhu 10°-30° C selama beberapa jam. Perawatan ini berguna untuk daerah yang mempunyai musim dingin. Perawatan ini harus diikuti dengan perawatan pembasahan setelah lebih dari 24 jam, minimal selama umur 7 hari, agar kekuatan tekan dapat tercapai sesuai dengan rencana pada umur 28 hari.

c.) Perawatan Beton dengan Membran

Membran yang digunakan untuk perawatan merupakan penghalang fisik untuk menghilangkan penguapan air. Bahan yang digunakan harus kering dalam waktu 24 jam (sesuai *final setting time*), dan membentuk selebar film yang kontinyu, melekat dan tidak beracun, tidak selip, bebas dari lubang-lubang halus dan tidak membahayakan beton. Lembaran plastik





atau lembaran lain yang kedap air dapat digunakan dengan sangat efisien. Perawatan ini berguna untuk perawatan pada lapisan perkerasan beton (*rigid pavement*). Cara ini harus dilaksanakan sesegera mungkin setelah waktu pengikatan beton.

### 2.1.8 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Peruntukan prasarana jalan atau jalan raya adalah melayani lalu-lintas kendaraan baik bermotor maupun tidak bermotor dengan beban lalu-lintas mulai dari yang ringan sampai yang berat, tentunya ini tergantung pada hirarki fungsional jalan tersebut yang berada baik di luar maupun di dalam kota. Secara umum konstruksi perkerasan jalan terdiri atas dua jenis, yaitu perkerasan lentur yang bahan pengikatnya adalah aspal dan perkerasan kaku dengan semen sebagai bahan pengikatnya yang jalannya biasa juga disebut jalan beton. Jalan beton biasanya digunakan untuk ruas jalan dengan hirarki fungsional arteri yang berada di kawasan baik luar maupun dalam kota untuk melayani beban lalu lintas yang berat dan padat. Selain itu karena biaya pemeliharaan jalan beton dapat dikatakan nihil walaupun biaya awalnya lebih tinggi dibandingkan dengan jalan aspal yang selalu memerlukan pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan peningkatan jalan (tentunya ini akan memakan biaya yang tidak sedikit pula), maka sangatlah tepat jika jalan beton digunakan pada ruas-ruas jalan yang sangat sibuk karena sesedikit apapun, perbaikan jalan yang dilakukan akan mengundang kemacetan (kasus *bottle neck*) yang tentunya akan berdampak sangat luas (Peter L. Barnabas, 2005).

### 2.1.9 Metode Pengujian untuk mengukur *workability*

Menurut RF Blank et al 1976, Keleccakan atau *workability* adalah sekumpulan bahan yang mempunyai sifat dicampur kedalam adukan beton, kemudian ditangani, ditransportasikan dan ditempatkan dengan kehilangan homogenitas yang minim. Ada beberapa elemen – elemen dari suatu keleccakan agar beton mendapatkan hasil yang maksimal, antara lain: *consistency*, *plasticity*, *cohesiveness*, *mobility*, dan *fluidity*. Sehingga suatu adukan dapat dikatakan cukup lecek jika memenuhi kriteria-kriteria tersebut. *Consistency* artinya adukan harus mempunyai konsistensi



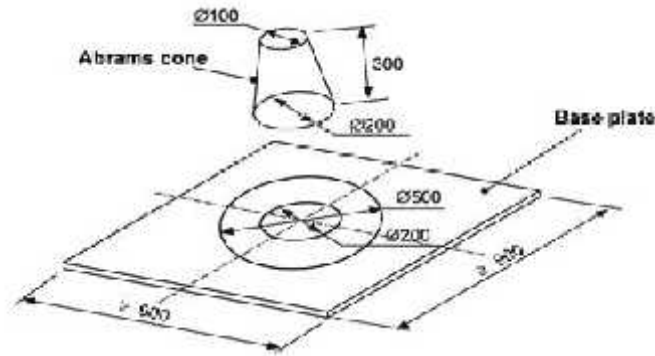
kekentalan yang cukup sehingga selama proses pembentukan beton tidak berubah bentuk. *Plasticity* adukan beton harus cukup plastis kondisi antara cair dan padat, sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan. *Cohesiveness* adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat, tidak terpecah menjadi unsur-unsurnya selama proses pengerjaan beton. *Mobility* artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk. *Fluidity* artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan, baik penuangan secara langsung maupun dengan menggunakan pompa *pump concrete*. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Berikut adalah jenis – jenis pengujian *workability* pada beton segar:

#### 1. *Slump flow test*

*Slump flow test* ini digunakan untuk menentukan *workability* (kemampuan alir beton). Alat yang dibutuhkan yaitu lingkaran dengan diameter 500 mm pada sebuah tatakan datar. Penelitian Brite EuRam menyarankan bahwa:

- a. Waktu 3-7 detik dapat diterima untuk aplikasi teknik sipil,
- b. Waktu 2-5 detik untuk aplikasi perumahan.

Dalam penelitian ini menggunakan waktu 3-7 detik untuk pengujian *slump flow test* nya, karena akan digunakan pada kasus pekerjaan perkerasan kaku. Jika terjadi segregasi parah, sebagian besar agregat kasar akan tetap berada di tengah wadah beton dan adukan semen dan semen di pinggir beton. Dalam kasus segregasi kecil, batas mortar tanpa agregat kasar dapat terjadi di tepi kolam beton. Jika tidak satu pun dari fenomena ini muncul, tidak ada jaminan bahwa pemisahan tidak akan terjadi karena ini adalah aspek terkait waktu yang dapat terjadi setelah periode yang lebih lama.



Gambar 2.1. Prosedur *Slump Flow Test*

Sumber: Google ([https://www.researchgate.net/figure/Apparatus-for-The-Slump-flow-test-fig1\\_47393574](https://www.researchgate.net/figure/Apparatus-for-The-Slump-flow-test-fig1_47393574))

## 2. Tes Bola Kelly

Pengujian Tes Bola Kelly dikembangkan oleh J.W Kelly untuk alternatif bagi uji Slump. Pengujian ini memiliki keuntungan untuk pemakaian beton dalam gerobak dorong atau dalam ctekan silinder. Pengujian ini menggunakan alat yang berbentuk setengah bola, sehingga dapat mengetahui konsistensi beton segar dengan indikator penetrasi ditunjukkan oleh belahan logam turun. Pengujian ini hampir menyerupai slump test namun pengujian ini lebih akurat dan lebih cepat daripada slump test.

## 3. Tes Konsistensi Vee bee

Tes Konsistensi Vee bee adalah tes yang bisa dan baik digunakan untuk menentukan mobilitas dan komabilitas beton. Pengujian ini biasanya diuji untuk beton kering. Pada pengujian ini menggunakan alat tes konsistensi pengukur vibrator, tidak menyentak. pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan untuk transformasi beton oleh getaran.

### 2.1.10 Mutu Beton Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton biasa. Untuk beton mutu tingi menurut PD-04-2004-C tentang tata cara pembuatan dan pelaksanaan suatu beton yang berkekuatan tinggi, yang termasuk beton bermutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan antara 40-



80 Mpa. Beton mutu tinggi yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 dimaksudkan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan lebih dari 41,4 Mpa.

Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk mengoptimalkan 3 aspek yang mempengaruhi kekuatan beton: pasta semen, agregat, dan lekatan semen-agregat. Diperlukan perhatian pada semua aspek produksi, yaitu pemilihan material, *mix design*, penanganan dan penuangan. Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor. (Paul Nugraha & Antoni, 2007).

#### **2.1.10.1 Material Penyusun Beton Mutu Tinggi**

Beton mutu tinggi dengan material penyusun seperti pada umumnya. Berikut karakteristik bahan penyusun beton dengan mutu yang tinggi antara lain :

1. Semen Portland

Semen Portland (PC) umum pada berbagai tipe (yang memenuhi standard ASTM C 150) dapat digunakan untuk memperoleh campuran beton dengan kekuatan tekan sampai dengan 50 Mpa.

2. Agregat Kasar

Pada beton mutu tinggi, agregat masih memainkan peranan penting dalam kekuatan dan kekakuan beton. Tiap agregat yang keras dan kuat dengan modulus elastisitas tinggi dan koefisien ekspansi panas yang kecil lebih baik digunakan untuk memproduksi campuran beton kualitas mutu yang tinggi. Semakin tinggi kekuatan yang ingin dicapai, maka semakin kecil ukuran agregat kasarnya. Nilai kuat tekan sampai dengan 70 MPa dapat diproduksi dengan agregat kasar kualitas bagus dengan ukuran maksimum 20 mm – 25 mm untuk menghasilkan nilai kuat tekan 100 MPa, maka ukuran maksimum agregat kasar yang harus digunakan adalah 14 mm – 20 mm. jadi untuk penggunaan Agregat kasar dari butiran harus bervariasi karena dari butiran



agregat kasar yang bervariasi maka dapat terisi dengan baik dan tidak ada rongga pada campuran beton dan memiliki kuat tekan yang tinggi.

### 3. Agregat Halus

Setiap bahan dengan ukuran distribusi partikelnya memenuhi spesifikasi standard ASTM C 38 layak digunakan untuk campuran beton dengan kualitas mutu yang tinggi. Alasan penggunaan agregat halus dengan modulus kehalusan yang tinggi yaitu :

- a. Campuran beton dengan kualitas mutu yang tinggi memiliki partikel-partikel kecil semen dan pozzolan dalam jumlah yang banyak, dengan demikian kehadiran partikel yang sangat kecil pada agregat yang halus tidak diperlukan untuk mengembangkan *workability*.
- b. Penggunaan agregat yang lebih kasar akan memerlukan air yang lebih sedikit untuk memperoleh *workability* yang sama.
- c. Selama proses percampuran, partikel-partikel yang lebih kasar akan menghasilkan tegangan geseran yang lebih besar yang membantu untuk menghindari penggumpalan partikel-partikel semen.

### 4. Air

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Agar beton menghasilkan kualitas mutu yang tinggi, usahakan air tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh. Rasio faktor air semen yang digunakan pada campuran beton kualitas mutu yang tinggi menyebabkan pemadatan pada daerah matrik dan daerah transisi antarmuka. Campuran beton dengan kualitas mutu tinggi membutuhkan rasio faktor air semen yang rendah, dimana rasio f.a.s berada pada rentang 0,23-0,35.

#### 2.1.11. Spesifikasi Kuat Lentur pada Pekerjaan Perkerasan Kaku

Dalam pekerjaan perkerasan kaku dapat ditentukan oleh kekuatan lentur *flexural strength* ( *modulus of rupture* ) yaitu sebesar : Kuat lentur 45 kg/cm<sup>2</sup> atau 4,4 Mpa



untuk umur 28 hari menurut Jati Kencana Beton, Tempat penelitian ini dilakukan. Perlu dicari nilai kuat tekan beton terlebih dahulu karena kuat tekan tersebut diperlukan untuk mendapatkan modulus elastisitas beton yang diperlukan dalam proses penentuan tebal pelat beton perkerasan kaku. Ada beberapa pendekatan yang dilakukan untuk mencari hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton. Menurut SNI T-15-1991-0, Tata cara perhitungan struktur beton dan ACI (*American Concrete Insitute*). Pendekatan tersebut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{lt} = 0,70 f_c \text{ Menurut SNI T-15-1991-03}$$

$$f_{lt} = 0,62 f_c \text{ Menurut ACI 318}$$

Nilai kuat tekan dan kuat lentur dari beton dengan variasi susunan saringan yaitu susunan saringan normal dan susunan saringan tanpa ukuran 9,5 mm akan diplot pada grafik dimana nilai kuat lentur pada sumbu y, dan pada sumbu x akan dimasukkan ke nilai kuat tekan, lalu akan dicari persamaan garis yang didapat merupakan pendekatan dari hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur pada penelitian ini. Persamaan pendekatan hubungan dari kuat tekan dan lentur menurut SNI T-15-1991-03 dan ACI 318 akan diplot juga sebagai pembandingan.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan suatu langkah langkah kerja yang runtut dan teratur agar didapat suatu hasil penelitian yang rasional dan dapat dipertanggungjawabkan penuh dalam penelitian ini. Langkah langkah kerja ang ilmiah tersebut dapat juga disebut metode penelitian. Dengan adanya metode penelitian ini maka langkah langkah dari dalam penelitian suatu masalah, kasus gejala, fenomena atau lainnya sesuai dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan suatu jawaban akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Metode yang dilaksanakan dalam penelitian ini menggunakan metode eskperimental yaitu untuk mendapatkan suatu hasil ataupun data yang menegaskan hubungan antara masing masing variabel yang diteliti. Metode ini dapat dilaksanakan di luar laboratorium dan di dalam laboratorium. Dalam penelitian ini menggunakan penelitian di dalam laboratorium.

#### 3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium *Batching Plant* JKB (Jati Kencana Beton) Jalan Jurusan PTP XVIII, Ngobo KM 2, Krajan Wringin Putih, Karangjati, Kec. Bergas, Kabupaten Semarang.

#### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang kami lakukan menggunakan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari beberapa persen kadar zat akselerator yang kami uji di laboratorium Jati Kencana Beton (JKB). Untuk beberapa hal pada pengujian bahan, digunakan data sekunder yang dikarenakan oleh penggunaan bahan dan sumber yang sama.

#### 3.4 Bahan dan Peralatan

Untuk menunjang penelitian kami menggunakan beberapa bahan dan peralatan yang kami datangkan dari luar laboratorium maupun dari dalam laboratorium antara lain:



### 3.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Semen

Untuk penggunaan semen pada penelitian ini jenis OPC (*Ordinary Portland Cement*),

2. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan air yang berasal dari Laboratorium Jati Kencana Beton (JKB),

3. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan Agregat Kasar Seloarto yang memiliki dimensi  $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ ,

4. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir Muntilan dan *M-sand* yang kami dapatkan dari *Batching Plant* Jati Kencana Beton.

5. Bahan *accelerating admixture* merk 'X'

Untuk bahan *accelerating admixture* ini kami dapatkan dari supplier merk 'x' yang berada di Kota Semarang.

### 3.4.2 Peralatan

Penelitian ini menggunakan alat alat yang tersedia di Laboratorium Jati Kencana Beton.

Alat alat yang digunakan antara lain :

1. Ayakan dan Alat Penggetar Ayakan

Ayakan atau saringan adalah alat yang digunakan untuk memisahkan sebagian yang tidak diinginkan berdasarkan suatu ukuran dari ayakan tersebut. Untuk ayakan yang kami gunakan menggunakan ayakan yang ada di Laboratorium Jati Kencana Beton.

2. Oven

Oven Laboratorium berguna untuk memanaskan dan mengeringkan bahan yang digunakan untuk komposisi beton pada penelitian ini. Untuk Oven yang kami gunakan terdapat di Laboratorium Jati Kencana Beton.





### 3. Timbangan

Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki beberapa kapasitas antara lain:

- Neraca timbangan dengan kapasitas 5 kg untuk ketelitiannya sampai dengan 0,10 gram dan digunakan untuk mengukur berat bahan material selama pelaksanaan penelitian.
- Neraca timbangan dengan kapasitas 60 kg untuk ketelitiannya 0,1 kg biasanya neraca timbangan ini digunakan untuk menimbang berat bahan yang cukup berat.

### 4. Mesin Los Angeles

Mesin Los Angeles adalah salah satu mesin untuk pengujian keausan / abrasi dari bahan agregat kasar, fungsi utama dari mesin los angeles adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut dengan cara mengayak agregat dalam ayakan no.12 (1.70 mm).

Tabel 3.1 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji

| Ukuran saringan   |       |                   |       | Gradasi dan berat benda uji ( gram) |         |         |         |           |           |           |  |
|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--|
| Leles saringan    |       | Tertahan saringan |       | A                                   | B       | C       | D       | E         | F         | G         |  |
| mm                | inci  | mm                | inci  |                                     |         |         |         |           |           |           |  |
| 75                | 3,0   | 75                | 2 1/2 | -                                   | -       | -       | -       | 2500±50   | -         | -         |  |
| 83                | 2 1/2 | 50                | 2,0   | -                                   | -       | -       | -       | 2500 ± 50 | -         | -         |  |
| 50                | 2,0   | 37,5              | 1 1/2 | -                                   | -       | -       | -       | 5000 ± 50 | 5000 ± 50 | -         |  |
| 37,5              | 1 1/2 | 25                | 1     | 1250±25                             | -       | -       | -       | -         | 5000 ± 25 | 5000 ± 25 |  |
| 25                | 1     | 19                | 3/4   | 1250±25                             | -       | -       | -       | -         | -         | 5000 ± 25 |  |
| 19                | 3/4   | 12,5              | 1/2   | 1250±10                             | 2500±10 | -       | -       | -         | -         | -         |  |
| 12,5              | 1/2   | 9,5               | 3/8   | 1250±10                             | 2500±10 | -       | -       | -         | -         | -         |  |
| 9,5               | 3/8   | 6,3               | 1/4   | -                                   | -       | 2000±10 | -       | -         | -         | -         |  |
| 6,3               | 1/4   | 4,75              | No. 4 | -                                   | -       | 2500±10 | 2500±10 | -         | -         | -         |  |
| 4,75              | No. 4 | 2,36              | No. 8 | -                                   | -       | -       | 2500±10 | -         | -         | -         |  |
| Total             |       |                   |       | 5000±10                             | 5000±10 | 5000±10 | 5000±10 | 10000±10  | 10000±10  | 10000±10  |  |
| Jumlah bola       |       |                   |       | 12                                  | 11      | 8       | 8       | 12        | 12        | 12        |  |
| Berat bola (gram) |       |                   |       | 5000±25                             | 4584±25 | 3330±20 | 2500±15 | 5000±25   | 5000±25   | 5000±25   |  |

### 5. Conical Mould

*Conical mould* ini digunakan untuk mengukur keadaan SSD atau *Saturated Surface Dry* dari agregat halus (pasir).

### 6. Kerucut Abram



Kerucut abram yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai ukuran diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm. Kerucut abram ini berfungsi untuk mengukur nilai dari slump test dari sampel beton pada saat penelitian.

#### 7. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji berfungsi untuk mencetak sampel benda uji pada penelitian ini. Bentuk cetakan yang digunakan menggunakan silinder

Ø15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk cetakan ini sudah disediakan oleh Laboratorium Jati Kencana Beton.

#### 8. Mesin Aduk Beton (Molen)

Untuk pengadukan komposisi bahan pembentuk beton maka digunakan alat pengaduk ini (molen) dengan kapasitas 0,25 m<sup>3</sup>.

#### 9. Alat Kuat Tekan Beton

Untuk alat uji kuat tekan beton pada penelitian ini sudah tersedia di Laboratorium Jati Kencana Beton. Untuk masing masing sampel beton akan melakukan test uji kuat tekan beton untuk semua sampel beton.

#### 10. Alat Bantu Lainnya

##### a) Besi Penusuk

Yang dimaksud besi penusuk adalah besi yang berfungsi untuk memadatkan sampel beton pada saat pelaksanaan di dalam cetakan beton agar bentuk beton sesuai dengan cetakan dan tidak ada rongga udara pada sampel beton.

##### b) Cetok Semen

Cetok semen digunakan untuk mengambil bahan material, mengaduk dan untuk memasukan campuran beton ke dalam cetakan beton dan masih banyak fungsi lain dari cetok semen.

##### c) Gelas Ukur 2000 ml

Gelas dengan ukuran 2000 ml ini digunakan untuk menakar air pada saat pelaksanaan pembuatan sampel beton.

##### d) Gelas Ukur 250 ml

Gelas ukur 250 ml ini digunakan untuk meneliti kandungan lumpur pada dan meneliti kandungan zat organik dalam material agregat halus.



- e) Alat Pencatat Waktu (*Timer*)
- f) Ember digunakan untuk tempat air pada saat pelaksanaan penelitian dan bisa digunakan untuk hal lainnya yang bersifat multifungsi.
- g) Cangkul dan Sekop  
Cangkul dan sekop ini berguna untuk mengaduk bahan material agar merata dan sesuai dengan kriteria bahan material untuk penyusun beton.

### 3.5 Benda Uji

Penelitian ini memiliki beberapa sampel benda uji. Untuk benda uji yang digunakan menggunakan cetakan silinder  $\varnothing 15\text{cm}$  dan tinggi 30cm. Pada penelitian ini memiliki 2 variasi kadar *Accelerating admixture* dengan umur beton yang berbeda beda. Untuk kadar *Accelerating admixture* terdiri dari 0% dan 1% dan untuk variabel lain yaitu menggunakan agregat halus 2 jenis yaitu *m-sand* dan pasir muntlan. Untuk umur beton terdiri dari umur 7, 14, 28, 56 hari. Banyak sampel beton yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 48 sampel.

Tabel 3.2. Sampel Benda Uji beton dengan Bahan Tambah *Accelerating admixture*

| Akselerator 0 %            | Umur 7 Hari  | Umur 14 Hari | Umur 28 Hari | Umur 56 Hari |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Manufactured Sand (M-Sand) | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  |
| Pasir Muntlan              | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  |
| Akselerator 1 %            |              |              |              |              |
| Manufactured Sand (M-Sand) | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  |
| Pasir Muntlan              | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  | 3 Benda Uji  |
| Total Benda Uji            | 48 Benda Uji |              |              |              |

Sumber : Dokumentasi Pribadi



### 3.6 Standart Penelitian dan spesifikasi Bahan Penyusun Beton

Untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan material penyusun beton maka diperlukan pengujian dari beberapa bahan material yang akan digunakan dalam penelitian ini. Berikut merupakan Tabel dari standar pengujian bahan material pada penelitian ini.

Tabel 3.3. Standar Penelitian dan Spesifikasi Bahan Material Dasar Penyusun Beton

| No. | Bahan Penelitian  | Standar Terpakai   |
|-----|---|--|
| 1.  | Semen   | Spesifikasi Pabrik   |
| 2.  | Agregat Halus<br>a. Standar Pengujian<br><br>b. Spesifikasi | <ol style="list-style-type: none"><li>1. ASTM C-40, standar penelitian untuk pengujian kandungan zat organik.</li><li>2. ASTM C-117, standar penelitian untuk pengujian agregat yang lolos saringan no.200 dengan pencucian (tes kandungan lumpur).</li><li>3. ASTM C-128, standar penelitian untuk menentukan <i>specific gravity</i>.</li><li>4. ASTM C-136, standar penelitian untuk analisis saringan.</li></ol><br><ol style="list-style-type: none"><li>1. ASTM C-33, spesifikasi standar agregat halus.</li><li>2. PBI 1971, spesifikasi standar agregat halus (Bab 3.3.)</li></ol> |
| 3.  | Agregat Kasar<br>a. Standar Pengujian<br><br>b. Spesifikasi | <ol style="list-style-type: none"><li>1. ASTM C-127, standar penelitian untuk pengujian <i>specific gravity</i>.</li><li>2. ASTM C-131, standar penelitian untuk pengujian keausan.</li><li>3. ASTM C-136, standar penelitian untuk analisis ayakan.</li><li>4. ASTM C-566, standar penelitian untuk pengujian kada air.</li></ol><br><ol style="list-style-type: none"><li>1. ASTM C-330, spesifikasi standar untuk agregat kasar berbobot ringan.</li><li>2. PBI 1971, spesifikasi standar agregat kasar (Bab 3.4.)</li></ol>  |
| 4.  | Air   | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Spesifikasi standar PBI 1971 Bab 3.6.</li></ol>   |

Sumber : ASTM dan PBI



### 3.7 Tahapan dan Prosedur Penelitian Beton

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa tahapan penelitian mulai dari pemilihan bahan material, pengujian bahan material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji beton, analisis data dan tahapan yang paling akhir yaitu penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

Sebagai suatu penelitian ilmiah, maka penelitian ini harus dilaksanakan dalam sistematis dan urutan yang jelas dan teratur maka dari itu nantinya diperoleh hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap I atau Tahap Persiapan  
Pada tahapan ini seluruh bahan material yang digunakan untuk penelitian ini dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian berjalan dengan lancar.
2. Tahap II atau Tahap Uji Bahan  
Pada tahapan ini dilakukan terhadap bahan material yang digunakan untuk penyusunan beton. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari suatu bahan tersebut. Pengujian ini juga mempunyai manfaat lain untuk mengetahui apakah bahan tersebut layak digunakan dan memenuhi persyaratan atau tidak.
3. Tahap III atau Tahap Pembuatan Benda Uji  
Pada tahapan penelitian ini dilakukan sebagai berikut:
  - a) Penetapan rancangan campuran (*mix design*),
  - b) Pembuatan adukan atau bahan penyusun beton,
  - c) Pemeriksaan nilai slump test,
  - d) Pembuatan benda uji yang berjumlah 27 buah sampel.
4. Tahap IV atau Tahap Perawatan (*Curing*)  
Pada tahapan ini dilakukan perawatan (*curing*) pada benda uji yang telah dibuat. Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji yang telah terlepas dari cetakan.
5. Tahap V atau Tahap Pengujian



Dalam tahapan ini masing masing benda uji yang berjumlah 48 sampel dilakukan test uji kuat tekan beton. Pengujian ini tergantung sesuai umur yang dikehendaki dalam penelitian ini berumur 7, 14, 28, 56 hari. Pengujian ini dilakukan dengan sampel beton yang berbentuk silinder dengan  $\emptyset$  15 cm dan tinggi 30 cm.

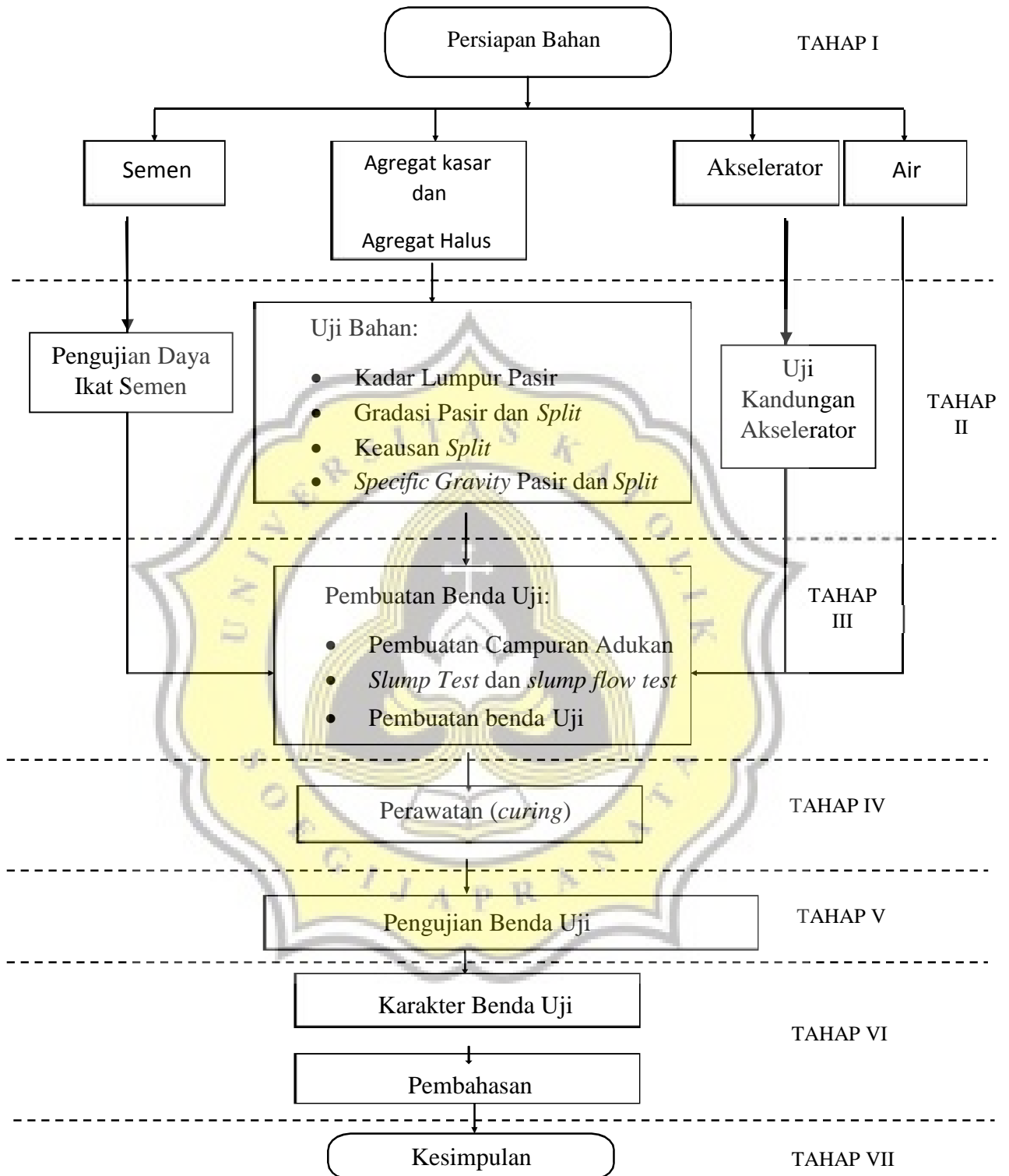
6. Tahap VI atau Tahap Analisa Data

Pada tahapan analisa data ini diperoleh pengujian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variabel yang diteliti dari penelitian ini.

7. Tahap VII atau Tahap Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan terakhir ini data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan memiliki hasil yang kemudian dianalisis dan dibuat suatu kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan





Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian



### 3.8 Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian ini dimaksudkan agar dapat mengetahui sifat dan karakteristik dari suatu material penyusun beton. Pengujian dilaksanakan sesuai dengan standar yang ada. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pengujian terhadap agregat halus (pasir) dan agregat kasar (*split*), sedangkan terhadap semen tidak dilakukan pengujian.

#### 3.8.1 Pengujian pada Agregat Halus (Pasir)

a) Pengujian Kadar Lumpur

Untuk mendapatkan suatu campuran beton yang baik maka pasir atau agregat halus yang harus digunakan haruslah memenuhi syarat salah satu syarat tersebut adalah bersih dari kandungan lumpur pada pasir. Lumpur adalah bagian dari pasir yang lolos ayakan 0,036 mm. Apabila kadar dari lumpur yang ada lebih dari 5% dari berat keringnya, maka pasir harus dicuci dengan air terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai material penyusun beton.

b) Tujuan pengujian dari gradasi adalah untuk mengetahui susunan diameter dari butiran agregat halus dan persentase modulus kehalusan butir.

c) Pengujian *Specific Gravity*

Berat jenis merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam penelitian ini dalam merencanakan campuran adukan beton, karena dengan variabel tersebut dapat dihitung volume dari agregat halus yang diperlukan pada saat praktikum di laboratorium.

#### 3.8.2 Pengujian Agregat Kasar

Dalam penelitian ini agregat kasar (*split*) adalah salah satu bahan yang digunakan dalam material penyusun beton. Untuk dapat mengetahui kekuatan dari agregat kasar tersebut maka dengan itu harus melalui pengujian antara lain :





a) Pengujian Abrasi

Agregat kasar sebagai salah satu bahan dasar campuran beton harus memenuhi standar tertentu pada daya tahan keausan akibat beban gesekan. Agregat kasar harus tahan terhadap daya aus dan diisyaratkan kehilangan bagian karena gesekan dan prosentase jumlah berat agregat yang hancur selama pengujian dalam penelitian ini harus kurang dari 50% dari berat awal dari agregat kasar. Abrasi dalam agregat kasar ini merupakan ukuran dari sifat agregat kasar antara lain keuletan, kekerasan, dan ketahanan aus. Untuk dapat mengetahui daya tahan agregat kasar terhadap gesekan dapat dipakai pengujian ini dengan mesin *Los Angeles*. Mesin dilengkapi dengan 12 bola baja yang terdiri dari 6 buah pengaus ukuran besar dan pengaus ukuran kecil.

b) Pengujian *Spesific Gravity*

Berat jenis merupakan salah satu variabel yang terdapat dari penelitian ini dan sangat penting untuk merencanakan campuran beton, karena dengan variabel ini dapat menghitung volume dari agregat kasar yang diperlukan dari penelitian ini. Pengujian *spesific gravity* agregat kasar dalam penelitian ini menggunakan *split* dengan diameter maksimal 25 mm.

Tujuan dari pengujian *spesific gravity* ini yaitu untuk mengetahui nilai dari :

1. *Apparent specific gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat kasar kering dengan volume agregat kasar.
2. *Bulk specific gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat kasar kering dengan volume agregat kasar total.
3. *Bulk specific gravity SSD*, yaitu perbandingan antara berat agregat kasar jenuh dengan kondisi kering permukaan dengan volume agregat kasar total.
4. Absorpsi, yaitu perbandingan antara berat air yang diserap dengan agregat kasar kering sehingga dapat menunjukkan banyaknya air yang dapat diserap oleh agregat kasar.

c) Pengujian Gradasi Agregat Kasar



Agregat kasar material penyusun beton sangat mempengaruhi mutu dari suatu beton. Gradasi dan keseragaman diameter agregat kasar lebih diperhitungkan daripada agregat halus, karena dapat menentukan sifat pengerjaan dan suatu sifat kohesif campuran dari bahan penyusun beton. Selain itu gradasi agregat kasar dapat menentukan suatu jumlah pemakaian semen dalam campuran beton. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui susunan variasi diameter agregat kasar dan modulus kekasarannya.

### 3.9 Rancang Campur (*Mix Design*)

Rencana dari penelitian ini yaitu salah satunya untuk mengetahui campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan *admixture* ini sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton dengan mutu yang tinggi sesuai dengan harapan. Perancangan campuran dari material penyusun beton yang bertujuan untuk mendapatkan kualitas beton dengan mutu yang tinggi dari semua sampel penelitian ini.

Besar presentase dari penambahan bahan *accelerating admixture* ini dalam setiap uji yaitu 0%, dan 1% dari berat semen. Untuk mempermudah penelitian ini dalam pencampuran suatu material penyusun beton maka setiap kelompok benda uji pada setiap variasi dibuat hitungan jumlah bahan yang dibutuhkan.

### 3.10 Pembuatan Benda Uji Beton

Dalam penelitian ini langkah langkah dari pembuatan benda uji dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Menyiapkan material bahan seperti :
  - a) Agregat halus (Pasir),
  - b) Agregat kasar (*Split*),
  - c) Semen,
  - d) Air,
  - e) bahan *accelerating admixture*.
2. Menyiapkan cetakan beton berupa silinder  $\varnothing$  15 cm , t: 30 cm. Cetakan yang disiapkan sudah bersih dan siap untuk dituang beton segar dalam penelitian ini,



3. Menimbang bahan material penyusun beton berdasarkan perhitungan mix design pada penelitian ini,
4. Membuat adukan beton dengan molen pengaduk dengan kapasitas 0,25 m<sup>3</sup>,
5. Memeriksa *slump test* dan *slump flow test* dari adukan beton tersebut tiap variasi kadar *accelerating admixture*,
6. Setelah *slump test* selesai langkah selanjutnya yaitu pengecoran dengan cara menuangkan ke cetakan beton ke silinder yang sudah disiapkan,
7. Kemudian setelah penuangan beton secara berlahan lahan maka dilakukan juga pemadatan dengan tongkat besi. Setelah cetakan terisi penuh maka permukaan diratakan dan dibiarkan selama 24 jam,
8. Setelah dibiarkan selama 24 jam maka langkah selanjutnya yaitu melepas cetakan dan diberi tanda sesuai dengan variasi kadar *accelerating admixture*, dan hari pada pelaksanaan kuat tekan beton,
9. *Curing* atau melakukan perawatan dengan cara merendam beton di air.

### 3.11 Pengujian Nilai Slump

Uji slump test adalah suatu pengujian empiris atau metode yang dapat digunakan untuk menentukan konsistensi kekakuan dari suatu beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu penelitian beton menunjukkan banyaknya air yang digunakan dalam campuran beton ini. Untuk itu pengujian slump test ini dapat mengetahui apakah air yang digunakan kurang, berlebihan atau cukup air.

Dalam penelitian ini suatu campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability*-nya. Campuran beton yang terlalu banyak air akan memiliki mutu beton yang rendah dan lama dalam pengeringan. Sedangkan campuran beton yang kurang air akan terlihat terlalu kering yang akan menyebabkan adukan tidak merata dan sulit dalam pencetakannya.

Dalam penelitian ini menggunakan uji slump yang mengacu pada SNI 1972-2008. Slump test pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jati Kencana Beton (JKB) yang mempunyai alat dan bahan seperti:



1. Bahan
  - a) Beton segar (*fresh concrete*) yang dibuat dalam penelitian ini.
2. Peralatan
  - a) Kerucut Abram sebagai cetakan pada uji slump test,
  - b) Batang logam bulat,
  - c) Pelat logam untuk alas,
  - d) Sendok adukan (sekop),
  - e) Pita ukuran.
3. Berikut tahapan dari uji slump test pada penelitian ini seperti:
  - a) Basahi cetakan dan pelat alas cetakan,
  - b) Letakan cetakan diatas plat,
  - c) Isi cetakan menggunakan adukan beton 1/3 dari cetakan padatkan menggunakan batang logam dengan ccara menusuknya. Pada tahapan ini lakukan tusukan kurang lebih 25-30 tusukan,
  - d) Isi 1/3 bagian berikutnya lalu tusuk dengan batang logam 25-30 tusukan sampai padat,
  - e) Isi 1/3 bagian akhir dalam cetakan ini lalu tusuk sesuai dengan tahapan sebelumnya,
  - f) Setelah selesai dipadatkan, ratakan benda uji ini dan tunggu kira kira 1-2 menit,
  - g) Setelah itu angkat cetakan perlahan tegak lurus ke atas,
  - h) Ukur nilai slump dengan mengembalikan kerucut di sebelahnya menggunakan suatu perbedaan tinggi dari benda uji,
  - i) Catat nilai dari slump test.
4. Perhitungan dari nilai slump = Tinggi cetakan – tinggi rata rata benda uji

### 3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan dari beton keras untuk menahan gaya tekan dalam setiap satuan luas permukaan suatu beton. Secara teoritis kekuatan tekan dari suatu beton dipengaruhi oleh suatu komponen yaitu:

- 1) Pasta semen yang digunakan,



- 2) Volume rongga pada sampel beton,
- 3) Agregat halus dan kasar yang digunakan,
- 4) *Interface* (hubungan antara pasta semen dengan agregat).
- a) Faktor faktor yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain:
  - 1) Nilai faktor air semen yang digunakan minimal 0,30,
  - 2) Rasio agregat semen,
  - 3) Derajat kepadatan,
  - 4) Umur beton pada saat pengetestan,
  - 5) Jenis semen yang digunakan,
  - 6) Cara perawatan (*curing*),
  - 7) Jumlah semen yang digunakan pada saat pembuatan beton.
  - 8) Kualitas agregat yang meliputi:
    - a) Gradasi,
    - b) Kekuatan,
    - c) Kekakuan,
    - d) Ukuran maksimum agregat,
    - e) *Teksture* permukaan.
- b) Dalam penelitian ini menggunakan pengujian kuat tekan beton menurut SNI 03-1974-1990. Menurut SNI 03-1974-1990 dalam pelaksanaan uji kuat tekan beton terdiri dari:
  1. Cetakan silinder Ø15cm , t: 30cm,
  2. Tongkat pemadat,
  3. Mesin pengaduk,
  4. Timbangan,
  5. Mesin uji tekan (*compression testing machine*).
- c) Pada tahapan persiapan pengujian, benda uji diperlakukan sebagai berikut:
  1. Mengambil dari bak perendaman,
  2. Membersihkan dari kotoran yang masih menempel,
  3. Menentukan berat dan ukuran benda uji dalam sample beton,



4. Melapisi permukaan yang kurang rata menggunakan lelehan belerang yang dipanaskan atau *capping*,
  5. Benda uji siap diperiksa kuat tekannya.
- d) Setelah benda uji siap maka tahapan selanjutnya yaitu:
1. Meletakkan sampel benda uji pada mesin tekan secara sentris,
  2. Menjalankan mesin kuat tekan,
  3. Melakukan pembebanan sampai sampel benda uji hancur,
  4. Mencatat beban maksimum yang terjadi pada uji kuat tekan ini,
  5. Mendokumentasikan bentuk dari kerusakan sampel beton,
  6. Mencatat keadaan benda uji.

### 3.13 Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini analisa data adalah tahapan terakhir dalam suatu percobaan yang menggunakan sampel beton. Analisa data adalah suatu proses penyederhanaan data dalam bentuk yang lebih mudah dibaca untuk dipahami. Dalam tahapan ini memakai *microsoft excel* untuk menyajikan data menjadi suatu informasi menjadi lebih sederhana. Setelah tahapan ini dilakukan pembahasan suatu hasil terhadap penelitian ini untuk kemudian dapat ditarik suatu kesimpulan dari suatu penelitian ini.

### 3.14 Rencana Kegiatan

Penelitian ini memiliki rencana kegiatan yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rencana Kegiatan

| No | Nama Kegiatan   | Waktu Kegiatan                  |
|----|---|---------------------------------|
| 1  | Studi literatur, penyusunan proposal penelitian   | 7 Juni 2019 – 9 Juli 2019       |
| 2  | Pendaftaran sidang proposal   | 10 Juli 2019                    |
| 3  | Perencanaan <i>mix design</i> , pengujian material, analisis data , penentuan konsentrasi admixture | 5 Agustus 2019 – 8 Agustus 2019 |
| 4  | Persiapan Penelitian  | 9 Agustus 2019                  |



Tugas Akhir  
Pengaruh Kadar AA (*Accelerating Admixture*) Terhadap Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Pasir Muntlan dan Pasir *M-Sand*.  
(Studi Kasus Perkerasan Jalan Dengan Konstruksi Perkerasan Kaku)

|    |   |  |
|----|---|--|
| 5  | Pembuatan benda uji dan uji<br><i>slump</i> | 10 Agustus 2019                        |
| 6  | Sidang Proposal                             | 23 Juli 2019                           |
| 7  | Perawatan benda uji 1 dan 2                 | 11 Agustus 2019-14 Agustus<br>2019     |
| 8  | Pengujian kuat tekan beton benda uji        | 17 Agustus 2019 – 31 Agustus<br>2018   |
| 9  | Penyusunan laporan tugas akhir              | 1 September 2019- 30<br>September 2019 |
| 10 | Sidang <i>draft</i>                         | Minggu ke 3 bulan Oktober<br>2019      |
| 11 | Revisi laporan tugas akhir                  | 24 Oktober -30 Oktober 2019            |
| 12 | Pendaftaran sidang akhir                    | 7 November 2019                        |
| 13 | Sidang akhir                                | Minggu ke-3 bulan November             |

Sumber : Dokumentasi Pribadi



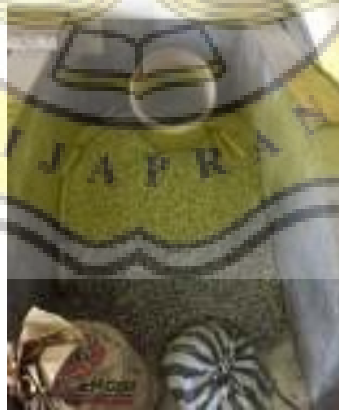
## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Material Bahan Penyusun

Dalam pembuatan beton yang perlu diperhatikan yaitu kualitas dari bahan penyusun beton. Pengujian dari bahan yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik suatu bahan. Bahan yang digunakan untuk pengujian beton antara lain agregat kasar, agregat halus dan semen portland. Pada pengujian ini memiliki standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang berlaku.

Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu pecah yang Seloarto yang mempunyai dimensi ukuran  $1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$  (Gambar 4.1). Batu pecah Seloarto pada penelitian ini diproduksi oleh Jati Kencana Beton (JKB) melalui mesin *stone crusher* yang ada di area *Batching Plant* Jati Kencana Beton (JKB). Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini memiliki bentuk yang tajam tajam yang berasal dari batu gunung.



Gambar 4.1 Agregat Kasar Seloarto ukuran  $1 \times 2 \text{ cm}$

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Agregat Halus yang ini gunakan pada penelitian ini antara lain *M-sand* (*Manufacturer sand*) dan Pasir Muntilan. Untuk *M-sand* didapatkan dari abu batu





yang berasal dari mesin *stone crusher* yang ada di area *Batching Plant* Jati Kencana Beton (JKB) (Gambar 4.2). *M-sand* memiliki bentuk yang lebih besar daripada pasir muntilan karena *M-sand* ini didapatkan dari suatu proses yang paling terakhir dari mesin *stone crusher* (Gambar 4.3). Untuk *M-sand* memiliki kadar lumpur yang sedikit daripada pasir lainnya. Agregat halus yang kedua yaitu pasir muntilan. Pasir tersebut berasal dari Daerah Muntilan, Magelang, Jawa Tengah (Gambar 4.4). Pasir ini tergolong pasir yang memiliki kadar lumpur yang lebih tinggi daripada *M-sand*.



Gambar 4.2 Agregat Halus *M-sand*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.3 Mesin *Stone Crusher*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.4 Agregat Halus Pasir Muntlan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Selanjutnya Semen yang digunakan yaitu Semen Tiga Roda. Jenis semen ini yaitu OPC (*Ordinary Portland Cement*). Untuk semen portland yang digunakan diambil dari dalam tangki truk penyimpanan lalu dipindahkan di ember plastik secukupnya untuk keperluan *mix design*. Pada Gambar 4.5 tempat penyimpanan lalu dipindah di ember plastik.



Gambar 4.5 Truk Tanki Penyimpanan Semen *Portland*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.6 Jenis Semen OPC (*Ordinary Portland Cement*)

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.1.1 Analisis Uji Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Mengacu pada peraturan SNI 03-1968-1990, Berikut langkah langkah kerja pada pengujian analisa saringan untuk Agregat halus sebagai berikut:

1. Agregat Halus *M-sand*
  - a. Agregat halus dikeringkan agar menjadi kering dengan pemanas suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai dengan diperoleh berat yang tetap. Gambar 4.7 menunjukan pasir yang dikeringkan dan ditimbang.

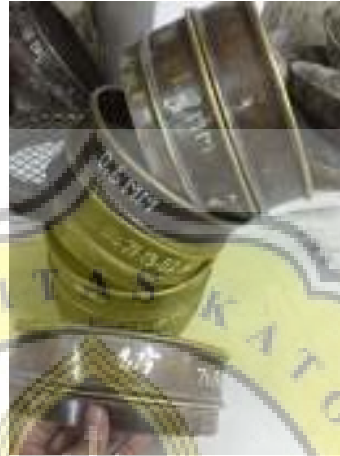


Gambar 4.7 Agregat Halus *M-sand*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



- b. Menyaring agregat halus *M-sand* melakukan uji lewat susunan saringan, dengan ukuran yang paling terbesar ditempatkan yang paling atas pada saringan. Dari Gambar 4.8 menunjukkan pengujian Agregat halus pada saat uji saringan.



Gambar 4.8 Saringan Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Pribadi

- c. Mengguncangkan saringan dengan mesin pengguncang selama 15 menit agar Agregat Halus berhasil melakukan pengujian saringan dengan tepat. Gambar 4.9 menunjukkan mesin pengguncang Agregat halus.



Gambar 4.9 Mesin Pengguncang Saringan Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Pribadi



- d. Selanjutnya setelah alat pengguncang bekerja selama 15 menit lalu menimbang dan menghitung berat agregat halus yang tertahan di atas masing masing saringan sesuai dengan nomer saringan terhadap berat total benda uji.

#### 4.1.1.1 Percobaan 1 (Agregat Halus *M-sand*)

Dari langkah pengujian yang sesuai dengan langkah tersebut, agregat halus yang digunakan pertama yaitu Agregat Halus *M-sand* sebanyak 2000 gram didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1. Nomor Saringan    | = 3/8                                       |
| Ukuran Saringan      | = 9,5 mm                                    |
| Berat Tertahan       | = 0 gr                                      |
| % Tertahan           | $= \frac{0}{2000} \times 100\% = 0\%$       |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% + 0 = 0%                               |
| % Lolos Kumulatif    | = 100% - 0% = 0%                            |
| 2. Nomor Saringan    | = 4   |
| Ukuran Saringan      | = 4,75 mm                                   |
| Berat Tertahan       | = 4 gr                                      |
| % Tertahan           | $= \frac{4}{2000} \times 100\% = 0,20\%$    |
| % Tertahan Kumulatif | = 0% + 0,20 = 0,20%                         |
| % Lolos Kumulatif    | = 100% - 0,20% = 99,80%                     |
| 3. Nomor Saringan    | = 8   |
| Ukuran Saringan      | = 2,36 mm                                   |
| Berat Tertahan       | = 293 gr                                    |
| % Tertahan           | $= \frac{293}{2000} \times 100\% = 14,65\%$ |



$$\begin{aligned} \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 0,20\% + 14,65 = 14,85\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 100\% - 14,85\% = 85,15\% \end{aligned}$$

4. Nomor Saringan = 16  
Ukuran Saringan = 1,18 mm  
Berat Tertahan = 293 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{772}{2000} \times 100\% = 38,60\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 14,85\% + 38,60\% = 53,45\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 53,45\% = 46,55\%$

5. Nomor Saringan = 30  
Ukuran Saringan = 0,6 mm  
Berat Tertahan = 293 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{447}{2000} \times 100\% = 22,35\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 53,45\% + 22,35\% = 75,80\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 75,80\% = 24,20\%$

6. Nomor Saringan = 50  
Ukuran Saringan = 0,3 mm  
Berat Tertahan = 191 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{191}{2000} \times 100\% = 9,55\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 75,80\% + 9,55\% = 85,35\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 85,35\% = 14,65\%$

7. Nomor Saringan = 100  
Ukuran Saringan = 0,15 mm



$$\begin{aligned}\text{Berat Tertahan} &= 196 \text{ gr} \\ \text{\% Tertahan} &= \frac{196}{2000} \times 100\% = 9,8\% \\ \text{\% Tertahan Kumulatif} &= 85,35\% + 9,8\% = 95,15\% \\ \text{\% Lolos Kumulatif} &= 100\% - 95,15\% = 4,85\%\end{aligned}$$

8. Nomor Saringan = 200

Ukuran Saringan = 0,075 mm

$$\begin{aligned}\text{Berat Tertahan} &= 62 \text{ gr} \\ \text{\% Tertahan} &= \frac{62}{2000} \times 100\% = 3,10\% \\ \text{\% Tertahan Kumulatif} &= 95,15\% + 3,10\% = 98,25\% \\ \text{\% Lolos Kumulatif} &= 100\% - 98,25\% = 1,75\%\end{aligned}$$

9. PAN

$$\begin{aligned}\text{Berat Tertahan} &= 35 \text{ gr} \\ \text{\% Tertahan} &= \frac{35}{2000} \times 100\% = 1,75\% \\ \text{\% Tertahan Kumulatif} &= 98,25\% + 1,75\% = 100\% \\ \text{\% Lolos Kumulatif} &= 100\% - 100\% = 0\%\end{aligned}$$

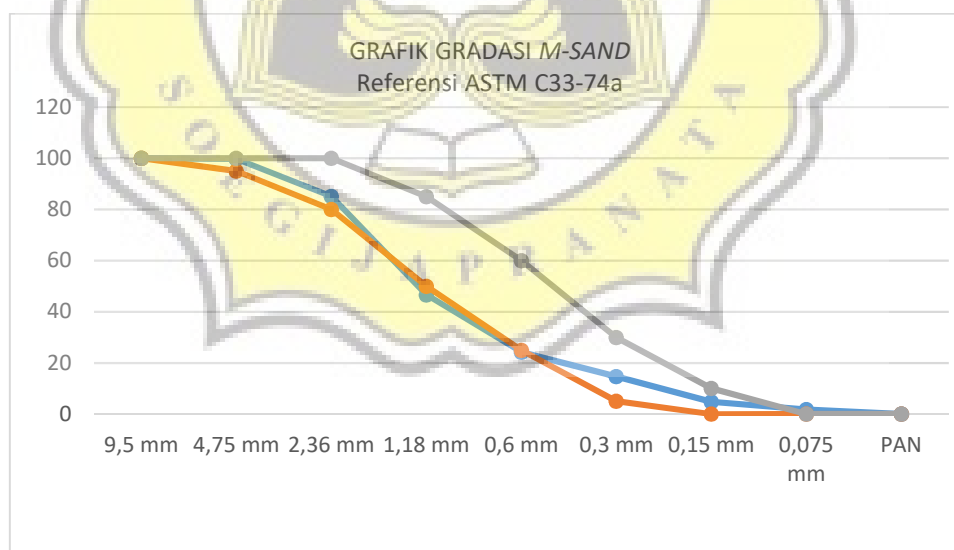
$$\begin{aligned}\text{Modulus kehalusan} &= \frac{\sum \% \text{Tertahan Kumulatif (no 4-100)}}{100} \\ &= \frac{0,20 + 14,85 + 53,45 + 75,80 + 85,35 + 95,15}{100} \\ &= 3,25\end{aligned}$$



Tabel 4.1 Analisa Saringan (Agregat Halus *M-Sand*)  
(Reference : ASTM C33-39, ASTM C136, AS 1141-11)

| UKURAN AYAKAN            |         | BERAT TERTAHAN (GRAM) | KOMULATIF RATA RATA |                |             | GRADASI     |              |
|--------------------------|---------|-----------------------|---------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
|                          |         |                       | TERTAHAN (GRAM)     | % TERTAHAN (%) | % LOLOS (%) | MINIMUM (%) | MAKSIMUM (%) |
| 9,5 mm                   | 3/8"    | 4                     | 0                   | 0              | 100         | 100         |              |
| 4,75 mm                  | No. 4   | 4                     | 4                   | 0,2            | 99,8        | 100         |              |
| 2,36 mm                  | No. 8   | 293                   | 297                 | 14,85          | 85,15       | 100         |              |
| 1,18 mm                  | No. 16  | 772                   | 1069                | 53,45          | 46,55       | 85          |              |
| 0,6 mm                   | No. 30  | 447                   | 1516                | 75,8           | 24,2        | 60          |              |
| 0,3 mm                   | No. 50  | 191                   | 1707                | 85,35          | 14,65       | 30          |              |
| 0,15 mm                  | No. 100 | 196                   | 1903                | 95,15          | 4,85        | 10          |              |
| 0,075 mm                 | No. 200 | 62                    | 1965                | 98,25          | 1,75        | 0           |              |
| PAN                      | No. 500 | 35                    | 2000                | 100            | 0           | 0           |              |
| <b>Modulus kehalusan</b> |         | <b>3,25</b>           |                     |                |             |             |              |

Grafik 4.1 Gradasi *M-sand*



Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian analisa saringan agregat halus (*M-sand*) yang didapatkan yaitu mempunyai modulus kehalusan sebesar 3,25 yang dapat dikategorikan sebagai pasir kasar.





#### 4.1.1.2 Percobaan 2 (Agregat Halus Pasir Muntilan)

Dari langkah pengujian sesuai dengan langkah tersebut, agregat halus (Pasir Muntilan) sebanyak 2000 gram didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Nomor Saringan = 3/8  
Ukuran Saringan = 9,5 mm  
Berat Tertahan = 17 gr  
% Tertahan =  $\frac{17}{2000} \times 100\% = 0,85\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $0\% + 0,85\% = 0,85\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 0,85\% = 99,15\%$
2. Nomor Saringan = 4  
Ukuran Saringan = 4,75 mm  
Berat Tertahan = 18 gr  
% Tertahan =  $\frac{18}{2000} \times 100\% = 0,90\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $0,85\% + 0,90\% = 1,75\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 1,75\% = 98,25\%$
3. Nomor Saringan = 8  
Ukuran Saringan = 2,36 mm  
Berat Tertahan = 60 gr  
% Tertahan =  $\frac{60}{2000} \times 100\% = 3\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $1,75\% + 3\% = 4,75\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 4,75\% = 95,25\%$
4. Nomor Saringan = 16  
Ukuran Saringan = 1,18 mm  
Berat Tertahan = 465 gr



$$\begin{aligned}\% \text{ Tertahan} &= \frac{465}{2000} \times 100\% = 23,25\% \\ \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 4,75\% + 23,25\% = 28\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 100\% - 28\% = 72\%\end{aligned}$$

5. Nomor Saringan = 30  
Ukuran Saringan = 600 mm  
Berat Tertahan = 533 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{533}{2000} \times 100\% = 26,65\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 28\% + 26,65\% = 54,65\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 54,65\% = 45,35\%$

6. Nomor Saringan = 50  
Ukuran Saringan = 300 mm  
Berat Tertahan = 303 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{303}{2000} \times 100\% = 15,15\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 54,65\% + 15,15\% = 69,80\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 69,80\% = 30,20\%$

7. Nomor Saringan = 100  
Ukuran Saringan = 150 mm  
Berat Tertahan = 405 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{405}{2000} \times 100\% = 20,25\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 20,25\% + 69,80\% = 90,05\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 90,05\% = 9,95\%$

8. Nomor Saringan = 200  
Ukuran Saringan = 75 mm  
Berat Tertahan = 136 gr



$$\begin{aligned} \% \text{ Tertahan} &= \frac{136}{2000} \times 100\% = 6,8\% \\ \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 90,05\% + 6,8\% = 96,85\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 100\% - 96,85\% = 3,15\% \end{aligned}$$

### 9. PAN

$$\begin{aligned} \text{Berat Tertahan} &= 63 \text{ gr} \\ \% \text{ Tertahan} &= \frac{63}{2000} \times 100\% = 3,15\% \\ \% \text{ Tertahan Kumulatif} &= 96,85\% + 3,15\% = 100\% \\ \% \text{ Lolos Kumulatif} &= 100\% - 100\% = 0\% \\ \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\Sigma \% \text{ Tertahan Kumulatif (no 3/8-200)}}{2000} \\ &= \frac{1,75 + 4,75 + 28 + 54,65 + 69,80 + 90,05}{100} \\ &= 2,5 \end{aligned}$$

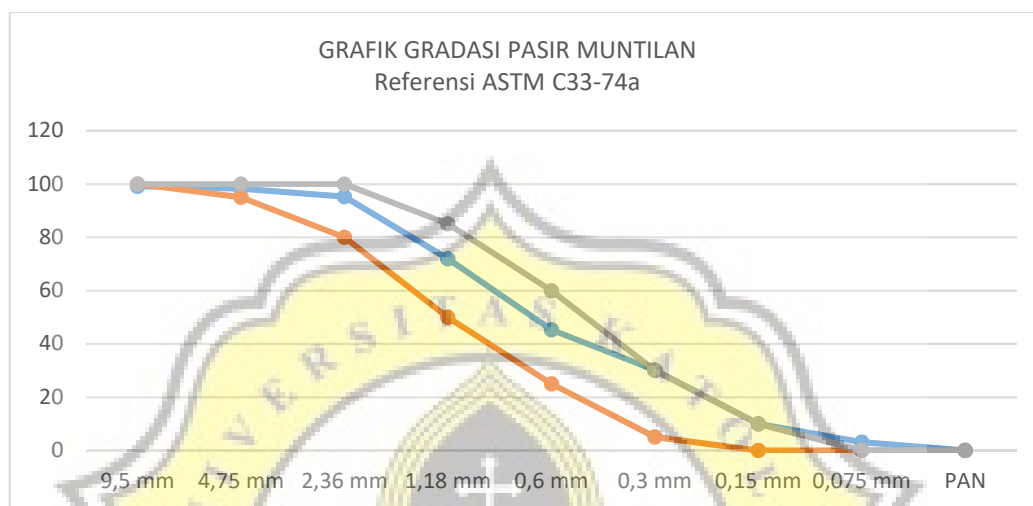
Tabel 4.2 Analisa Saringan (Agregat Halus Pasir Muntlan)  
 (Reference : ASTM C33-39, ASTM C136, AS 1141-11)

| UKURAN AYAKAN |         | BERAT<br>TERTAHAN<br>(GRAM) | KOMULATIF RATA RATA |                      |                   | GRADASI        |                 |
|---------------|---------|-----------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|
|               |         |                             | TERTAHAN<br>(GRAM)  | %<br>TERTAHAN<br>(%) | %<br>LOLOS<br>(%) | MINIMUM<br>(%) | MAKSIMUM<br>(%) |
| 9,5 mm        | 3/8"    | 17                          | 17                  | 0,85                 | 99,15             | 100            | 100             |
| 4,75 mm       | No. 4   | 18                          | 35                  | 1,75                 | 98,25             | 95             | 100             |
| 2,36 mm       | No. 8   | 60                          | 95                  | 4,75                 | 95,25             | 80             | 100             |
| 1,18 mm       | No. 16  | 465                         | 560                 | 28                   | 72                | 50             | 85              |
| 0,6 mm        | No. 30  | 533                         | 1093                | 54,65                | 45,35             | 25             | 60              |
| 0,3 mm        | No. 50  | 303                         | 1396                | 69,8                 | 30,12             | 5              | 30              |
| 0,15 mm       | No. 100 | 405                         | 1801                | 90,05                | 9,95              | 0              | 10              |
| 0,075 mm      | No. 200 | 136                         | 1937                | 96,85                | 3,15              | 0              | 0               |



|                   |         |      |      |     |   |   |   |
|-------------------|---------|------|------|-----|---|---|---|
| PAN               | No. 500 | 63   | 2000 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Modulus kehalusan |         | 2,50 |      |     |   |   |   |

Grafik 4.2 Gradasi Pasir Muntlan



Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian analisa saringan agregat halus pasir muntlan yang didapatkan yaitu mempunyai modulus kehalusan sebesar 2,50 yang dapat dikategorikan sebagai pasir halus.

#### 4.1.1.3 Percobaan 3 (Analisa Saringan Agregat Kasar)

Dari langkah pengujian sesuai dengan langkah tersebut, agregat kasar (Selo Arto 1x2) sebanyak 2000 gram didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

- Nomor Saringan = 1  
Ukuran Saringan = 25 mm  
Berat Tertahan = 0 gr  
 $\% \text{ Tertahan} = \frac{0}{2000} \times 100\% = 0\%$   
 $\% \text{ Tertahan Kumulatif} = 0\% + 0\% = 0\%$   
 $\% \text{ Lolos Kumulatif} = 100\% - 0\% = 100\%$

- Nomor Saringan = 3/4  
Ukuran Saringan = 19 mm



|                     |  |
|---------------------|--|
| Berat Tertahan      | = 0 gr                                       |
| % Tertahan          | = $\frac{0}{2000} \times 100\% = 0\%$        |
| %Tertahan Kumulatif | = $0\% + 0\% = 0\%$                          |
| %Lolos Kumulatif    | = $100\% - 0\% = 100\%$                      |
| 3. Nomor Saringan   | = 1/2  |
| Ukuran Saringan     | = 12,5 mm                                    |
| Berat Tertahan      | = 1041 gr                                    |
| % Tertahan          | = $\frac{1041}{2000} \times 100\% = 52,05\%$ |
| %Tertahan Kumulatif | = $0\% + 52,05\% = 52,05\%$                  |
| %Lolos Kumulatif    | = $100\% - 52,05\% = 47,95\%$                |
| 4. Nomor Saringan   | = 3/8  |
| Ukuran Saringan     | = 9,5 mm                                     |
| Berat Tertahan      | = 739 gr                                     |
| % Tertahan          | = $\frac{739}{2000} \times 100\% = 36,95\%$  |
| %Tertahan Kumulatif | = $52,05\% + 36,95\% = 89\%$                 |
| %Lolos Kumulatif    | = $100\% - 89\% = 11\%$                      |
| 5. Nomor Saringan   | = 4  |
| Ukuran Saringan     | = 4,75 mm                                    |
| Berat Tertahan      | = 198 gr                                     |
| % Tertahan          | = $\frac{198}{2000} \times 100\% = 9,9\%$    |
| %Tertahan Kumulatif | = $89\% + 9,9\% = 98,9\%$                    |
| %Lolos Kumulatif    | = $100\% - 98,9\% = 1,10\%$                  |
| 6. Nomor Saringan   | = 8  |
| Ukuran Saringan     | = 2,36 mm                                    |



Berat Tertahan = 1 gr  
% Tertahan =  $\frac{1}{2000} \times 100\% = 0,05\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $98,9\% + 0,05\% = 98,95\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 98,95\% = 1,05\%$

7. Nomor Saringan = 16  
Ukuran Saringan = 1,18 mm  
Berat Tertahan = 1 gr  
% Tertahan =  $\frac{1}{2000} \times 100\% = 0,05\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $98,95\% + 0,05\% = 99\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 99\% = 1\%$

8. Nomor Saringan = 30  
Ukuran Saringan = 0,6 mm  
Berat Tertahan = 1 gr  
% Tertahan =  $\frac{1}{2000} \times 100\% = 0,05\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $99\% + 0,05\% = 99,05\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 99,05\% = 0,95\%$

9. Nomor Saringan = 50  
Ukuran Saringan = 0,3 mm  
Berat Tertahan = 1 gr  
% Tertahan =  $\frac{1}{2000} \times 100\% = 0,05\%$   
%Tertahan Kumulatif =  $99,05\% + 0,05\% = 99,10\%$   
%Lolos Kumulatif =  $100\% - 99,10\% = 0,90$

10. Nomor Saringan = 100  
Ukuran Saringan = 0,15 mm



$$\begin{aligned}\text{Berat Tertahan} &= 1 \text{ gr} \\ \text{\% Tertahan} &= \frac{1}{2000} \times 100\% = 0,05\% \\ \text{\%Tertahan Kumulatif} &= 99,10\% + 0,05\% = 99,15\% \\ \text{\%Lolos Kumulatif} &= 100\% - 99,15\% = 0,85\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}11. \text{ Nomor Saringan} &= 200 \\ \text{Ukuran Saringan} &= 0,075 \text{ mm} \\ \text{Berat Tertahan} &= 1 \text{ gr} \\ \text{\% Tertahan} &= \frac{1}{2000} \times 100\% = 0,05\% \\ \text{\%Tertahan Kumulatif} &= 99,15\% + 0,05\% = 99,20\% \\ \text{\%Lolos Kumulatif} &= 100\% - 99,20\% = 0,80\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}12. \text{ PAN} \\ \text{Berat Tertahan} &= 16 \text{ gr} \\ \text{\% Tertahan} &= \frac{16}{2000} \times 100\% = 0,8\% \\ \text{\%Tertahan Kumulatif} &= 99,20\% + 0,8\% = 100\% \\ \text{\%Lolos Kumulatif} &= 100\% - 100\% = 0\%\end{aligned}$$

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\sum \% \text{Tertahan Kumulatif (no } 1/2 - 100)}{100}$$

$$= \frac{52,05 + 89,00 + 98,90 + 98,95 + 99,00 + 99,05 + 99,10 + 99,15}{100}$$

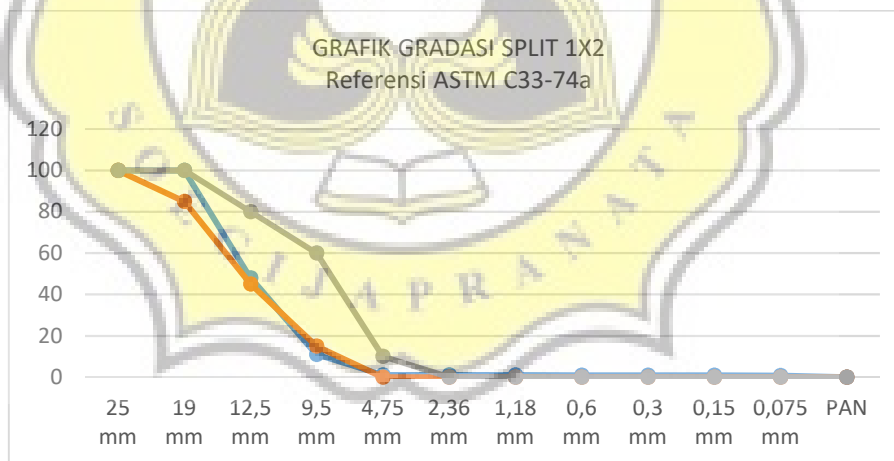
$$= 7,35$$



Tabel 4.3 Analisa Saringan (Agregat Kasar *Split 1×2*)  
(Reference : ASTM C33-39, ASTM C136, AS 1141-11)

| UKURAN AYAKAN            |         | BERAT TERTAHAN (GRAM) | KOMULATIF RATA RATA |                |             | GRADASI     |              |
|--------------------------|---------|-----------------------|---------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
|                          |         |                       | TERTAHAN (GRAM)     | % TERTAHAN (%) | % LOLOS (%) | MINIMUM (%) | MAKSIMUM (%) |
| 25 mm                    | 1"      | 0                     | 0                   | 0              | 100         | 100         |              |
| 19 mm                    | 3/4"    | 0                     | 0                   | 0              | 85          | 100         |              |
| 12,5 mm                  | 1/2"    | 1041                  | 1041                | 52,05          | 47,95       | 45          | 80           |
| 9,5 mm                   | 3/8"    | 739                   | 1780                | 89             | 11          | 15          | 60           |
| 4,75 mm                  | No. 4   | 198                   | 1978                | 98,9           | 1,1         | 0           | 10           |
| 2,36 mm                  | No. 8   | 1                     | 1979                | 98,95          | 1,05        | 0           | 0            |
| 1,18 mm                  | No. 16  | 1                     | 1980                | 99             | 1           | 0           | 0            |
| 0,6 mm                   | No. 30  | 1                     | 1981                | 99,05          | 0,95        | 0           | 0            |
| 0,3 mm                   | No. 50  | 1                     | 1982                | 99,1           | 0,9         | 0           | 0            |
| 0,15 mm                  | No. 100 | 1                     | 1983                | 99,15          | 0,85        | 0           | 0            |
| 0,075 mm                 | No. 200 | 1                     | 1984                | 99,2           | 0,8         | 0           | 0            |
| PAN                      | No. 500 | 16                    | 2000                | 100            | 0           | 0           | 0            |
| <b>Modulus kehalusan</b> |         |                       | <b>7,35</b>         |                |             |             |              |

Grafik 4.3 Gradasi Split 1x2



Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian analisa saringan agregat kasar (*Split 1×2*) yang didapatkan yaitu mempunyai modulus kehalusan sebesar 7,35.

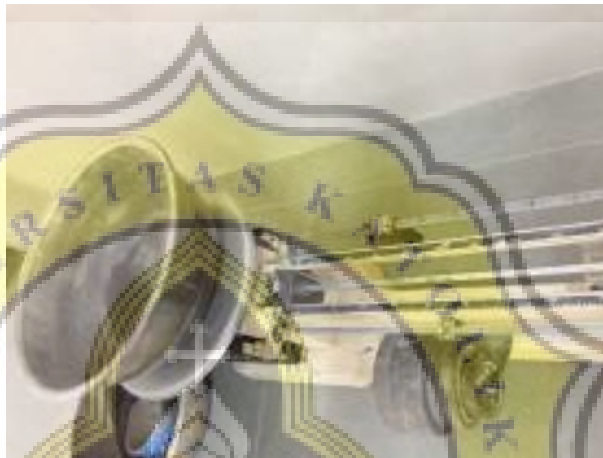




#### 4.1.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pada pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1971-1990. Berikut langkah kerja pengujian agregat halus dan agregat kasar:

1. Langkah pertama yaitu menimbang dan mencatat berat wadah atau pan ( $W_1$ ). Gambar 4.10 menunjukkan proses penimbangan berat cawan/pan



Gambar 4.10 Penimbangan Berat Cawan/Pan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

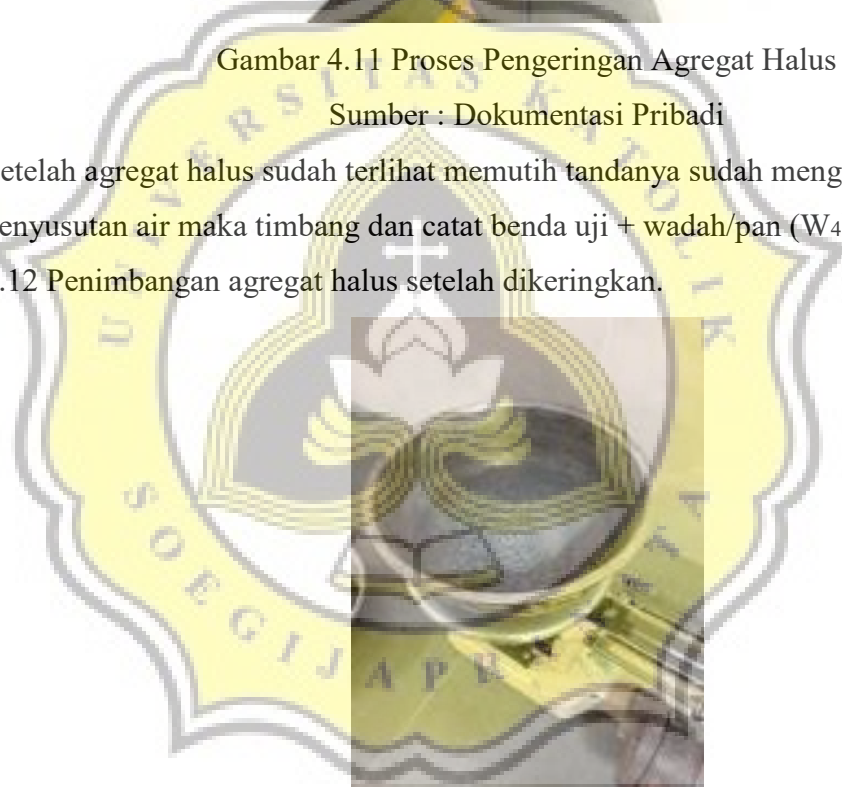
2. Menaruh agregat halus ke dalam wadah atau pan. Menimbang lalu mencatat berat benda uji + berat cawan ( $W_2$ ).
3. Selanjutnya yaitu mengitung berat benda uji. ( $W_3 = W_2 - W_1$ )
4. Langkah selanjutnya yaitu agregat halus dan agregat kasar dikeringkan bersama wadah atau pan dengan pemanas suhu  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$  hingga agregat halus kering. Gambar 4.11 menunjukkan proses pengeringan agregat halus.



Gambar 4.11 Proses Pengeringan Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Pribadi

5. Setelah agregat halus sudah terlihat memutih tandanya sudah mengalami penyusutan air maka timbang dan catat benda uji + wadah/pan ( $W_4$ ). Gambar 4.12 Penimbangan agregat halus setelah dikeringkan.



Gambar 4.12 Penimbangan Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Pribadi

6. Mengitung agregat halus kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ )

#### 4.1.2.1 Agregat Halus *Manufactur Sand* (*M-sand*)

Berdasarkan hasil penelitian kadar air agregat halus *M-sand* memiliki hasil yaitu:

- a. Berat Wadah = 355 gr



- b. Berat Wadah + Benda Uji = 855 gr
- c. Berat Benda Uji = 500 gr
- d. Berat Benda kering = 480 gr
- e. Kadar Air  $(C-D)/D \times 100\% = \frac{500-480}{480} \times 100\%$   
= 4,1 %

Kadar Air yang didapat dari pengujian kadar air agregat halus (*M-sand*) yang didapatkan yaitu 4,1 %.

#### 4.1.2.2 Agregat Halus Pasir Muntlan

Berdasarkan hasil penelitian kadar air agregat halus (Pasir Muntlan) memiliki hasil yaitu:

- a. Berat Wadah = 355 gr
- b. Berat Wadah + Benda Uji = 855 gr
- c. Berat Benda Uji = 500 gr
- d. Berat Benda kering = 450 gr
- e. Kadar Air  $(C-D)/D \times 100\% = \frac{500-480}{450} \times 100\%$   
= 11,1 %

Kadar Air yang didapat dari pengujian kadar air agregat halus (Pasir Muntlan) yang didapatkan yaitu 11,1 %.

#### 4.1.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar 1×2

Berdasarkan hasil penelitian kadar air agregat kasar (*Split 1×2*) memiliki hasil yaitu:

- a. Berat Wadah = 355 gr
- b. Berat Wadah + Benda Uji = 855 gr
- c. Berat Benda Uji = 500 gr
- d. Berat Benda kering = 485 gr
- e. Kadar Air  $(C-D)/D \times 100\% = \frac{500-485}{485} \times 100\%$



$$= 3,09 \%$$

Kadar air yang didapat dari pengujian kadar air agregat kasar (*Split 1×2*) yang didapatkan yaitu 3,09 %.

#### 4.1.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Langkah Kerja untuk melakukan pengujian kadar lumpur berdasarkan ASTM C33-39, ASTM C 142) adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus yang telah dikeringkan di dalam oven dimasukkan ke dalam gelas ukur setinggi 500 cc. Gambar 4.13 menunjukkan agregat halus yang dimasukkan ke dalam gelas ukur setinggi 500 cc.



Gambar 4.13 Memasukkan Agregat Halus ke Dalam Gelas Ukur

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Gelas ukur kemudian diisi dengan air garam hingga setinggi 350 cc lalu ditutup dengan plastik. Gambar 4.14 menunjukkan air garam yang dimasukkan pada pengujian ini.



Gambar 4.14 Air Garam

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Lakukan pengocokan campuran tersebut selama kurang lebih 30 menit, kemudian didiamkan minimal selama 5 jam. Gambar 4.15 menunjukkan bahwa agregat halus yang telah dikocok lalu didiamkan selama 5 jam.



Gambar 4.15 Agregat Halus Setelah Dikocok

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Mengukur tinggi pasir dan lumpurnya setelah didiamkan minimal 5 jam.



#### 4.1.3.1 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (*M-sand*)

Dari langkah pengujian kadar lumpur agregat halus (*M-sand*) tersebut, Perhitungan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Pasir + Lumpur = 150 ml
- b. Tinggi pasir = 143 ml
- c. Tinggi Lumpur = 7 ml
- d. Kandungan Lumpur =  $\frac{C}{A} \times 100\%$   
 $= \frac{7}{150} \times 100\%$   
 $= 4,6 \%$

Kandungan lumpur pada agregat halus (*M-sand*) yang didapatkan dari hasil pengujian adalah sebesar 4,6 %. Untuk pembuatan beton kadar lumpur tersebut melebihi batas maksimum kadar lumpur agregat halus yang diperbolehkan untuk campuran beton yang hanya sebesar 5%. Oleh karena itu agregat halus harus dicuci terlebih dahulu jika akan digunakan untuk bahan pembuatan beton.

#### 4.1.3.2 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir Muntilan)

Dari langkah pengujian kadar lumpur agregat halus (Pasir Muntilan) tersebut, Perhitungan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Pasir + Lumpur = 145 ml
- b. Tinggi pasir = 130 ml
- c. Tinggi Lumpur = 15 ml
- d. Kandungan Lumpur =  $\frac{C}{A} \times 100\%$   
 $= \frac{15}{145} \times 100\%$   
 $= 10,34 \%$



Kandungan lumpur agregat halus (Pasir Muntilan) yang didapatkan dari hasil pengujian adalah sebesar 10,34%. Untuk pembuatan beton kadar lumpur tersebut melebihi batas maksimum kadar lumpur agregat halus yang diperbolehkan untuk campuran beton yang hanya sebesar 5%. Oleh karena itu agregat halus harus dicuci terlebih dahulu jika akan digunakan untuk bahan pembuatan beton.

#### 4.1.4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus menggunakan manufaktur sand (*M-sand*) dan pasir muntilan. Berdasarkan SNI-1969-2008 mengenai cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus, langkah langkah yang dilakukan untuk pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengambil contoh agregat halus sebanyak 500 gr kemudian dimasukkan kedalam pan atau wadah. Gambar 4.16 menunjukkan agregat halus yang dimasukkan kedalam pan atau wadah.



Gambar 4.16 Agregat Halus Dalam Pan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Merendam agregat halus dan menimbang sampel uji dalam air dengan cara menggantungkan kawat wadah atau pan sampel uji ke timbangan. Gambar 4.17 menunjukkan gambar perendaman agregat halus dan penimbangan uji agregat halus.



Gambar 4.17 Perendaman Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Langkah selanjutnya yaitu pengeringan sampel uji agregat halus sampai berat tetap dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$

3. Mendinginkan sampel uji agregat halus pada suhu kamar
4. Menghitung sampel uji agregat halus kering

#### 4.1.4.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (*M-sand*)

Berdasarkan langkah langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (*M-sand*) di Laboratorium Jati Kencana Beton maka didapatkan hasil :

- |   |           |
|---|-----------|
| a. Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)                       | = 500 gr  |
| b. Berat benda uji kering oven (BK)                                   | = 496 gr  |
| c. Berat picnometer diisi air air T : $25^\circ\text{C}$ (B)          | = 1288 gr |
| d. Berat picnometer + benda uji SSD + air T : $25^\circ\text{C}$ (BT) | = 1604 gr |





1. Berat Jenis (*Bulk*)  $\frac{BK}{(B+500-BT)}$   
 $= \frac{496}{(1288+500-1604)}$   
 $= 2,696 \text{ gr/cm}^3$
2. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*)  $\frac{500}{(B+500-BT)}$   
 $= \frac{500}{(1288+500-1604)}$   
 $= 2,717 \text{ gr/cm}^3$
3. Berat Jenis Semu (*Apparent*)  $\frac{BK}{(B+BK-BT)}$   
 $= \frac{496}{(1288+496-1604)}$   
 $= 2,756 \text{ gr/cm}^3$
4. Penyerapan (*Absorbtion*)  $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$   
 $= \frac{(500-496)}{496} \times 100\%$   
 $= 0,806 \%$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dan dirangkum pada Tabel 4.3

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan *M-sand*

| Jenis Percobaan  | Hasil Percobaan        |
|--|------------------------|
| Berat Jenis ( <i>Bulk</i> ) ( $\text{gr/cm}^3$ )                       | 2,696 $\text{gr/cm}^3$ |
| Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>SSD</i> ) ( $\text{gr/cm}^3$ ) | 2,717 $\text{gr/cm}^3$ |
| Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> ) ( $\text{gr/cm}^3$ )              | 2,756 $\text{gr/cm}^3$ |
| Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> ) (%)                                   | 0,806 %                |

Berdasarkan percobaan di laboratorium Jati Kencana Beton maka dapat menarik kesimpulan agregat halus (*M-sand*) mempunyai berat jenis (*Saturated Surface*




*Dry*) yaitu  $2,717 \text{ gr/cm}^3$ . Untuk penyerapan (*absorbtion*) Agregat halus (*M-sand*) yaitu  $0,806 \%$

#### 4.1.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir Muntilan)

Berdasarkan langkah langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (Pasir Muntilan) di Laboratorium Jati Kencana Beton maka didapatkan hasil:

- Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) = 500 gr
- Berat benda uji kering oven (BK) = 495 gr
- Berat picnometer diisi air air T :  $25^\circ\text{C}$  (B) = 1290 gr
- Berat picnometer + benda uji SSD + air T :  $25^\circ\text{C}$  (BT) = 1603 gr

Perhitungan :



- Berat Jenis (*Bulk*) 
$$\frac{\text{BK}}{\text{(B+500-BT)}}$$
$$= \frac{495}{(1290+500-1603)}$$
$$= 2,647 \text{ gr/cm}^3$$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) 
$$\frac{500}{\text{(B+500-BT)}}$$
$$= \frac{500}{(1290+500-1603)}$$
$$= 2,674 \text{ gr/cm}^3$$
- Berat Jenis Semu (*Apparent*) 
$$\frac{\text{BK}}{\text{(B+BK-BT)}}$$
$$= \frac{495}{(1290+495-1603)}$$
$$= 2,720 \text{ gr/cm}^3$$
- Penyerapan (*Absorbtion*) 
$$\frac{(500-\text{BK})}{\text{BK}} \times 100\%$$
$$= \frac{(500-495)}{495} \times 100\%$$
$$= 1,010\%$$



Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dan dirangkum pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir Muntilan)

| Jenis Percobaan   | Hasil Percobaan               |
|---|-------------------------------|
| Berat Jenis ( <i>Bulk</i> ) ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )                       | 2,647 $\text{gr}/\text{cm}^3$ |
| Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>SSD</i> ) ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) | 2,674 $\text{gr}/\text{cm}^3$ |
| Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> ) ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )              | 2,720 $\text{gr}/\text{cm}^3$ |
| Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> ) (%)  | 1,010 %                       |

Berdasarkan percobaan di laboratorium Jati Kencana Beton maka dapat menarik kesimpulan agregat halus (Pasir Muntilan) mempunyai berat jenis (*Saturated Surface Dry*) yaitu 2,674  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Untuk penyerapan (*absorbtion*) Agregat halus (Pasir Muntilan) yaitu 1,010 %

#### 4.1.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (*split 1×2*)

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar menggunakan *split 1×2*. Berdasarkan SNI-1969-2008 mengenai cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, langkah langkah yang dilakukan untuk pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengambil contoh agregat halus sebanyak 3000 gr kemudiam dimasukan kedalam pan atau wadah. Gambar 4.18 menunjukan agregat halus yang dimasukan kedalam pan atau wadah.



Gambar 4.18 Agregat Kasar Dalam Pan atau Wadah

Sumber : Dokumentasi Pribadi



2. Merendam agregat kasar dan menimbang sampel uji dalam air dengan cara menggantungkan kawat wadah atau pan sampel uji ke timbangan. Gambar 4.19 menunjukkan gambar perendaman agregat halus dan penimbangan uji agregat kasar.



Gambar 4.19 Perendaman Agregat Kasar

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Langkah selanjutnya yaitu pengeringan sampel uji agregat kasar sampai berat tetap dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
4. Mendinginkan sampel uji agregat kasar pada suhu kamar.
5. Menghitung sampel uji agregat kasar kering.

Berdasarkan langkah langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar (*Split 1* × 2) di Laboratorium Jati Kencana Beton maka didapatkan hasil :

- a. Berat benda uji kering oven (BK) = 2965 gr
- b. Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ) = 3000 gr
- c. Berat benda uji dalam air (BA) = 1890 gr

Perhitungan :

$$1. \text{ Berat Jenis (Bulk)} \frac{BK}{(BJ-BA)}$$
$$= \frac{2965}{(3000-1890)}$$



$$= 2,671 \text{ gr/cm}^3$$

$$2. \text{ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} \frac{BJ}{(BJ-BA)}$$

$$= \frac{3000}{(3000-1890)}$$

$$= 2,703 \text{ gr/cm}^3$$

$$3. \text{ Berat Jenis Semu (Apparent)} \frac{BK}{(BK-BA)}$$

$$= \frac{2965}{(3000-1890)}$$

$$= 2,758 \text{ gr/cm}^3$$

$$4. \text{ Penyerapan (Absorbtion)} \frac{(BJ-BK)}{BK} \times 100\%$$

$$= \frac{(3000-2965)}{2965} \times 100\%$$

$$= 1,18\%$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dan dirangkum pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (*Split 1×2*)

| Jenis Percobaan  | Hasil Percobaan        |
|--|------------------------|
| Berat Jenis ( <i>Bulk</i> ) ( $\text{gr/cm}^3$ )                       | 2,671 $\text{gr/cm}^3$ |
| Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>SSD</i> ) ( $\text{gr/cm}^3$ ) | 2,703 $\text{gr/cm}^3$ |
| Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> ) ( $\text{gr/cm}^3$ )              | 2,758 $\text{gr/cm}^3$ |
| Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> ) (%)                                   | 1,18%                  |

Berdasarkan percobaan di laboratorium Jati Kencana Beton maka dapat menarik kesimpulan agregat kasar (*Split 1×2*) mempunyai berat jenis (*Saturated Surface Dry*) yaitu 2,703  $\text{gr/cm}^3$ . Untuk penyerapan (*absorbtion*) Agregat halus (Pasir Muntilan) yaitu 1,18 %

#### 4.1.6. Berat Isi Agregat Kasar dan Halus

Langkah pengujian berat isi agregat kasar dan halus menurut SNI 1973:2008 yaitu:



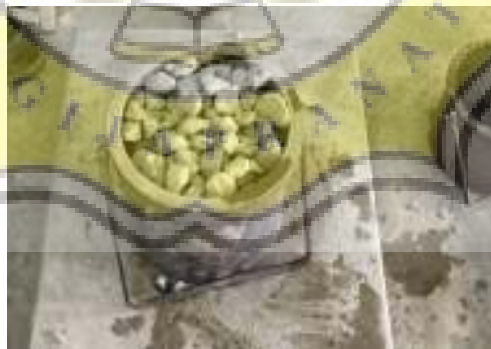
1. Melakukan penimbangan serta mencatat berat dan dimensi wadah (W1). Gambar 4.20 merupakan proses penimbangan wadah.



Gambar 4.20 Penimbangan Wadah

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Gunakan sekop untuk memasukkan benda uji. Masukkan benda uji sampai 1/3 bagian wadah kemudian dipadatkan dengan alat pemadat. Lakukan proses tersebut sampai semua bagian wadah terisi penuh dengan benda uji. Gambar 4.21 menunjukkan proses pemadatan benda uji.



Gambar 4.21 Pemadatan Benda Uji

Sumber : Dokumentasi Pribadi



3. Kemudian jika wadah sudah terisi penuh dengan benda uji, timbang berat wadah dan agregat kasar ( $W_2$ ). Gambar 4.22 menunjukkan penimbangan berat wadah dan agregat kasar dan halus.



Gambar 4.22 Menimbang Wadah dan Agregat

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Menghitung berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )

Berdasarkan langkah pengujian, didapatkan hasil sebagai berikut:

#### 4.1.6.1 Perhitungan Pengujian Berat isi Agregat Kasar

- I. Percobaan I Pengujian Agregat Kasar (*Split*  $1 \times 2 = 19 \text{ mm} = 3/4''$ )

- a. Volume Container =  $0,00507 \text{ dm}^3$
- b. Berat Container =  $5,970 \text{ Kg}$
- c. Berat Container + Split =  $13,58 \text{ Kg}$
- d. Berat Split (C-B) =  $13,58 - 5,970$   
=  $7,610 \text{ Kg}$
- e. Berat Isi Split (D/A) =  $\frac{7,610}{0,00507} = 1501 \text{ Kg/dm}^3$

- II. Percobaan II Pengujian Agregat Kasar (*Split*  $1 \times 2 = 19 \text{ mm} = 3/4''$ )

- a. Volume Container =  $0,00507 \text{ dm}^3$
- b. Berat Container =  $5,970 \text{ Kg}$
- c. Berat Container + Split =  $13,64 \text{ Kg}$



$$\begin{aligned} \text{d. Berat Split (C-B)} &= 13,64 - 5,970 \\ &= 7,670 \text{ Kg} \\ \text{e. Berat Isi Split (D/A)} &= \frac{7,670}{0,00507} = 1513 \text{ Kg/dm}^3 \end{aligned}$$

III. Percobaan III Pengujian Agregat Kasar (Split 1 x 2 = 19 mm = 3/4")

$$\begin{aligned} \text{a. Volume Container} &= 0,00507 \text{ dm}^3 \\ \text{b. Berat Container} &= 5,970 \text{ Kg} \\ \text{c. Berat Container + Split} &= 13,58 \text{ Kg} \\ \text{d. Berat Split (C-B)} &= 13,58 - 5,970 \\ &= 7,610 \text{ Kg} \\ \text{e. Berat Isi Split (D/A)} &= \frac{7,610}{0,00507} = 1501 \text{ Kg/dm}^3 \end{aligned}$$

Rata – Rata pengujian Split 1 x 2 = 19 mm = 3/4" berdasarkan volumenya:

$$= \frac{1501 + 1513 + 1501}{3} = 1505 \text{ Kg/dm}^3$$

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar (*Split 1 x 2*)

| Percobaan                   | I                       | II                      | III                     |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Berat Container + Split (A) | 13,580 Kg               | 13,640 Kg               | 13,580 Kg               |
| Berat Container (B)         | 5,970 Kg                | 5,970 Kg                | 5,970 Kg                |
| Berat Split (C)             | 7,610 Kg                | 7,670 Kg                | 7,610 Kg                |
| Volume Container (D)        | 0,00507 dm <sup>3</sup> | 0,00507 dm <sup>3</sup> | 0,00507 dm <sup>3</sup> |
| Berat Isi Split (C/D)       | 1501 Kg/dm <sup>3</sup> | 1513 kg/dm <sup>3</sup> | 1501 Kg/dm <sup>3</sup> |
| Rata – Rata                 | 1505 Kg/dm <sup>3</sup> |                         |                         |

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat kasar (Split 1 x 2 – 19 mm = 3/4") ini dapat menyimpulkan bahwa berat isi agregat tersebut yaitu sebesar 1505 Kg/dm<sup>3</sup>

#### 4.1.6.2 Perhitungan Pengujian Berat isi Agregat Halus (*M-sand*)

Sedangkan untuk pengujian agregat halus (*Manufacture Sand*) pada percobaan ini adalah sebagai berikut:





I. Percobaan I Pengujian Agregat Halus (*Manufacture Sand*)

- a. Volume Container = 0,00507 dm<sup>3</sup>
- b. Berat Container = 5,980 Kg
- c. Berat Container + *M-sand* = 14,68 Kg
- d. Berat *M-sand* (C-B) = 14,68 – 5,980  
= 8,7 Kg
- e. Berat Isi *M-sand* (D/A) =  $\frac{8,7}{0,00507} = 1716 \text{ Kg/dm}^3$

II. Percobaan II Pengujian Agregat Halus (*Manufacture Sand*)

- a. Volume Container = 0,00507 dm<sup>3</sup>
- b. Berat Container = 5,980 Kg
- c. Berat Container + *M-sand* = 14,58 Kg
- d. Berat *M-sand* (C-B) = 14,58 – 5,980  
= 8,6 Kg
- e. Berat Isi *M-sand* (D/A) =  $\frac{8,6}{0,00507} = 1696 \text{ Kg/dm}^3$

III. Percobaan I Pengujian Agregat Halus (*Manufacture Sand*)

- a. Volume Container = 0,00507 dm<sup>3</sup>
- b. Berat Container = 5,980 Kg
- c. Berat Container + *M-sand* = 14,78 Kg
- d. Berat *M-sand* (C-B) = 14,78 – 5,980  
= 8,8 Kg
- e. Berat Isi *M-sand* (D/A) =  $\frac{8,8}{0,00507} = 1736 \text{ Kg/dm}^3$

Rata – Rata pengujian Agregat halus *manufacture sand* berdasarkan volumenya:

$$= \frac{1716+1696+1736}{3}$$



$$= 1716 \text{ Kg/dm}^3$$

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat halus (*M-sand*)

| Percobaan                           | I                       | II                      | III                     |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Berat Container + <i>M-sand</i> (A) | 14,680 Kg               | 14,580 Kg               | 14,780 Kg               |
| Berat Container (B)                 | 5,980 Kg                | 5,980 Kg                | 5,980 Kg                |
| Berat <i>M-sand</i> ©               | 8,700 Kg                | 8,600 Kg                | 8,800 Kg                |
| Volume Container (D)                | 0,00507 dm <sup>3</sup> | 0,00507 dm <sup>3</sup> | 0,00507 dm <sup>3</sup> |
| Berat Isi <i>M-sand</i> (C/D)       | 1716 Kg/dm <sup>3</sup> | 1696 kg/dm <sup>3</sup> | 1736 Kg/dm <sup>3</sup> |
| Rata – Rata                         | 1716 Kg/dm <sup>3</sup> |                         |                         |

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat Halus (*Manufacture Sand*) dapat disimpulkan bahwa berat isi agregat tersebut yaitu sebesar 1716 Kg/dm<sup>3</sup>

#### 4.1.6.3 Perhitungan Pengujian Berat isi Agregat Halus (Pasir Muntlan)

Untuk pengujian agregat halus Pasir Muntlan pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

##### I. Percobaan I Pengujian Agregat Halus Pasir Muntlan

- Volume Container = 0,00507 dm<sup>3</sup>
- Berat Container = 5,980 Kg
- Berat Container + Pasir = 14,68 Kg
- Berat Pasir (C-B) = 14,68 – 5,980  
= 8,7 Kg
- Berat Isi Pasir (D/A) =  $\frac{8,7}{0,00507} = 1716 \text{ Kg/dm}^3$

##### II. Percobaan II Pengujian Agregat Halus Pasir Muntlan

- Volume Container = 0,00507 dm<sup>3</sup>
- Berat Container = 5,980 Kg
- Berat Container + Pasir = 14,54 Kg
- Berat Pasir (C-B) = 14,54 – 5,980  
= 8,56 Kg



$$e. \text{ Berat Isi Pasir (D/A)} = \frac{8,56}{0,00507} = 1688 \text{ Kg/dm}^3$$

### III. Percobaan I Pengujian Agregat Halus Pasir Muntlan

a. Volume Container = 0,00507 dm<sup>3</sup>

b. Berat Container = 5,980 Kg

c. Berat Container + Pasir = 14,44 Kg

d. Berat Pasir (C-B) = 14,44 – 5,980  
= 8,46 Kg

e. Berat Isi Pasir (D/A) =  $\frac{8,46}{0,00507} = 1669 \text{ Kg/dm}^3$

Rata – Rata pengujian Agregat halus Pasir Muntlan berdasarkan volumenya:

$$= \frac{1716+1688+1669}{3}$$

$$= 1691 \text{ Kg/dm}^3$$

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus (Pasir Muntlan)

| Percobaan               | I                       | II                      | III                     |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Berat Container + Pasir | 14,680 Kg               | 14,540 Kg               | 14,440 Kg               |
| Berat Container (B)     | 5,980 Kg                | 5,980 Kg                | 5,980 Kg                |
| Berat Pasir (C)         | 8,700 Kg                | 8,560 Kg                | 8,460 Kg                |
| Volume Container (D)    | 0,00507 dm <sup>3</sup> | 0,00507 dm <sup>3</sup> | 0,00507 dm <sup>3</sup> |
| Berat Isi Pasir (C/D)   | 1716 Kg/dm <sup>3</sup> | 1688 kg/dm <sup>3</sup> | 1669 Kg/dm <sup>3</sup> |
| Rata – Rata             | 1691 Kg/dm <sup>3</sup> |                         |                         |

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus Pasir Muntlan ini dapat menyimpulkan bahwa berat isi agregat tersebut yaitu sebesar 1691 Kg/dm<sup>3</sup>

#### 4.1.7. Pengujian Semen

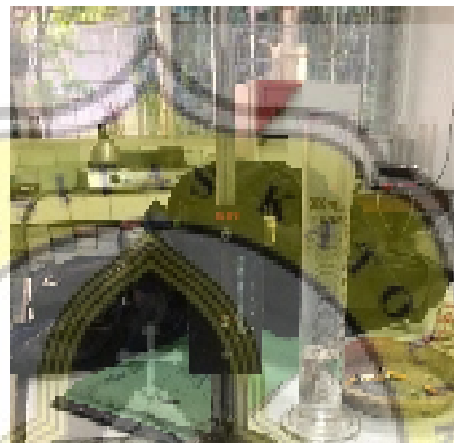
##### 4.1.7.1 Pengujian Daya Ikat Semen

Untuk pengujian semen pada penelitian ini menggunakan SNI-15-2049-2004 tentang semen portland. Tujuan dari pengujian bahan semen ini adalah untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras dari mulai air bercampur semen. Untuk pengujian bahan semen ini ini lakukan di



Laboratorium Bahan bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Berikut langkah langkah pengujian daya ikat semen:

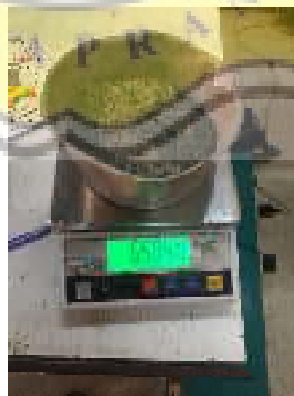
1. Langkah pertama yaitu mempersiapkan alat yang akan digunakan seperti alat uji vicat dengan jarum  $\varnothing$  1mm. Gambar 4.23 menunjukkan alat vicat yang digunakan pada pengujian ini.



Gambar 4.23 Alat Vicat yang Digunakan  $\varnothing$ 1mm

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Selanjutnya yaitu menimbang semen dengan berat 650gr dengan presentase air 25% dari berat semen yang digunakan dalam pengujian ini. Gambar 4.24 Penimbangan bahan semen dan air.



Gambar 4.24 Penimbangan Semen yang Digunakan

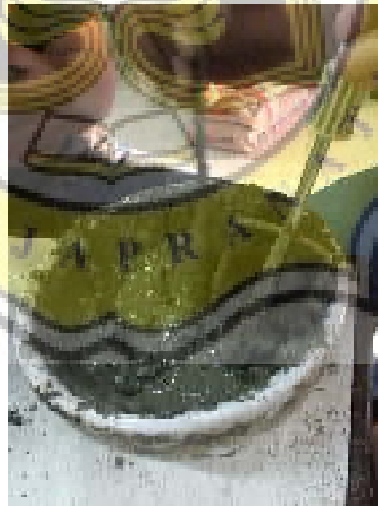
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.25 Takaran Air yang digunakan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Berikutnya campurkan semen dan air agar menjadi adonan yang plastis dan bisa dibentuk bola, selanjutnya tempatkan adonan pada cincin ebonit yang sudah dioles oli terlebih dahulu. Gambar 4.24 merupakan bentuk dari adonan semen yang sudah dicampur air



Gambar 4.26 Adonan Semen yang Dicampur Air

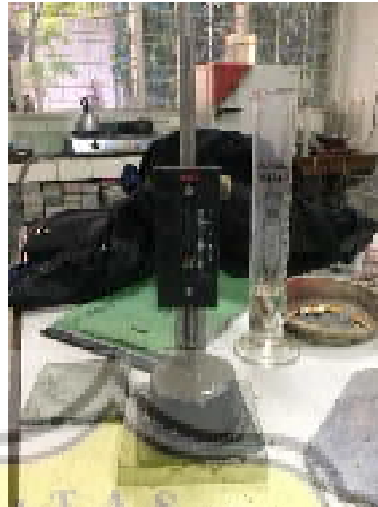
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.27 Adonan Semen yang Dibentuk Bola

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Persiapkan alat vicat dalam kondisi jarum penunjuk di angka 0 dan kencangkan batang dengan skrup pengencang sehingga jarum vicat mudah dijatuhkan
5. Berikut langkah pembacaan vicat sebagai berikut:
  - a. Saat menit pembacaan ke-5 buka skrup pengunci maka jarum akan terjatuh dan menusuk ke adonan campuran semen dan air dan disaat bersamaan nyalakan stopwatch selama 10 detik,
  - b. Setelah 10 detik skrup pengunci dikencangkan dan lakukan pembacaan dari penurunan yang terjadi lalu catat hasil dari penurunannya,
  - c. Setelah melakukan pembacaan angkat jarum lalu atur pada posisi 0,
  - d. Selanjutnya yaitu geser cincin ebonit yang berisi adonan dan plat kaca dari lubang vicat pertama sejauh 5 mm. Untuk percobaan selanjutnya menggunakan jenis adonan yang sama,
6. Untuk percobaan ini dilakukan berulang sampai menit ke 60 menit sampai menunjukkan angka penurunan dibawah 25 mm. Gambar 4.28 merupakan salah satu percobaan pada menit ke 15



Gambar 4.28 Pengukuran Pada Menit ke 15

Sumber : Dokumentasi Pribadi

7. Untuk menghindari getaran meja, hembusan angin yang cukup kencang maka menggunakan standart SNI

Dari percobaan ini maka didapatkan hasil percobaan seperti tabel 4.10 berikut:

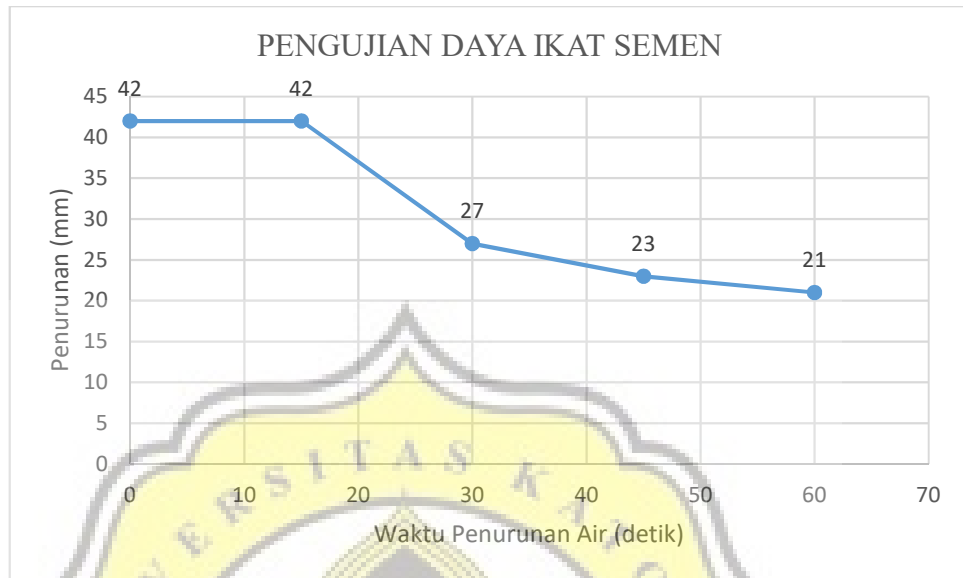
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Daya Ikat Semen

| Waktu (Menit) | Penurunan (mm) |
|---------------|----------------|
| 0             | 42             |
| 15            | 42             |
| 30            | 27             |
| 45            | 23             |
| 60            | 21             |

Selanjutnya data yang didapat dari pengujian daya ikat semen ini digambarkan dalam grafik yang menunjukkan Grafik 4.4 seperti dibawah ini



Grafik 4.4 Pengujian Daya Ikat Semen



Dari data pengujian daya ikat semen yang sudah didapatkan dan juga grafik yang sudah ditampilkan (Grafik 4.4) maka dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu yang diperlukan maka adonan semen akan mulai mengeras. Pada percobaan pengujian daya ikat semen ini dapat dilihat dari jarum vicat yang mulai semakin sulit ditembuskan kedalam adonan semen tersebut.

#### 4.1.7.2. Pengujian Konsistensi Normal Semen

Pada pengujian semen yang selanjutnya yaitu pengujian konsistensi normal semen yang berdasarkan pada SNI-15-2049-2004 tentang semen portland. Tujuan dari pengujian konsistensi semen ini adalah memenuhi kadar air yang dibutuhkan untuk memperoleh adukan semen dengan kekentalan normal air dengan perbandingan dengan berat semen yang digunakan. Untuk pengujian bahan semen ini lakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Berikut langkah langkah pengujian konsistensi normal semen :

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengujian konsistensi normal semen. Untuk jarum vicat menggunakan ukuran  $\varnothing$  10mm. Gambar 4.29 menunjukkan bahan yang digunakan dalam penelitian konsistensi normal semen.

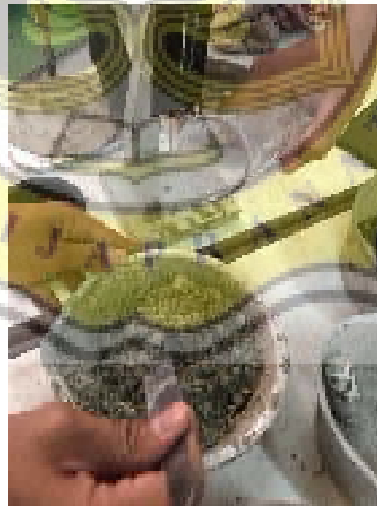




Gambar 4.29 Alat dan Bahan yang Digunakan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Selanjutnya yaitu pengolesan oli di cincin ebonite dan meletakkannya di bagian atas kaca.
3. Timbang semen seberat 650 gr dengan presentase air 25%-30% dari total berat semen.

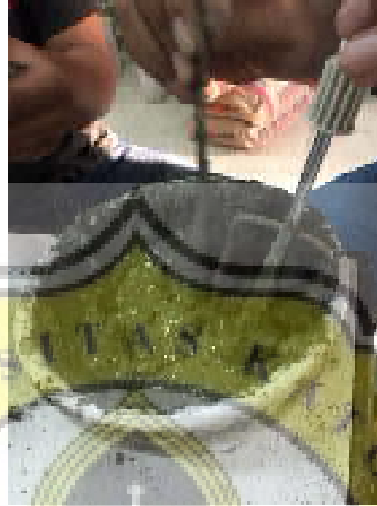


Gambar 4.30 Pencampuran Semen dan Air

Sumber : Dokumentasi Pribadi

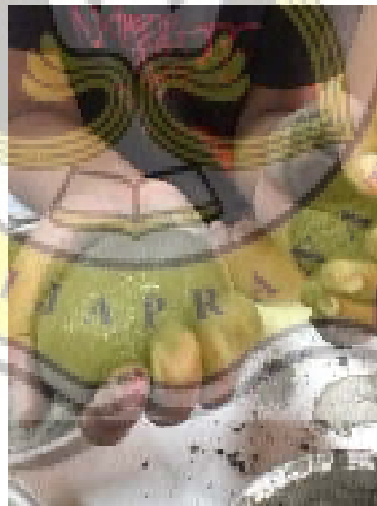


4. Berikutnya campurkan semen dan air agar menjadi adonan yang plastis dan bisa dibentuk bola, selanjutnya tempatkan adonan pada cincin ebonit yang sudah dioles oli terlebih dahulu.



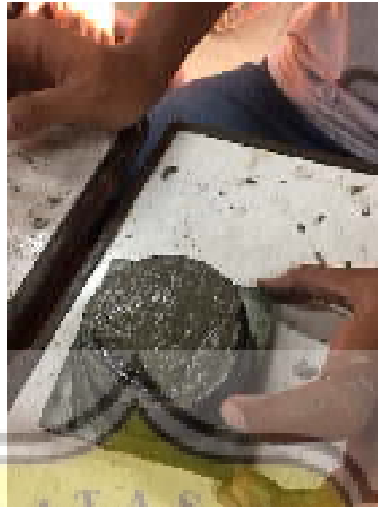
Gambar 4.31 Proses Pencampuran Semen dan Air

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.32 Pembuatan Bola dari Semen dan Air

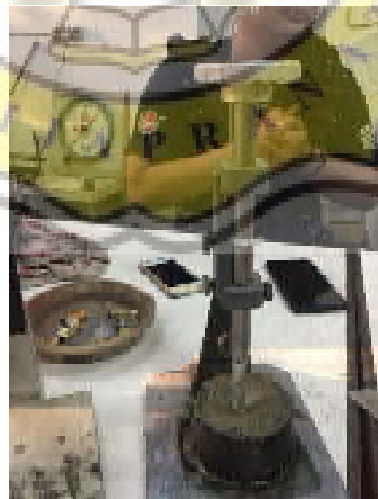
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.33 Cincin Ebonite yang Dimasukkan Adonan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

5. Siapkan alat vicat dengan kondisi jarum yang mengarah angka 0, lalu kencangkan batang jarum dengan skrup pengunci sehingga jarum vicat siap untuk dijatuhkan.
6. Lakukan pembacaan vicat dengan cara membuka skrup pengunci dan dibiarkan jarum jatuh ke adonan. Pada saat bersamaan nyalakan stopwatch dan dibiarkan 5 detik



Gambar 4.34 Pencampuran Semen dan Air

Sumber : Dokumentasi Pribadi



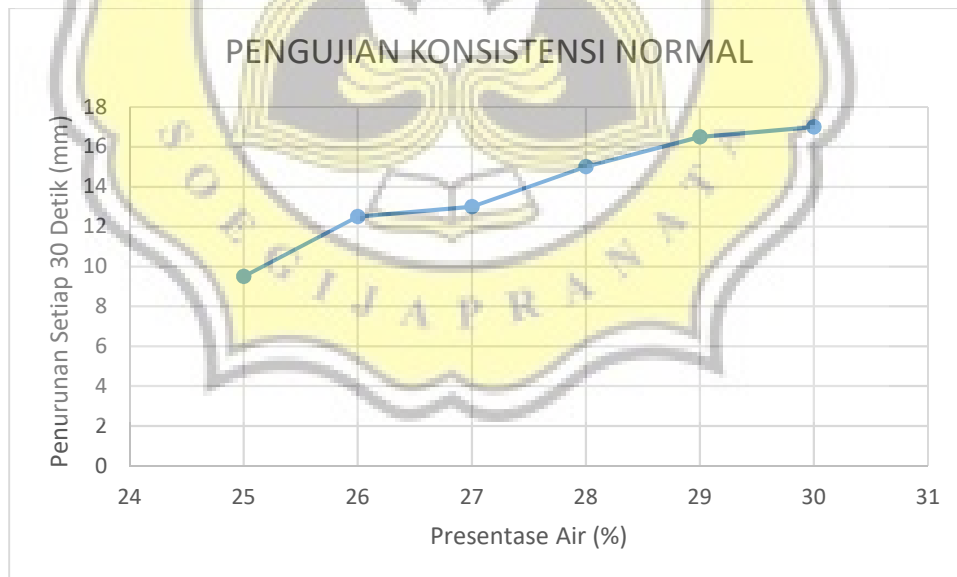
7. Selanjutnya setelah 5 detik kencangkan skrup dan baca penurunan yang terjadi.
8. Ulangi percobaan ini sampai dengan penurunan  $\pm 10$  mm yang menunjukkan konsistensi semen telah tercapai.

Dari percobaan diatas maka didapatkan hasil percobaan yang diringkas pada tabel 4.11 ini:

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Konsistensi Normal semen

| Semen (gr) | Presentase Air (%) | Penurunan Setiap 30 detik (cm) |
|------------|--------------------|--------------------------------|
| 300        | 25                 | 9,5                            |
| 300        | 26                 | 12,5                           |
| 300        | 27                 | 13                             |
| 300        | 28                 | 15                             |
| 300        | 29                 | 16,5                           |
| 300        | 30                 | 17                             |

Grafik 4.5 Konsistensi Normal Semen



Konsistensi normal semen adalah suatu kondisi perbandingan antara air dan semen telah mencapai kondisi tepat untuk membentuk adonan. Untuk nilai konsistensi normal semen memiliki persen air di antara 24% - 33%. Pada percobaan ini



didapatkan data bahwa semen yang akan digunakan mencapai kondisi plastis saat persentase air adalah 25% pada saat penurunan pada saat 9,5 mm.

#### 4.1.8. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2417-2008 pengujian keausan agregat kasar ini menggunakan mesin abrasi *Los Angeles* dan bola baja. Pengujian keausan agregat kasar ini bertujuan untuk mendapatkan angka keausan dari agregat kasar. Agregat kasar di uji terlebih dahulu menggunakan mesin *Los Angeles*. Setelah itu Agregat kasar yang telah di uji disaring kedalam saringan no 12. Jika agregat kasar lolos dari saringan no 12 tidak lebih dari 50% maka agregat kasar yang telah di uji tersebut lolos sesuai standard yang telah ditetapkan. Berikut adalah tahap pengujian keausan agregat kasar yaitu:

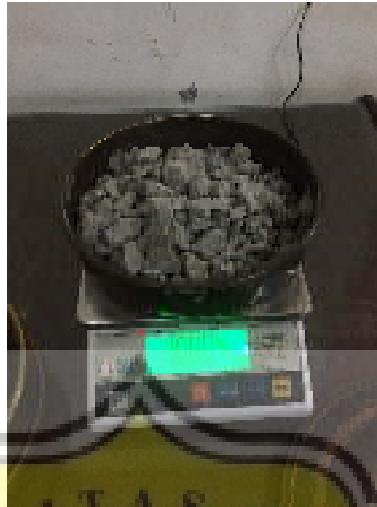
1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, yaitu agregat kasar kering, 1 set alat *Los Angeles*, cawan, kunci pas, timbangan, saringan no 12. Pada gambar 4.35 menunjukkan alat abrasi *Los Angeles*



Gambar 4.35 Mesin Abrasi *Los Angeles*.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Selanjutnya, menyiapkan agregat kasar kering yang akan diuji sebesar 1000 gr. Pada gambar 4.34 menunjukkan agregat kasar yang disiapkan untuk pengujian keausan agregat kasar.



Gambar 4.36 Penimbangan Agregat Kasar

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Kemudian memasukkan agregat kasar kedalam mesin abrasi *Los Angeles*, selanjutnya masukkan bola baja yang berjumlah 11 butir kedalam mesin abrasi *Los Angeles*. Gambar 4.37 menunjukkan bola baja yang digunakan untuk pengujian keausan agregat kasar.



Gambar 4.37 Bola Baja

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Kemudian mesin abrasi *Los Angeles* diputar dengan kecepatan 30 rpm dan atur tombol pada mesin abrasi hingga 500 kali. Gambar 4.36 agregat kasar dan bola baja berada di mesin *Los Angeles*.



Gambar 4.38 Agregat Kasar dan Bola Baja

Sumber : Dokumentasi Pribadi

- Setelah 500 kali putaran, bola baja dan agregat kasar dikeluarkan dari mesin *Los Angeles*. Gambar 4.37 menunjukkan keadaan agregat kasar dan bola baja yang sudah diputar 500 kali.



Gambar 4.39 Agregat Kasar dan Bola Baja Setelah di Putar 500 Kali

Sumber : Dokumentasi Pribadi

- Setelah itu mengeluarkan agregat kasar dari mesin *Los Angeles* kemudian disaring menggunakan saringan no 12 dan pan. Gambar 4.38 menunjukkan keadaan agregat kasar di dalam pan.



Gambar 4.40 Agregat Kasar di Pan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

7. Selanjutnya, agregat kasar yang tertahan pada saringan no 12 dan pan ditimbang. Berdasarkan pengujian keausan diatas, maka hasil pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Berat agregat kasar ( $W_1$ ) = 647,5 gr
- b. Berat saringan no 12. = 352,9 gr
- c. Berat benda uji dan saringan = 1000,4 gr
- d. Berat benda uji tidak lolos saringan ( $W_2$ ) = 431,5 gr
- e. Keausan =  $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$   
=  $\frac{647,5 - 431,5}{647,5} \times 100$   
= 33,35%

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui nilai keausan total dari agregat kasar sebanyak 33,35%. Artinya agregat kasar memenuhi syarat untuk digunakan. Karena berdasarkan PUBLI 1982 pasal 12 “ syarat fisik kerikil bagian yang hancur bila diuji memakai mesin *Los Angeles* tidak lebih dari 50% berat”.

#### 4.1.9. Pengujian Jenis Kandungan *AA* (*Accelerating Admixture*)

Jenis bahan ini dapat mempercepat waktu hidrasi dari penggunaan semen. Beton yang menggunakan *accelerating admixture* ini lebih cepat mengikat serta lebih





cepat mencapai kuat tekannya. Dalam hal ini *accelerating admixture* dibagi beberapa jenis dalam hal kandungannya:

1. Calsium chlorida

Dengan penggunaan 1,5%  $\text{CaCl}_2$  di dalam beton akan mengalami penambahan kekuatan 30% dalam 3 hari dan 20% dalam jangka waktu 28 hari. Pada umumnya akselerator tidak boleh digunakan dalam pembetonan yang dilakukan secara bersamaan atau masal, karena dapat mengakibatkan retak retak akibat panas hidrasi yang dapat menjalar secara cepat.

2. Alumunium chlorida

Alumunium chlorida merupakan akselerator yang sangat kuat. Karena dengan menambahkan 1% alumunium chlorida akan menaikkan kuat tekannya mencapai 50%-170%.

3. Natrium sulfat

Natrium sulfat dapat mempercepat pengerasan semen yang tidak menyebabkan berkaratnya tulangan dari beton. Bahan tambahan ini dianjurkan untuk digunakan bersama calsium chlorida.

4. Alumunium sulfat

Dengan menggunakan alumunium sulfat dapat menambah kekuatan 20%-50% untuk beton yang berumur 1 hari.

Pada pengujian dengan metode *AAS* (*Atomic Absorbption Spektrophotometri*) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi atom bebas. Pengujian ini dilakukan di PT Sucofindo dan mendapatkan hasil:

Tabel 4.12 Hasil Pengujian *Accelerating Admixture*

| Parameter          | Satuan | Hasil Uji | Metode |
|--------------------|--------|-----------|--------|
| Alumunium Chloride | %      | 0,04      | AAS    |
| Natrium Sulfat     | %      | 0,52      | AAS    |

Maka kandungan yang dominan pada *accelerating admixture Viscocrete 3115* N adalah Natrium Sulfat.



## 4.2. Perhitungan *Mix Design*

Pada perhitungan *mix design* ini langkah perencanaan dalam pencampuran beton pada yang dibahas pada sub bab ini. Untuk perhitungannya ini menggunakan metode sesuai dengan perhitungan SNI 7656:2012 dan dimodifikasi oleh CV.Jati Kencana Beton selaku pembimbing lapangan saat melakukan *mix design* di Laboratorium Jati Kencana beton. Berikut langkah langkah perhitungan perencanaan *mix design* ini yang direncanakan seperti berikut ini :

1. Menetapkan mutu beton pada penelitian ini yang direncanakan.

Mutu beton yang ini rencanakan =  $f'_c$  35 Mpa

$$\text{Konversi ke K} = \frac{(35 \times 10)}{0,83} = 421,68 \text{ kg/cm}^2$$

2. Menetapkan nilai standar deviasi

Pada perencanaan *mix design* beton yang ini lakukan menggunakan jumlah data produksi setiap  $\text{m}^3$  yang dianggap mencukupi menurut tabel 4.13.

Tabel 4.13 Tabel Standar Deviasi dan Nilai Tambah

| Jumlah Data Produksi ( $\text{m}^3$ ) | Faktor Cacat (%) | Faktor Cacat (Desimal) | Faktor Cacat (Bilangan) |
|---------------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| Sempurna                              | 0,00             | 0,75                   | 0,00                    |
| Sangat Baik                           | 1,00             | 1,34                   | 40,00                   |
| Baik                                  | 2,50             | 1,45                   | 47,33                   |
| <b>Cukup</b>                          | <b>5,00</b>      | <b>1,64</b>            | <b>60,00</b>            |
| Kurang Baik                           | 7,50             | 1,96                   | 78,55                   |
| Tidak Baik                            | 10,00            | 2,33                   | 100,00                  |

(Sumber : Jati Kencana Beton , 2019)

Seperti tabel diatas ini menggunakan:

- a) Faktor cacat (%) = 5,00
- b) Faktor cacat (desimal) = 1,64
- c) Faktor cacat (bilangan) = 60,00

Nilai standar deviasi yang ini gunakan dalam perhitungan *mix design* adalah faktor cacat (bilangan) = 60,00



3. Menentukan nilai tambah pada perencanaan mix design sesuai dengan tabel 4.12. Nilai tambah yang ini gunakan adalah hasil dari perkalian faktor cacat (bilangan) dengan aktor cacat (desimal). Dalam perencanaan mix design ini jumlah data produksi setiap  $m^3$  beton dianggap mencukupi sehingga didapatkan faktor cacat (desimal) yaitu sebesar 1,64

$$\begin{aligned}\text{Nilai Tambah} &= \text{Faktor cacat bilangan} \times \text{faktor cacat desimal} \\ &= 60,00 \times 1,64 \\ &= 98,40\end{aligned}$$

4. Menetapkan kuat tekan yang direncanakan sehingga dapat dicapai dengan menjumlahkan mutu beton dengan nilai tambah yang sudah didapatkan diatas.

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan yang dicapai} &= \text{Mutu beton rencana} + \text{Nilai tambah} \\ &= 421,68 + 98,40 \\ &= 520,08 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

5. Memilih jenis agregat yang digunakan:
- Agregat Halus : Pasir Muntilan dan Manufacture Sand (M-Sand)
  - Agregat Kasar : Batu Pecah Seloarto (*Split*) ukuran  $1 \times 2$
6. Memilih jenis semen yang akan digunakan. Semen yang digunakan yaitu semen 3 roda *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang merupakan semen Portland tipe 1.
7. Langkah selanjutnya yaitu menentukan *slump* ang direncanakan. Jenis benda uji yang direncanakan yaitu untuk pekerjaan rigid pavement sehingga direncanakan didapat nilai *slump* maksimum 5 cm sesuai dengan Tabel 4.14 mengenai nilai *slump* yang direncanakan untuk berbagai konstruksi.

Tabel 4.14. Nilai *Slump* yang Sering digunakan pada Proyek

| Jenis Konstruksi   | <i>Slump</i> (cm) |            |
|--|-------------------|------------|
|  | Maksimum          | Minimum    |
| <b>Dinding fondasi, footing, sumuran, dinding basement, rigid pavement</b> | <b>5</b>          | <b>2,5</b> |



|  |     |     |
|--|-----|-----|
| Dinding balok dan kolom  | 10  | 2,5 |
| Perkerasan dan lantai, beton dalam jumlah yang besar (seperti dam) | 7,5 | 2,5 |

(Sumber : Jati Kencana Beton , 2019)

Untuk penggunaan kadar akselerator maka akan diuji dengan menggunakan persebaran *slump* yang direncanakan adalah Ø 60- Ø 50 dalam waktu 2- 5 detik ketika beton ditumpahkan.

- Menentukan jenis ukuran diameter agregat kasar maksimum yang akan digunakan dalam mix design pada penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan diameter agregat kasar beton yaitu 19 mm dan tanpa menggunakan penambahan udara sesuai dengan Tabel 4.15 kebutuhan air pencampur dan udara untuk berbagai nilai *slump* dan ukuran maksimal agregat yang digunakan.

Tabel 4.15 Kebutuhan Air Pencampur dan Udara

| Jenis Beton                         | <i>Slump</i> (cm) | Air (kg/m <sup>3</sup> ) |            |          |          |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|------------|----------|----------|
|                                     |                   | 12,5<br>mm               | 19,5<br>mm | 25<br>Mm | 37<br>mm |
| Tanpa Penambahan Udara              | 4 sampai 6        | 204                      | 195        | 183      | 171      |
|                                     | 6 sampai 8        | 211                      | 201        | 189      | 177      |
|                                     | 8 sampai 10       | 218                      | 207        | 194      | 183      |
|                                     | 10 sampai 12      | 220                      | 209        | 196      | 184      |
|                                     | 12 sampai 14      | 223                      | 212        | 198      | 186      |
|                                     | 14 sampai 16      | 226                      | 215        | 201      | 189      |
|                                     | 16 sampai 18      | 230                      | 217        | 203      | 191      |
|                                     | 18 sampai 20      | 233                      | 220        | 206      | 194      |
| Kandungan Udara yang Tersekap (%)   |                   | 2,5                      | 2          | 1,5      | 1        |
| Dengan Penambahan Udara             | 4 sampai 6        | 180                      | 173        | 165      | 155      |
|                                     | 6 sampai 8        | 188                      | 179        | 171      | 161      |
|                                     | 8 sampai 10       | 195                      | 186        | 177      | 167      |
|                                     | 10 sampai 12      | 197                      | 188        | 178      | 168      |
|                                     | 12 sampai 14      | 200                      | 192        | 180      | 170      |
|                                     | 14 sampai 16      | 203                      | 195        | 183      | 173      |
|                                     | 16 sampai 18      | 207                      | 199        | 185      | 175      |
|                                     | 18 sampai 20      | 210                      | 202        | 188      | 178      |
| Kandungan Udara yang Disarankan (%) |                   | 7                        | 6          | 6        | 5,5      |

(Sumber : Jati Kencana Beton , 2019)

- Tahapan selanjutnya yaitu menentukan kadar air bebas yang akan digunakan pada penelitian ini. Dari nilai maksimum *slump* yaitu 5 cm dan



diameter yang digunakan yaitu 19,5 mm, maka dari Tabel 4.14 mengenai kebutuhan air adalah 195 kg/cm<sup>2</sup>. Maka kadar air yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air Bebas} &= 0,94 \times 195 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 183,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

10. Setelah mengetahui kadar air bebas maka selanjutnya yaitu menentukan faktor air semen (Fas). Faktor air semen adalah perbandingan antara air yang digunakan untuk campuran beton dan semen yang akan digunakan sehingga membentuk suatu pasta untuk campuran pembuatan beton. Pada Tabel 4.16 kuat tekan pada umur 28 hari direncanakan yaitu 520,08 kg/cm<sup>2</sup> dan tanpa penambahan makan menggunakan faktor air semen 0,30 karena pertimbangan dari berbagai hal dan direkomendasikan oleh pihak CV. Jati Kencana Beton. Namun berhubung dalam tabel tidak terdapat bilangan kuat tekan, maka diambil untuk kuat tekan 525 kg/cm<sup>2</sup> menggunakan rasio air dan semen terhadap kuat tekan beton.

Tabel 4.16 Hubungan Rasio Air dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton  
Umur 28 hari

| Kuat Tekan Beton<br>Umur 28 Hari<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Rasio Air Semen<br>(Dalam Berat) |                         |
|---|----------------------------------|-------------------------|
|   | Tanpa Penambahan Udara           | Dengan Penambahan Udara |
| 100   | 0,89                             | 0,80                    |
| 125   | 0,84                             | 0,75                    |
| 150   | 0,79                             | 0,70                    |
| 175   | 0,74                             | 0,65                    |
| 200   | 0,69                             | 0,60                    |
| 225   | 0,65                             | 0,56                    |
| 250   | 0,61                             | 0,52                    |
| 275   | 0,58                             | 0,49                    |
| 300   | 0,54                             | 0,45                    |
| 325   | 0,51                             | 0,42                    |
| 350   | 0,47                             | 0,39                    |
| 275   | 0,45                             | 0,37                    |
| 400   | 0,42                             | 0,34                    |
| 425   | 0,40                             | 0,32                    |
| 450   | 0,37                             | 0,29                    |
| 475   | 0,35                             | 0,27                    |
| 500   | 0,32                             | 0,24                    |
| <b>525</b>  | <b>0,30</b>                      | <b>0,22</b>             |



|     |      |      |
|-----|------|------|
| 550 | 0,27 | 0,19 |
| 575 | 0,25 | 0,17 |
| 650 | 0,17 | 0,09 |

(Sumber : Jati Kencana Beton , 2019)

11. Selanjutnya menetapkan jumlah presentase semen yang digunakan dalam perencanaan *mix design*. Dalam perencanaan *mix design* ini menggunakan suatu akselerator maka presentase semen yang digunakan dianggap 100%.

12. Jika sudah mengetahui presentase semen maka selanjutnya menentukan banyaknya jumlah semen yang dibutuhkan dalam penelitian ini

$$\begin{aligned} \text{Jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \times \frac{\text{Presentase Semen}}{100} \\ &= \frac{183,3}{0,30} \times \frac{100}{100} \\ &= 611 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Pada langkah selanjutnya adalah menentukan suatu volume agregat kasar dengan melihat Tabel 4.16. Pada langkah ini pengujian analisa agregat halus yang didapat modulus pasir sebesar untuk m-sand sebesar 3,25% dan untuk pasir muntilan sebesar 2,50% dan ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 19,5 mm. Jadi dapat dilihat pada Tabel 4.17 diperoleh volume agregat kasar untuk m-sand adalah 0,60 dan untuk pasir muntilan 0,65.

Tabel 4.17 Volume Agregat Kasar Untuk *Slump*

| Ukuran Maksimum | Volume Agregat Kasar (Berat Isi Kering) Persatuan Volume Beton Untuk Berbagai Nilai |             |      |             |
|-----------------|---|-------------|------|-------------|
|                 | Modulus Kehalusan Pasir   |             |      |             |
|                 | 2,4   | 2,6         | 2,8  | 3           |
| 12,5            | 0,59  | 0,57        | 0,55 | 0,53        |
| 19,5            | <b>0,66</b>   | <b>0,64</b> | 0,62 | <b>0,60</b> |
| 25              | 0,71  | 0,69        | 0,67 | 0,65        |
| 37              | 0,75  | 0,73        | 0,71 | 0,69        |

(Sumber : Jati Kencana Beton , 2019)

14. Selanjutnya adalah menentukan faktor koreksi dari tabel 4.17 yang telah ditetapkan pada langkah sebelumnya bahwa nilai *slump* sesuai dengan rencana adalah 4 cm sampai 8 cm dan menggunakan ukuran diameter



agregat kasar sebesar 25 mm. Maka dari Tabel 4.18 diperoleh faktor koreksi sebesar 1,028.

Tabel 4.18 Faktor Koreksi Untuk Nilai *Slump* Beton

| <i>Slump</i> (cm) | Faktor Koreksi Untuk Berbagai Ukuran Maksimum Agregat |              |       |       |
|-------------------|---|--------------|-------|-------|
|                   | 12,5 mm   | 19,5 mm      | 25 mm | 37 mm |
| 4 sampai 6        | 1,402   | <b>1,028</b> | 1,042 | 1,603 |
| 6 sampai 8        | 1,018   | 1,012        | 1,018 | 1,027 |
| 8 sampai 10       | 0,994   | 0,996        | 0,994 | 0,991 |
| 10 sampai 12      | 0,993   | 1,000        | 1,000 | 1,000 |
| 12 sampai 14      | 0,988   | 1,000        | 1,000 | 1,000 |
| 14 sampai 16      | 0,983   | 1,000        | 1,000 | 1,000 |
| 16 sampai 18      | 0,977   | 1,000        | 1,000 | 1,000 |
| 18 sampai 20      | 0,972   | 1,000        | 1,000 | 1,000 |

(Sumber : Jati Kencana Beton , 2019)

15. Tahapan selanjutnya adalah menghitung berat agregat yang akan digunakan untuk mix design.

1. Menggunakan Pasir Muntilan

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat Kasar} &= \text{Volume Agregat Kasar} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Berat Isi} \\ &= 0,65 \times 1,028 \times 1505 \\ &= \mathbf{1005 \text{ kg/m}^3}\end{aligned}$$

2. Menggunakan pasir *M-sand*

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat Kasar} &= \text{Volume Agregat Kasar} \times \text{Faktor Koreksi} \times \text{Berat Isi} \\ &= 0,60 \times 1,028 \times 1505 \\ &= \mathbf{928 \text{ kg/m}^3}\end{aligned}$$

16. Menghitung kebutuhan volume air yang akan digunakan untuk mix design

$$\begin{aligned}\text{Volume Air} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Berat Jenis Air}} \\ &= \frac{183,3}{1000} \\ &= 0,1833 \text{ m}^3\end{aligned}$$

17. Selanjutnya menghitung kebutuhan volume semen yang akan dibutuhkan untuk mix design

$$\text{Volume Semen} = \frac{\text{Jumlah Semen}}{\text{Berat Jenis Semen}}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{611}{3100} \\ &= 0,197 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

18. Selanjutnya adalah menghitung volume agregat kasar yang dibutuhkan untuk mix design

1. Untuk Pasir Muntilan

$$\begin{aligned} \text{Volume Agregat Kasar} &= \frac{\text{Berat agregat Kasar}}{\text{Berat jenis Agregat Kasar}} \\ &= \frac{1005}{2700} \\ &= 0,372 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Untuk Pasir *M-sand*

$$\begin{aligned} \text{Volume Agregat Kasar} &= \frac{\text{Berat agregat Kasar}}{\text{Berat jenis Agregat Kasar}} \\ &= \frac{928}{2700} \\ &= 0,343 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

19. Tahapan selanjutnya yaitu menentukan volume udara yang tersekap dalam pembuatan campuran beton atau mix design. Pada tabel 4.15 dapat dilihat untuk agregat kasar dengan ukuran 19,4 mm udara yang tersekap sebesar 2% atau 0,020 m<sup>3</sup>

20. Tahapan selanjutnya yaitu menghitung volume agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Volume Agregat Halus Pasir Muntilan} &= 1 - (\text{Volume Air} + \text{Volume Semen} \\ &+ \text{Volume Agregat kasar} + \text{Volume Udara}) \\ &= 1 - (0,1833 + 0,197 + 0,372 + 0,020) \\ &= 0,228 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Agregat Halus Pasir M-Sand} &= 1 - (\text{Volume Air} + \text{Volume Semen} + \\ &+ \text{Volume Agregat kasar} + \text{Volume Udara}) \\ &= 1 - (0,1833 + 0,197 + 0,343 + 0,020) \\ &= 0,257 \text{ m}^3 \end{aligned}$$





21. Tahapan ini yaitu menghitung agregat halus yang dibutuhkan dalam pembuatan mix design

Berat Agregat halus (Pasir Muntilan) = Volume Agregat Halus × Berat Jenis Pasir

$$= 0,228 \times 2674$$

$$= 609,672 \text{ kg/m}^3$$

Berat Agregat halus (M-Sand) = Volume Agregat Halus × Berat Jenis Pasir

$$= 0,257 \times 2710$$

$$= 696,470 \text{ kg/m}^3$$

22. Tahapan yang terakhir adalah menghitung total dari berat beton segar

Berat Beton Segar = Kadar Air Bebas + Berat Agregat kasar + Berat Agregat Halus + Jumlah Semen

$$= 183,3 + 1005 + 609,672 + 524$$

$$= 2396,3 \text{ kg/m}^3$$

Berat Beton Segar = Kadar Air Bebas + Berat Agregat kasar + Berat Agregat Halus + Jumlah Semen

$$= 183,3 + 928 + 696,470 + 524$$

$$= 2331,770 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 4.19 Tabel Rangkuman *Mix Design* Menggunakan Pasir Muntilan

| <i>Material</i>                      | <i>Weight/m<sup>3</sup> of</i> | <i>Actual , kg</i> |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|                                      | <i>Concrete , kg</i>           |                    |
| <i>Water</i>                         | 183                            | 12,609             |
| <i>Cement</i>                        | 611                            | 42,098             |
| <i>Natural Sand (Pasir Muntilan)</i> | 684                            | 47,128             |
| <i>Split 19,5 mm</i>                 | 1005                           | 69,245             |
| <i>Air Volume</i>                    | -                              | -                  |
| <i>Accelerating Admixture</i>        | -                              | 0,361              |

\*) untuk 12 buah benda uji silinder



Tabel 4.20 Tabel Rangkuman *Mix Design* Menggunakan *Manufacture Sand* (*M-sand*)

| <i>Material</i>               | <i>Weight/m<sup>3</sup> of</i> | <i>Actual , kg</i> |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|                               | <i>Concrete , kg</i>           |                    |
| <i>Water</i>                  | 183                            | 12,609             |
| <i>Cement</i>                 | 611                            | 42,098             |
| <i>Natural Sand (M-sand)</i>  | 771                            | 53,122             |
| <i>Split 19,5 mm</i>          | 928                            | 63,939             |
| <i>Air Volume</i>             | -                              | -                  |
| <i>Accelerating Admixture</i> | -                              | 0,361              |

\*) untuk 12 buah benda uji silinder

### 4.3. Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Jati Kencana Beton (JKB). Pada pembuatan benda uji dilakukan selama 2 hari dengan variabel sesuai dengan perencanaan penelitian ini.

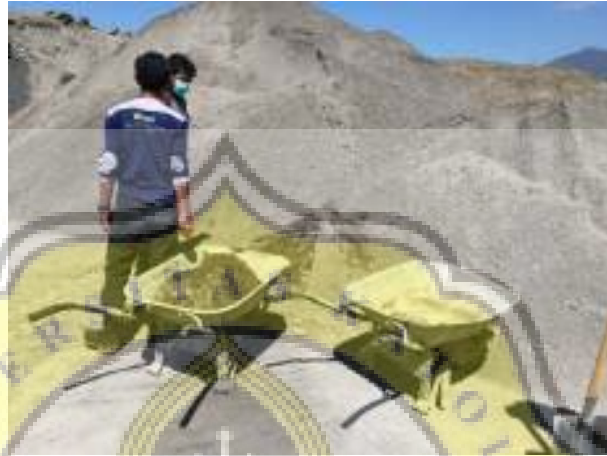
#### 4.3.1 Pembuatan Benda Uji Silinder

Pada pelaksanaan pembuatan silinder cetakan yang digunakan menggunakan cetakan dengan Ø15 cm dan tinggi 30cm. Pada pelaksanaannya direncanakan 2 variabel kadar yaitu 0% dan 1% sedangkan untuk pengujiannya kuat tekan ini melaksanakan pada 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari. Jadi untuk total benda uji pada penelitian ini membuat 48 benda uji silinder. Berikut merupakan tahapan tahapan dalam pembuatan benda uji silinder:

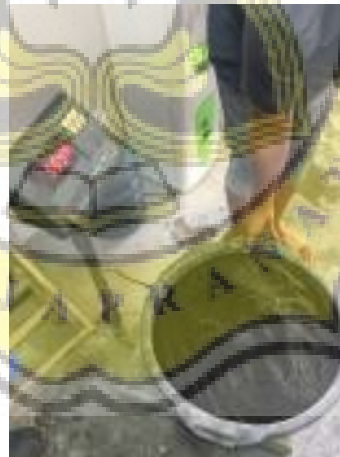
1. Tahap pertama yaitu menyiapkan alat alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji. Alat alat tersebut antara lain alat *slump*, cetakan silinder, sekop dan beberapa peralatan lainnya. Pada SNI 1972:2008 mengenai alat *slump test* yang digunakan dalam pembuatan beton , untuk alat *slump* yang digunakan antara lain alat *slump* yang terdiri dari kerucut abrams. Untuk kerucut abrams sendiri memiliki ukuran pada bagian bawah Ø203 mm dan bagian atas memiliki Ø102 mm , memiliki tinggi 305 mm serta memiliki ketebalan 1,5 mm. Untuk alat lainnya seperti batang penusuk



yang memiliki panjang 60 cm dan palu pukul untuk mempermudah pelaksanaan dalam pembuatan beton, sedangkan peralatan lain seperti sekop, gerobak material, dan ember. Gambar 4.41 Merupakan gerobak material untuk pengambilan agregat halus.



Gambar 4.41 Gerobak Material  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.42 Ember Untuk Penakaran Bahan Penyusun Beton

Sumber : Dokumentasi Pribadi

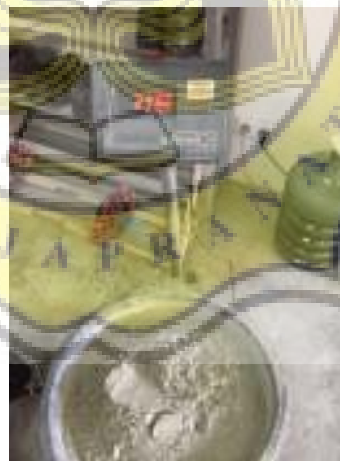


Gambar 4.43 Alat *Slump test*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan. Pada persiapannya maka menggunakan takaran seperti ember untuk agregat halus, agregat kasar dan semen. Untuk penakaran air dan *accelerating admixture* menggunakan gelas ukur dan ember sesuai dengan ukuran takarannya.

Gambar 4.44 Merupakan penakaran pada semen menggunakan ember.



Gambar 4.44 Penimbangan Semen Untuk Campuran Beton

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Setelah semen sudah ditakar sesuai dengan *mix design* yang direncanakan, tahapan selanjutnya adalah memasukkan agregat kasar, agregat halus dan



semen ke dalam *concrete mixer* yang berada di Laboratorium Jati Kencana Beton. Gambar 4.45 Bahan agregat halus, agregat kasar dan semen dituang di *concrete mixer*.



Gambar 4.45 *Concrete Mixer*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Memasukan takaran air sesuai dengan *mix design*. Pada tahapan masuknya air ini setelah agregat kasar, agregat halus dan semen masuk ke dalam *concrete mixer* dan diaduk agar beton merata. Gambar 4.46 Proses penimbangan air sebelum dimasukkan di *mixer concrete*.



Gambar 4.46 Penimbangan Air Untuk Campuran Beton

Sumber : Dokumentasi Pribadi



5. Tahapan selanjutnya yaitu penakaran *accelerating admixture* sesuai dengan variabel yang sesuai rencana. Pada penelitian ini menggunakan kadar 0% dan 1% sesuai dengan berat semen yang digunakan. Gambar 4.47 *Accelerating admixture* untuk bahan beton.



Gambar 4.47 *Accelerating Admixture* 1%

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.48 *Accelerating Admixture*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



6. Setelah campuran beton merata dari semua bahan yang digunakan selanjutnya melakukan pemeriksaan *slump test* dan *slump flow test*. Menurut dari SNI 1972:2008, *slump test* adalah suatu teknik untuk memantau homogenitas dan kemudahan pekerjaan (*workability*) adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dapat dinyatakan dalam satu nilai *slump*.

Tahapan dari *slump test* adalah :

- Mempersiapkan alat *slump* yang akan digunakan dan dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan,
- Beton segar yang berasal dari *concrete mixer* dimasukkan kedalam kerucut abrams dan dipadatkan dengan batang penusuk,
- Adukan beton yang berasal dari *concrete mixer* dimasukkan dalam 3 lapis, setiap lapis memiliki ketinggian  $\frac{1}{3}$  dari kerucut abrams. Setiap lapisan di tusuk tusuk menggunakan batang penusuk sebanyak 25 kali. Gambar 4.48 Menunjukkan proses *slump test* yang lapisannya ditusuk sebanyak 25 kali,



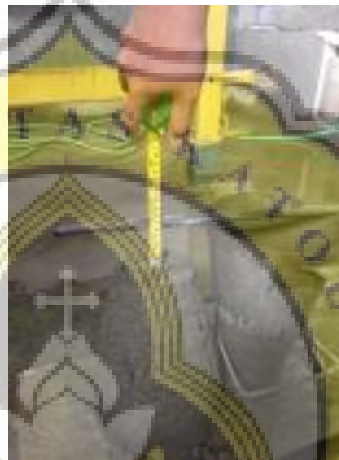
Gambar 4.49 Proses *Slump Test*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

- Tahapan selanjutnya meratakan bagian atas kerucut abrams,



- e. Selanjutnya mengangkat cetakan dan dibiarkan beberapa saat sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton,
- f. Tahap akhir yaitu mengukur penurunan yang terjadi dengan meteran. Nilai *slump* beton didapatkan dari tinggi alat *slump* dikurangi dengan tinggi beton setelah terjadi penurunan. Pada beton yang penelitian ini hasil *slump* yaitu 60 mm Pada gambar 4.49 Menunjukkan pengukuran nilai *slump test*.



Gambar 4.50 Pengukuran *Slump Test* Menggunakan Meteran

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tahapan Pengujian *Slump Flow Test* :

- a. Untuk pengujian *slump flow test* hampir sama dengan *slump test* tetapi yang membedakan yaitu jika *slump test* menggunakan tinggi jatuh beton tetapi jika *slump flow test* menggunakan persebaran jadi yang dipakai adalah diameter persebaran.

Tabel 4.21 Hasil dari *Slump Test* dan *Slump Flow Test*

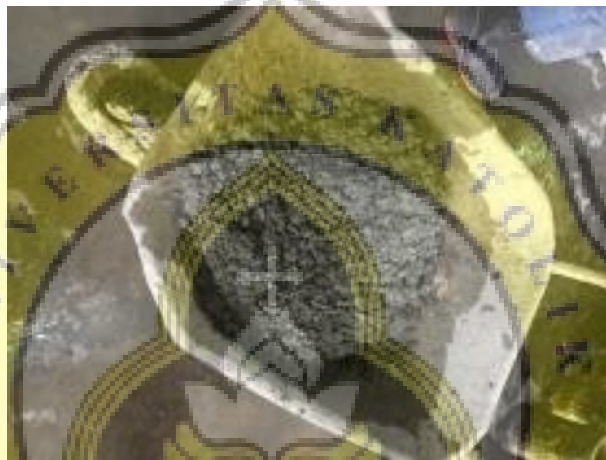
| Jenis Agregat Halus              | <i>Slump Test</i> (mm) | <i>Slump Flow Test</i> (cm) |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Pasir Muntilan 0%                | 60 mm                  | -                           |
| Manufactured Sand<br>(M-Sand) 0% | 60 mm                  | -                           |





|                                  |   |      |
|----------------------------------|---|------|
| Pasir Muntitan 1%                | - | Ø 60 |
| Manufactured Sand<br>(M-Sand) 1% | - | Ø 53 |

7. Setelah pengujian *slump test* maka selanjutnya beton segar di tempatkan di gerobak material untuk tahapan selanjutnya memasukan beton ke cetakan silinder. Gambar 4.51 Beton segar yang ditempatkan di gerobak material.



Gambar 4.51 Beton Segar di Gerobak Material

Sumber : Dokumentasi Pribadi

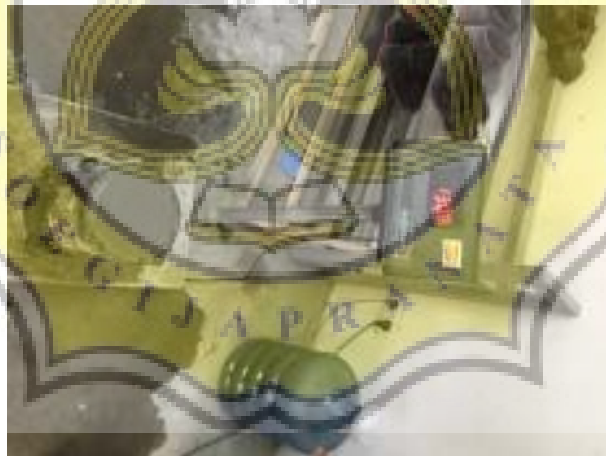
8. Setelah dimasukan di gerobak material maka tahapan selanjutnya dimasukan di silender dengan ukuran Ø15 cm dan Tinggi 30 cm. Gambar 4.52 Beton segar dari gerobak material dimasukan di cetakan silinder.



Gambar 4.52 Memasukan Beton Segar ke Cetakan Silinder

Sumber : Dokumentasi Pribadi

9. Setelah beton sudah dimasukan semua ke cetakan silinder maka tahapan selanjutnya penimbangan beton saat terisi adukan beton segar. Gambar 4.53 Menimbang beton segar



Gambar 4.53 Penimbangan Beton Segar

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.54 Beton Segar dan Cetakan Silinder

Sumber : Dokumentasi Pribadi

10. Setelah selesai maka diberi tanda atau nama pada permukaan beton sehingga beton tidak tertukar dengan beton lain.



Gambar 4.55 Penamaan Beton

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.4. Perawatan Benda Uji (Curing)

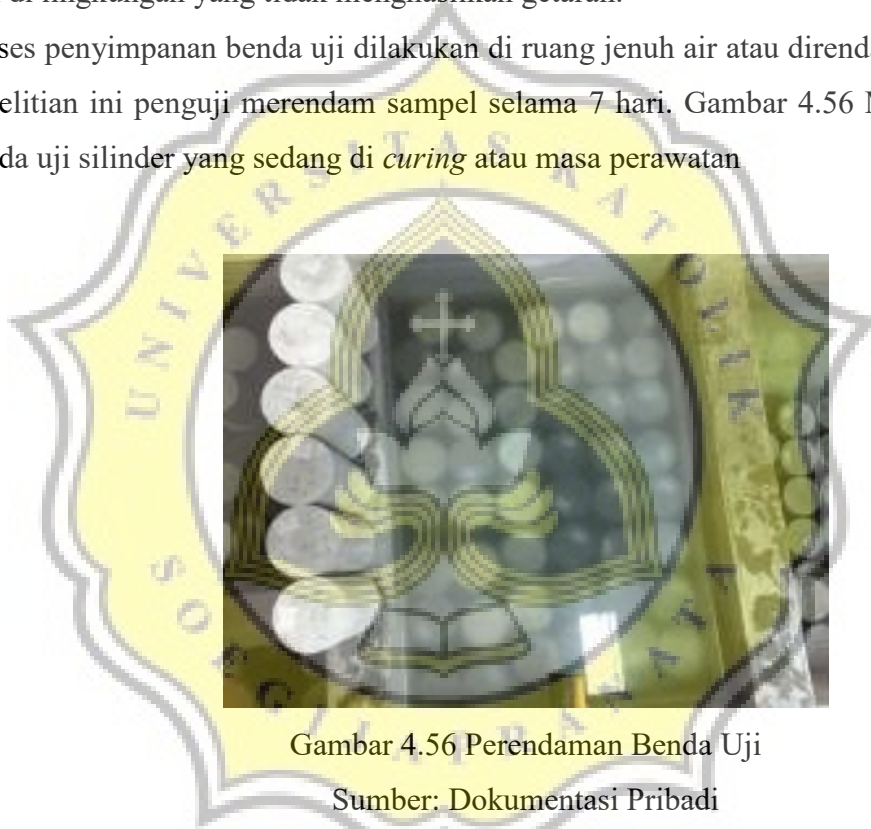
*Curing* / perawatan benda uji adalah proses merawat beton setelah selesai dicetak. Tujuan dari perawatan beton ini adalah untuk mengetahui reaksi hidrasi dari senyawa semen dengan seluruh material yang digunakan secara maksimal, jadi



tidak akan mengurangi dari mutu yang ingin dicapai dan juga menjaga kesusutan beton agar nilainya tidak terlalu tinggi.

Standard pelaksanaan pelaksanaan beton mengacu pada SNI 03-2493-2011 tentang tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. yaitu setelah 24 jam  $\pm$  8 jam setelah dilakukan pekerjaan pengecoran. Benda uji harus dibuka dan harus dirawat basah di suhu  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ . Perawatan dilakukan minimal 48 jam di lingkungan yang tidak menghasilkan getaran.

Proses penyimpanan benda uji dilakukan di ruang jenuh air atau direndam. Dalam penelitian ini pengujian merendam sampel selama 7 hari. Gambar 4.56 Merupakan benda uji silinder yang sedang di *curing* atau masa perawatan



Gambar 4.56 Perendaman Benda Uji

Sumber: Dokumentasi Pribadi

#### 4.5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini melakukan pengujian kuat tekan *beton* secara langsung yang kemudian dapat memberikan hasil nilai kuat tekan benda uji dengan cara pembacaan skala pada alat kuat tekan beton. Pengujian ini dilakukan pada umur 7,14,28 dan 56 hari di Laboratorium Jati Kencana Beton (JKB). Gambar 4.56 Menunjukkan alat kuat tekan beton di Laboratorium Jati Kencana Beton (JKB).



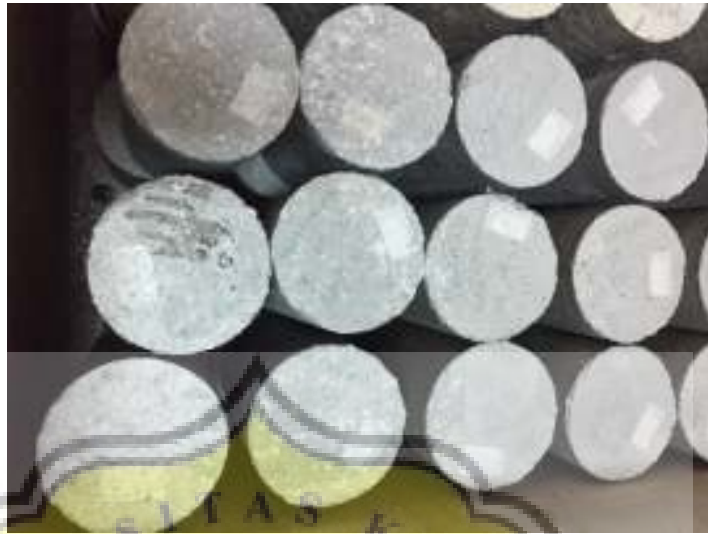
Gambar 4.57 Alat Kuat Tekan Beton

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.5.1. Tahapan Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada tahapan pengujian kuat tekan beton ini mengacu pada SNI 03-6815-2002 arti dari pengujian kuat tekan beton adalah untuk terpenuhinya spesifikasi kekuatan beton dan mengukur variabilitas beton. Variabilitas dalam karakteristik beton dan setiap bahan penyusun dari beton dapat menyebabkan variasi pada beton. Variasi dalam kekuatan beton dapat diterima dengan cara pembuatan benda uji beton yang berkualitas cukup dapat mengontrol yang baik dan hasil uji diinterpretasikan dengan akurat agar pembuatan beton berkualitas cukup baik, berikut merupakan tahapan tahapan dalam pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada penelitian ini.

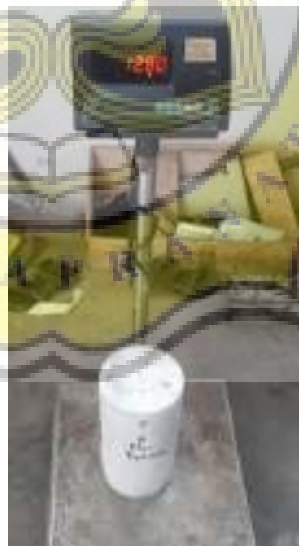
1. Setelah tahapan *curing* atau perawatan maka beton diangkat atau dijemur terlebih dahulu agar beton tidak basah saat pengujian kuat tekan beton. Gambar 4.57 menunjukkan penjemuran beton agar air yang didalam beton kering.



Gambar 4.58 Beton yang Dikeringkan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Menimbang berat benda uji silinder sebelum melakukan pengujian. Gambar 4.58 penimbangan benda uji silinder.



Gambar 4.59 Menimbang Benda Uji Silinder

Sumber : Dokumentasi Pribadi



3. Selanjutnya melapisi permukaan atas benda menggunakan belerang. Pelapisan ini menggunakan alat *vertical cylinder capping concrete*. Gambar 4.60 menunjukkan alat untuk membuat lapisan belerang



Gambar 4.60 Alat *Vertical Cylinder Capping Concrete*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Setelah tahapan capping selesai yaitu meletakkan benda uji di alat kuat tekan. Untuk pengujian benda uji sesuai dengan kode yang ini buat. Gambar 4.61 menunjukkan benda uji yang diletakan di alat kuat tekan.



Gambar 4.61 Pengujian Kuat Tekan

Sumber : Dokumentasi Pribadi



5. Menghidupkan mesin kuat tekan, selanjutnya menjalankan mesin kuat tekan dengan penambahan beban secara konstan.
6. Melakukan pembebanan sampai dengan benda uji runtuh atau pecah dan mencatat kuat tekan yang sesuai dengan pembacaan. Gambar 4.62 pengujian yang mengakibatkan beton pecah dan runtuh.



Gambar 4.62 Keretakan Pada Beton Saat Pengujian

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.5.2. Berat Dari Massa Volume Beton (Benda Uji Silinder)

Berat massa volume beton adalah perbandingan antara berat benda uji silinder beton yang ditimbang pada saat umur 28 hari dengan volume benda uji.

Contoh perhitungan berat massa volume beton benda uji silinder sebagai berikut:

1. Berat benda uji silinder Normal 1 = 12,9 kg

2. Perhitungan volume benda uji silinder

$$= \pi \times r^2 \times t$$

$$= \pi \times 0,075^2 \times 0,3$$

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

3. Perhitungan berat massa volume beton

$$= \frac{\text{Berat Benda Uji Silinder}}{\text{Volume Benda Uji Silinder}}$$





$$= \frac{12,9}{0,0053}$$
$$= 2433,962 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan berat massa volume beton tersebut, maka untuk perhitungan lainnya dapat dilihat pada Table 4.22.

Tabel 4.22 Berat Massa Volume Beton

| No | Umur Beton (Hari) | Normal/Viscocrete | Berat benda Uji (Kg) | Volume Benda Uji (m <sup>3</sup> ) | Berat Massa Volume Beton (Kg/m <sup>3</sup> ) | Berat Massa Volume Beton Rata Rata (Kg/m <sup>3</sup> ) |
|----|-------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|---|---|
| 1  | 28 Hari           | Normal 1 (MU)     | 12,9                 | 0,0053                             | 2433,962                                      | 2423,899  |
| 2  |                   | Normal 2 (MU)     | 12,87                | 0,0053                             | 2428,302                                      |   |
| 3  |                   | Normal 1 (MU)     | 12,77                | 0,0053                             | 2409,434                                      |   |
| 4  |                   | Normal 4 (MS)     | 13,07                | 0,0053                             | 2466,038                                      | 2462,893  |
| 5  |                   | Normal 5 (MS)     | 13,1                 | 0,0053                             | 2471,698                                      |   |
| 6  |                   | Normal 6 (MS)     | 12,99                | 0,0053                             | 2450,943                                      |   |
| 7  |                   | Viscocrete 1 (MU) | 13,7                 | 0,0053                             | 2584,906                                      | 2552,830  |
| 8  |                   | Viscocrete 2 (MU) | 13,5                 | 0,0053                             | 2547,170                                      |   |
| 9  |                   | Viscocrete 3 (MU) | 13,39                | 0,0053                             | 2526,415                                      |   |
| 10 |                   | Viscocrete 4 (MS) | 13,19                | 0,0053                             | 2488,679                                      | 2464,780  |
| 11 |                   | Viscocrete 5 (MS) | 13,1                 | 0,0053                             | 2471,698                                      |   |
| 12 |                   | Viscocrete 6 (MS) | 12,9                 | 0,0053                             | 2433,962                                      |   |

Berdasarkan Tabel 4.22 berat massa rata rata dapat dilihat di pojok kanan pada Tabel 4.22 dan dapat disimpulkan jenis beton pada penelitian ini adalah beton normal karena berat massa volume beton tersebut berada diantara 2200 kg/m<sup>3</sup> - 2500 kg/m<sup>3</sup>.



### 4.5.3. Hasil Dari Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan dalam penelitian ini menggunakan alat Universal Testing Machine yang dilakukan di Laboratorium Jati Kencana Beton. Pada kuat tekan beton ini didapatkan beban maksimum yaitu pada saat benda uji mengalami keruntuhan akibat penerimaan beban. Tahapan tahapan dalam perhitungan hasil kuat tekan seperti di bawah ini

#### 1. Beton Umur 7 Hari

a) Perhitungan luas penampang dari silinder (A)

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 150^2 \\ &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ &= 176,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan Pengertian :

A = Luas Penampang Benda Uji (cm<sup>2</sup>)

Π = Konstanta (3,14)

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

b) Perhitungan Kuat Tekan Benda Uji Silinder

$$\begin{aligned} 1. \text{ Pasir Muntilan } 0\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{403,333 \times 100}{176,71} \\ &= 228,246 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Pasir Muntilan } 1\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{623,333 \times 100}{176,71} \\ &= 352,744 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ M-Sand } 0\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{526,667 \times 100}{176,71} \\ &= 298,040 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 4. \text{ M-Sand 1\%} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\
 &= \frac{433,333 \times 100}{176,71} \\
 &= 245,223 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

c) Pengkorvesian Kuat Tekan dari Silinder ke Benda Uji Kubus

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Pasir Muntilan 0\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\
 &= \frac{228,246}{0,83} \\
 &= 274,995 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Pasir Muntilan 1\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\
 &= \frac{352,744}{0,83} \\
 &= 424,992 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ M-Sand 0\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\
 &= \frac{298,040}{0,83} \\
 &= 359,084 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ M-Sand 1\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\
 &= \frac{245,223}{0,83} \\
 &= 295,449 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka diketahui rata rata kuat tekan dari 4 benda uji silinder dapat dilihat di Tabel 4.23

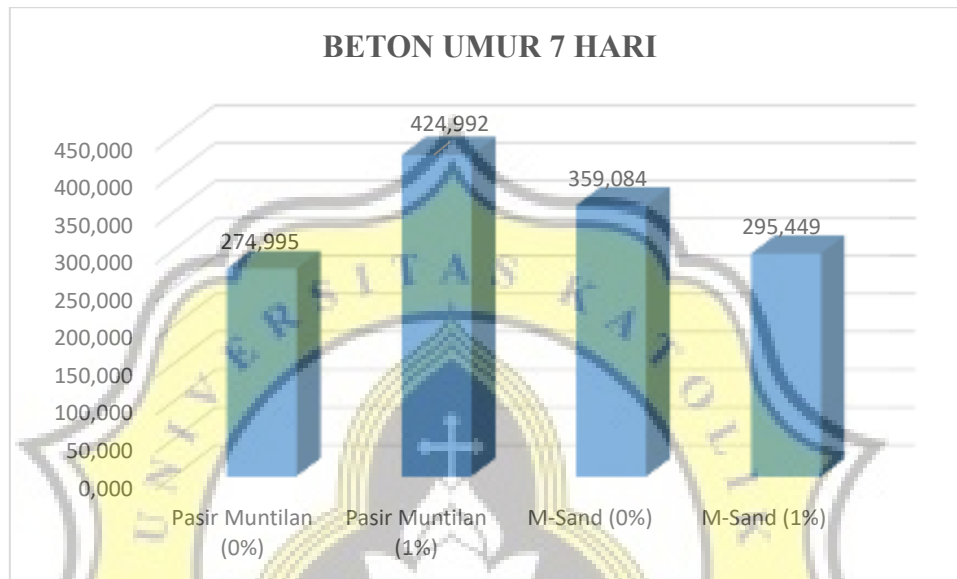
Tabel 4.23 Hasil Kuat Tekan Umur 7 hari

| Jenis beton         | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|---------------------|-------------------------|-----------------|------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                     |                         |                 |      |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Pasir Muntilan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7    | 12,553     | 403,333         | 228,246                        | 274,995                     |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7    | 12,940     | 623,333         | 352,744                        | 424,992                     |
| M-Sand (0%)         | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7    | 12,750     | 526,667         | 298,040                        | 359,084                     |
| M-Sand (1%)         | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7    | 12,873     | 433,333         | 245,223                        | 295,449                     |



Berdasarkan Tabel 4.23, maka didapatkan grafik yang memperlihatkan masing masing kekuatan dari beton. Grafik 4.26 Menunjukkan grafik kuat tekan selama 7 hari.

Grafik 4.6 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari



## 2. Beton Umur 14 Hari

a) Perhitungan luas penampang dari silinder (A)

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 150^2 \\ &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ &= 176,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan Pengertian :

A = Luas Penampang Benda Uji (cm<sup>2</sup>)

Π = Konstanta (3,14)

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

b) Perhitungan Kuat Tekan Benda Uji Silinder

$$1. \text{ Pasir Muntilan } 0\% = \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A}$$



$$= \frac{463,333 \times 100}{176,71}$$

$$= 262,200 \text{ kg/cm}^2$$

2. Pasir Muntilan 1% =  $\frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A}$

$$= \frac{626,667 \times 100}{176,71}$$

$$= 354,630 \text{ kg/cm}^2$$

3. M-Sand 0% =  $\frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A}$

$$= \frac{563,333 \times 100}{176,71}$$

$$= 318,790 \text{ kg/cm}^2$$

4. M-Sand 1% =  $\frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A}$

$$= \frac{523,333 \times 100}{176,71}$$

$$= 296,154 \text{ kg/cm}^2$$

c) Pengkorvesian Kuat Tekan dari Silinder ke Benda Uji Kubus

1. Pasir Muntilan 0% =  $\frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83}$

$$= \frac{262,200}{0,83}$$

$$= 315,903 \text{ kg/cm}^2$$

2. Pasir Muntilan 1% =  $\frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83}$

$$= \frac{354,630}{0,83}$$

$$= 427,265 \text{ kg/cm}^2$$

3. M-Sand 0% =  $\frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83}$

$$= \frac{318,790}{0,83}$$

$$= 384,084 \text{ kg/cm}^2$$

4. M-Sand 1% =  $\frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83}$

$$= \frac{296,154}{0,83}$$



$$= 356,812 \text{ kg/cm}^2$$

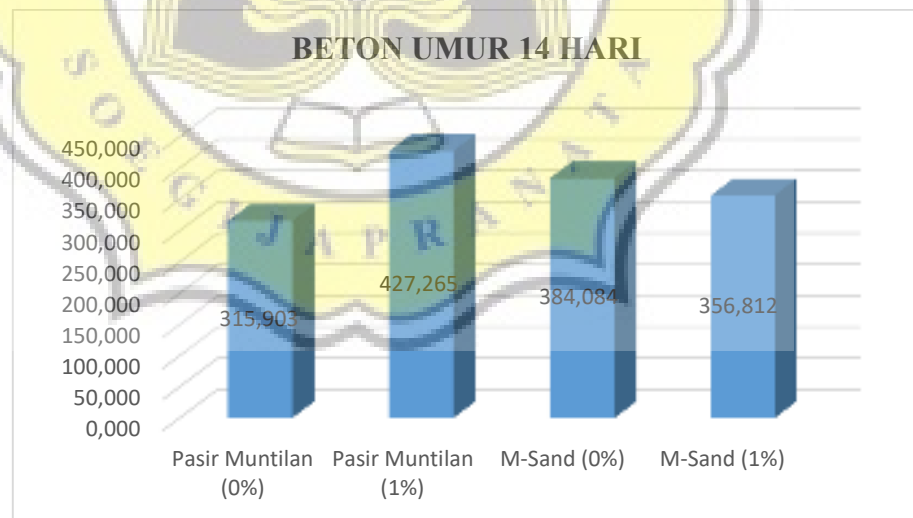
Dari perhitungan tersebut maka diketahui rata rata kuat tekan dari 4 benda uji silinder dapat dilihat di Tabel 4. 24

Tabel 4.24 Hasil Kuat Tekan Umur 14 hari

| Jenis beton         | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|---------------------|-------------------------|-----------------|------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                     |                         |                 |      |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Pasir Muntilan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14   | 12,770     | 463,333         | 262,200                        | 315,903                     |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14   | 12,847     | 626,667         | 354,630                        | 427,265                     |
| M-Sand (0%)         | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14   | 12,733     | 563,333         | 318,790                        | 384,084                     |
| M-Sand (1%)         | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14   | 13,033     | 523,333         | 296,154                        | 356,812                     |

Berdasarkan Tabel 4.24, maka didapatkan grafik yang memperlihatkan masing masing kekuatan dari beton. Grafik 4.7 Menunjukkan grafik kuat tekan selama 14 hari.

Grafik 4.7 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari



### 3. Beton Umur 28 Hari

- Perhitungan luas penampang dari silinder (A)



$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 150^2 \\ &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ &= 176,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan Pengertian :

A = Luas Penampang Benda Uji (cm<sup>2</sup>)

Π = Konstanta (3,14)

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

b) Perhitungan Kuat Tekan Benda Uji Silinder

$$\begin{aligned} 1. \text{ Pasir Muntilan } 0\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{466,667 \times 100}{176,71} \\ &= 264,086 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Pasir Muntilan } 1\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{683,333 \times 100}{176,71} \\ &= 386,698 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ M-Sand } 0\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{673,333 \times 100}{176,71} \\ &= 381,039 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ M-Sand } 1\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{533,333 \times 100}{176,71} \\ &= 301,813 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

d) Pengkorvesian Kuat Tekan dari Silinder ke Benda Uji Kubus

$$\begin{aligned} 1. \text{ Pasir Muntilan } 0\% &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{264,086}{0,83} \\ &= 318,176 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 2. \text{ Pasir Muntlan 1\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{386,698}{0,83} \\ &= 465,901 \text{ kg/cm}^2 \\ 3. \text{ M-Sand 0\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{381,039}{0,83} \\ &= 459,083 \text{ kg/cm}^2 \\ 4. \text{ M-Sand 1\%} &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{301,813}{0,83} \\ &= 363,630 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka diketahui rata rata kuat tekan dari 4 benda uji silinder dapat dilihat di Tabel 4.25

Tabel 4.25 Hasil Kuat Tekan Umur 28 hari

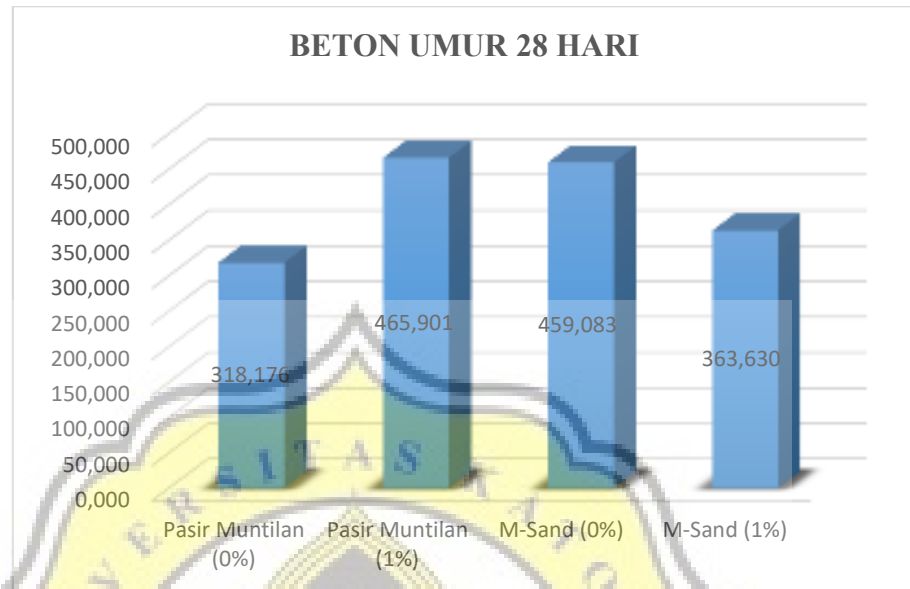
| Jenis beton        | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|--------------------|-------------------------|-----------------|------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                    |                         |                 |      |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Pasir Muntlan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28   | 12,847     | 466,667         | 264,086                        | 318,176                     |
| Pasir Muntlan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28   | 13,530     | 683,333         | 386,698                        | 465,901                     |
| M-Sand (0%)        | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28   | 13,053     | 673,333         | 381,039                        | 459,083                     |
| M-Sand (1%)        | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28   | 13,063     | 533,333         | 301,813                        | 363,630                     |

Berdasarkan Tabel 4.25, maka didapatkan grafik yang memperlihatkan masing masing kekuatan dari beton. Grafik 4.6 Menunjukkan grafik kuat tekan selama 28 hari.





Grafik 4.8 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari



#### 4. Beton Umur 56 Hari

a) Perhitungan luas penampang dari silinder (A)

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 150^2 \\ &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ &= 176,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan Pengertian :

A = Luas Penampang Benda Uji (cm<sup>2</sup>)

Π = Konstanta (3,14)

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

b) Perhitungan Kuat Tekan Benda Uji Silinder

$$\begin{aligned} 1. \text{ Pasir Muntilan } 0\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{533,333 \times 100}{176,71} \\ &= 301,813 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 2. \text{ Pasir Muntilan } 1\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{706,667 \times 100}{176,71} \\ &= 399,902 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ M-Sand } 0\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{736,667 \times 100}{176,71} \\ &= 416,879 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ M-Sand } 1\% &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 100}{A} \\ &= \frac{521,667 \times 100}{176,71} \\ &= 295,211 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

c) Pengkorvesian Kuat Tekan dari Silinder ke Benda Uji Kubus

$$\begin{aligned} 1. \text{ Pasir Muntilan } 0\% &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{301,813}{0,83} \\ &= 363,630 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Pasir Muntilan } 1\% &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{399,902}{0,83} \\ &= 481,810 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ M-Sand } 0\% &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{416,879}{0,83} \\ &= 502,264 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ M-Sand } 1\% &= \frac{\text{Kuat Tekan Benda Uji Silinder}}{0,83} \\ &= \frac{295,211}{0,83} \\ &= 355,675 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



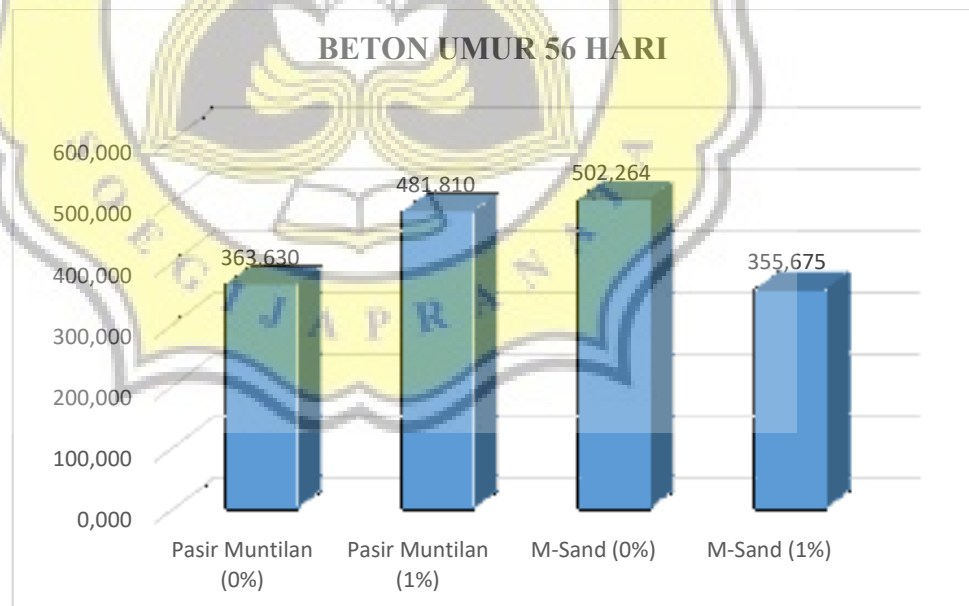
Dari perhitungan tersebut maka diketahui rata rata kuat tekan dari 4 benda uji silinder dapat dilihat di Tabel 4.26

Tabel 4.26 Hasil Kuat Tekan Umur 56 hari

| Jenis beton         | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|---------------------|-------------------------|-----------------|------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                     |                         |                 |      |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Pasir Muntilan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56   | 12,963     | 533,333         | 301,813                        | 363,630                     |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56   | 12,927     | 706,667         | 399,902                        | 481,810                     |
| M-Sand (0%)         | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56   | 13,543     | 736,667         | 416,879                        | 502,264                     |
| M-Sand (1%)         | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56   | 13,087     | 521,667         | 295,211                        | 355,675                     |

Berdasarkan Tabel 4.26, maka didapatkan grafik yang memperlihatkan masing masing kekuatan dari beton. Grafik 4.9 Menunjukkan grafik kuat tekan selama 56 hari.

Grafik 4.9 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 56 Hari





#### 4.5.4 Pengujian Beton Sesuai Jenis Agregat Halus yang Digunakan

Pada penelitian ini digunakan 2 jenis agregat halus yaitu pasir muntlan dan *M-sand* berikut hasil dari penelitian yang dilakukan.

##### 1. Pasir Muntlan 0%

Tabel 4.27 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntlan 0%)

| Jenis beton        | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur    | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|--------------------|-------------------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                    |                         |                 |         |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Pasir Muntlan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7 hari  | 12,553     | 403,333         | 228,246                        | 274,995                     |
| Pasir Muntlan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14 hari | 12,770     | 463,333         | 262,200                        | 315,903                     |
| Pasir Muntlan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28 hari | 12,847     | 466,667         | 264,086                        | 318,176                     |
| Pasir Muntlan (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56 hari | 12,963     | 533,333         | 301,813                        | 363,630                     |

Grafik 4.10 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntlan 0%)



Kesimpulan dari kuat tekan beton menggunakan pasir muntlan 0% pada umur 7 hari sebesar K-274 kg/cm<sup>2</sup> dan pada umur 28 hari naik sebesar K-318 kg/cm<sup>2</sup>.



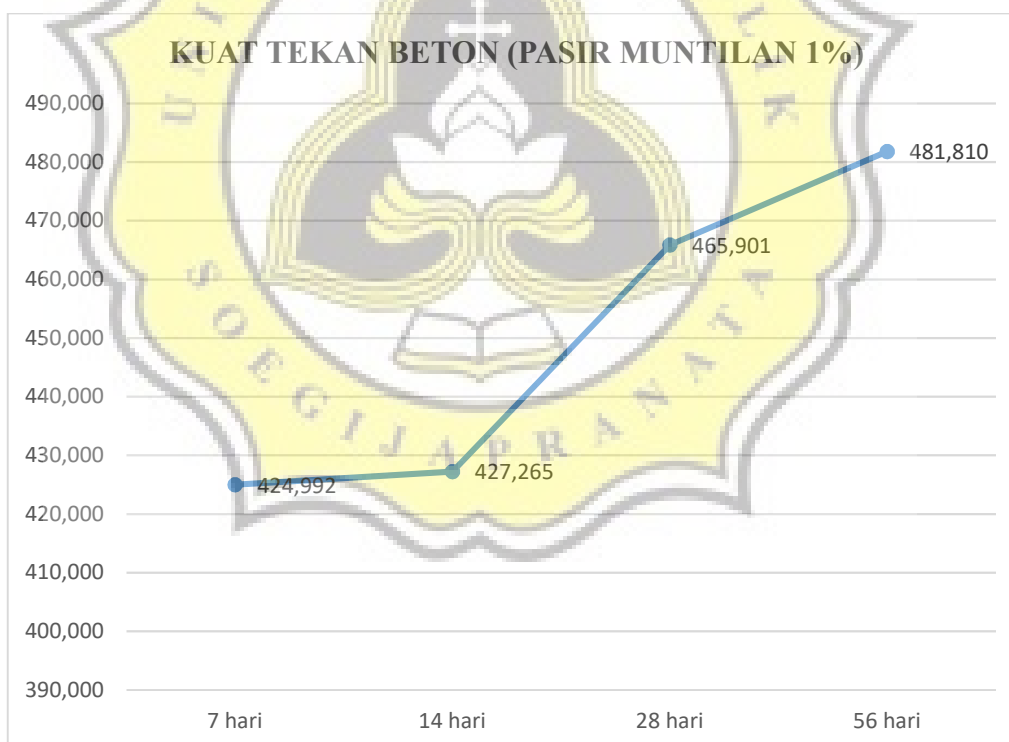
Setelah diuji pada umur 56 hari tetap naik sebesar  $K-363 \text{ kg/cm}^2$  tetapi tidak sesuai target yaitu  $f_c'35$  atau  $K-421 \text{ kg/cm}^2$ .

## 2. Pasir Muntilan 1%

Tabel 4.28 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 1%)

| Jenis beton         | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur    | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|---------------------|-------------------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                     |                         |                 |         |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7 hari  | 12,940     | 623,333         | 352,744                        | 424,992                     |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14 hari | 12,847     | 626,667         | 354,630                        | 427,265                     |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28 hari | 13,530     | 683,333         | 386,698                        | 465,901                     |
| Pasir Muntilan (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56 hari | 12,927     | 706,667         | 399,902                        | 481,810                     |

Grafik 4.11 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (Muntilan 1%)



Kesimpulan dari kuat tekan beton menggunakan pasir muntilan 1% pada umur 7 hari sebesar  $K-424 \text{ kg/cm}^2$  dan pada umur 28 hari naik sebesar  $K-465 \text{ kg/cm}^2$ . Setelah diuji pada umur 56 hari tetap naik sebesar  $K-481 \text{ kg/cm}^2$ . Untuk beton



percepatan maka percobaan ini berhasil karena pada umur 7 hari dapat menembus sesuai target yaitu  $f_c' 35$  atau K- 421 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3. Pasir *Manufacture Sand* (M-Sand 0%)

Tabel 4.29 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (*M-sand* 0%)

| Jenis beton | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur    | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|-------------|-------------------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|             |                         |                 |         |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| M-Sand (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7 hari  | 12,750     | 526,667         | 298,040                        | 359,084                     |
| M-Sand (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14 hari | 12,733     | 563,333         | 318,790                        | 384,084                     |
| M-Sand (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28 hari | 13,053     | 673,333         | 381,039                        | 459,083                     |
| M-Sand (0%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56 hari | 13,543     | 736,667         | 416,879                        | 502,264                     |

Grafik 4.12 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (*M-sand* 0%)



Kesimpulan dari kuat tekan beton menggunakan *M-sand* 0% pada umur 7 hari sebesar K-359 kg/cm<sup>2</sup> dan pada umur 28 hari naik sebesar K-459 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah diuji pada umur 56 hari tetap naik menjadi sebesar K-502 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk beton



percobaan ini berhasil karena pada umur 28 hari dapat menembus sesuai target yaitu  $f_c' 35$  atau K- 421 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4. Pasir *Manufacture Sand* (*M-sand* 1%)

Tabel 4.30 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (*M-sand* 1%)

| Jenis beton | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Ukuran Silinder | Umur    | Berat (kg) | Gaya Tekan (kN) | KUAT TEKAN                     |                             |
|-------------|-------------------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
|             |                         |                 |         |            |                 | Silinder (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kubus (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| M-Sand (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 7 hari  | 12,873     | 433,333         | 245,223                        | 295,449                     |
| M-Sand (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 14 hari | 13,033     | 523,333         | 296,154                        | 356,812                     |
| M-Sand (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 28 hari | 13,063     | 533,333         | 301,813                        | 363,630                     |
| M-Sand (1%) | 176,71                  | Ø 15 , t = 30   | 56 hari | 13,087     | 521,667         | 295,211                        | 355,675                     |

Grafik 4.13 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Jenis Pasir (*M-sand* 1%)



Kesimpulan dari kuat tekan beton menggunakan *M-sand* 1% pada umur 7 hari sebesar K-295 kg/cm<sup>2</sup> dan pada umur 28 hari naik sebesar K-363 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah diuji pada umur 56 hari turun menjadi sebesar K-355 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk beton percobaan ini tidak berhasil karena pada umur 28 hari dapat menembus sesuai target



yaitu  $f_c' 35$  atau K- 421 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk *M-sand* yang digunakan ini mengalami penurunan pada saat pengujian 56 hari karena berbagai faktor salah satunya karena jika *M-sand* dicampur menggunakan akselerator maka akan mengalami *bleeding* sehingga banyak rongga dan mengakibatkan penurunan kuat tekan.

#### 4.6. Pola keretakan Pada Beton Setelah Pengujian

Pada pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder maka dapat diketahui pola retak yang terjadi saat beton terkena gaya tekan aksial. Gambar 4.63 Menunjukkan pola retak yang terjadi pada benda uji silinder.



Gambar 4.63 Keretakan Benda Uji Pasir Muntlan 0% umur 7 Hari  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.64 Keretakan Benda Uji Pasir Muntlan 1% umur 14 Hari  
Sumber : Dokumentasi Pribadi





Gambar 4.65 Keretakan Benda Uji *M-sand* 1% umur 14 Hari

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.66 Keretakan Benda Uji *M-sand* 0% umur 14 Hari

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.67 Keretakan Benda Uji Pasir Muntlan 1% umur 28 Hari

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.68 Rongga Pada Benda Uji M-Sand 1%

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka dapat disimpulkan pola keretakan yang terjadi hampir seragam pada bagian samping lalu secara diagonal membelah benda uji silinder. Untuk benda uji yang menggunakan pasir muntilan keretakan terjadi arah vertikal sedangkan untuk benda uji yang menggunakan *manufacture sand* (*M-sand*) keretakan terjadi pada banyak area di benda uji karena dikarenakan benda uji *manufacture sand* (*M-sand*) menggunakan kadar 1% mengalami *bleeding* dan banyak rongga di dalam benda uji.



Gambar 4.69 *Bleeding* Pada Benda Uji *M-sand* 1%

Sumber : Dokumentasi Pribadi



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini didapat dari kajian kuat tekan beton (umur 7, 14, 28, dan 56 hari), agregat halus (Semen, Pasir Muntilan dan *Manufactured-sand (M-Sand)*), agregat kasar (*split*), dan kadar *AA (Accelerating Admixture)* terhadap kuat tekan beton.

1. Pengujian ini memiliki kuat tekan rencana  $f'_c$  35 MPa, pada pengujian kuat tekan umur 28 hari pasir muntilan 0% memiliki kuat tekan rata rata 26,41 MPa. Untuk pasir muntilan *AA* 1% 38,67 MPa, sedangkan *M-Sand* 0% 38,10 MPa dan *M-Sand AA* 1% 30,18 MPa.
2. Agregat halus mempunyai modulus kehalusan 3,25 untuk pasir *M-Sand* termasuk jenis pasir kasar dan 2,50 untuk pasir Muntilan yang termasuk kategori pasir halus.
3. Agregat halus *M-Sand* memiliki kadar air sebesar 4,1 % dan Pasir Muntilan sebesar 11,1%
4. Agregat halus pasir *M-Sand* dapat digunakan sebagai agregat halus pada beton akan tetapi pasir *M-Sand* memiliki modulus kehalusan 3,25 sehingga termasuk jenis pasir kasar yang memiliki daya lekat antar butir yang sangat lemah yang menyebabkan berkurangnya kuat hancur beton.
5. Agregat halus pasir Muntilan juga dapat digunakan sebagai agregat halus pada beton dengan modulus kehalusan sebesar 2,50 yang termasuk pasir halus. Namun menyebabkan bertambahnya kuat hancur beton.
6. Agregat kasar memiliki keausan 33,35% pada uji *Los Angeles* yang artinya memenuhi syarat fisik kerikil menurut PUBI (Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia) 1982 pasal 12 yaitu tidak lebih dari 50% dan bisa digunakan sebagai agregat kasar bangunan.
7. Penggunaan *AA* untuk agregat halus Pasir Muntilan dan *M-Sand* pada penelitian ini menghasilkan:



- a) Pasir muntitan yang menggunakan 1% AA dapat digunakan untuk perkerasan kaku dalam kasus perkerasan jalan raya karena sudah mencapai umur 100% pada umur 7 hari.
  - b) Untuk pasir *M-Sand* 1% terjadi *bleeding* dan *segregasi* dalam pelaksanaan pembuatan beton, sehingga untuk *M-sand* 1% tidak memenuhi syarat.
  - c) Pada umur beton 56 hari Pasir Muntitan 0%, 1% dan *M-Sand* 0% mengalami kenaikan kuat tekan, tetapi pada *M-Sand* 1% mengalami penurunan kuat tekan karena terjadi *bleeding* dan *segregasi* sehingga kuat tekan menurun pada 56 hari.
8. Pada hasil konversi dari kuat tekan ke Flt (kuat lentur, dalam MPa) memiliki hasil sebagai berikut:
- a. Pada umur 7 hari kuat tekan tertinggi (Pasir Muntitan 1%)  
 $Flt = 0,62 \sqrt{34,5} = 3,64 < 4,4$  (belum memenuhi syarat)
  - b. Pada umur 14 hari kuat tekan tertinggi (Pasir Muntitan 1%)  
 $Flt = 0,62 \sqrt{34,7} = 3,65 < 4,4$  (belum memenuhi syarat)
  - c. Pada umur 28 hari kuat tekan tertinggi (Pasir Muntitan 1%)  
 $Flt = 0,62 \sqrt{37,8} = 3,81 < 4,4$  (belum memenuhi syarat)
  - d. Pada umur 56 hari kuat tekan tertinggi (*M-Sand* 0%)  
 $Flt = 0,62 \sqrt{40,7} = 3,9 < 4,4$  (belum memenuhi syarat)

Jadi, untuk pengujian kuat lentur, pada penelitian ini yang menggunakan ACI 318, maka tidak memenuhi 45 kg/cm<sup>2</sup> atau 4,4 Mpa. Tetapi jika memakai SNI T-15-1991-03 maka pada 56 hari memenuhi syarat 45 kg/cm<sup>2</sup> atau 4,4 Mpa.

## 5.2. Saran

Pada penelitian ini, penulis juga menyadari masih perlunya beberapa perbaikan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penggunaan agregat halus *M-sand* harus dicampur dengan finer agar untuk percepatan beton yang menggunakan *M-Sand* tidak terjadi *bleeding* dan *segregasi*.



2. Menggunakan *AA* dengan merk lain atau produk yang dapat lebih mengurangi air (*water reduce*) yang lebih tinggi sehingga mutu beton lebih baik.
3. Dalam penelitian ini apabila perhitungan kuat lentur mengacu pada ACI 318 tidak memenuhi 45 kg/cm<sup>2</sup> atau 4,4 MPa, jika pada penelitian selanjutnya menginginkan kuat lentur yang diharapkan, maka mutu beton harus dinaikkan.





## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C33-39 *Standart test method for materials, Spesific gravity and absorbtion of coarse aggregate*, Annual Books of ASTM Standarts, USA, 2002.  
<https://lauwtjunnji.weebly.com/gradasi--agregat-kasar.html>
- ASTM C136 *Standart test method for materials, Spesific gravity and absorbtion of coarse aggregate*, Annual Books of ASTM Standarts, USA, 2002.  
<https://www.scribd.com/document/365810022/ASTM-C136-C136M-14-Standard-Test-Method-for-Sieve-Analysis-of-Fine-and-Coarse-Aggregates>
- ASTM C33-74a *Standart test method for materials, Spesific gravity and absorbtion of coarse aggregate*, Annual Books of ASTM Standarts, USA, 2002.  
[https://books.google.co.id/books?id=BC2zOvfWqL8C&pg=PA143&lp\\_g=PA143&dq=ASTM+C33-74a&source=bl&ots=KLtJ1ewGCV&sig=ACfU3U2tk428FzD7pkZwQIPdaQmHeJx8Q&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjb2tmb053mAhVTfisKHedGAqYQ6AEwCnoECAoQAQ#v=onepage&q=ASTM%20C33-74a&f=false](https://books.google.co.id/books?id=BC2zOvfWqL8C&pg=PA143&lp_g=PA143&dq=ASTM+C33-74a&source=bl&ots=KLtJ1ewGCV&sig=ACfU3U2tk428FzD7pkZwQIPdaQmHeJx8Q&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjb2tmb053mAhVTfisKHedGAqYQ6AEwCnoECAoQAQ#v=onepage&q=ASTM%20C33-74a&f=false)
- ASTM C 142 *Standart test method for materials, Spesific gravity and absorbtion of coarse aggregate*, Annual Books of ASTM Standarts, USA, 2002.  
<https://standards.globalspec.com/std/10158699/astm-c142-c142m>
- BSN, 2008. *Cara Uji Slump Beton*, SNI 1972:2008, Badan Standadisasi Nasional, Jakarta.  
[https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/sni-1972-2008\\_cara\\_uji\\_slump\\_beton.pdf](https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/sni-1972-2008_cara_uji_slump_beton.pdf)
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles, SNI 03-2417-2008.



[https://imsippoliban.files.wordpress.com/2016/03/5368\\_sni-2417\\_2008.pdf](https://imsippoliban.files.wordpress.com/2016/03/5368_sni-2417_2008.pdf)

Mannuela, Johanna Indah dan Novita Chayaningtyas. 2018. *Kajian Kuat Lentur Balok Beton Komposit Dengan Angkur Baja Tulangan*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Nugroho, Eko Hindaryanto. 2010. *Analisa Porositas dan Permaabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash Untuk Perkerasan kaku (Rigid Pavement)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

<https://www.scribd.com/document/332126633/155982308201010381>

Riduan, dkk. *Studi Kuat Tekan Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Terhadap Variasi Saringan Agregat Kasar*.

<https://media.neliti.com/media/publications/192943-ID-studi-kuat-tekan-dan-kuat-lentur-beton-p.pdf>.

Saifudidin, Muhammad Ikhsan. 2012. “*Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton*”. Tugas Akhir, Universitas Pasir Pengaraian, Riau.

<http://e-journal.upp.ac.id/index.php/mhsteknik/article/view/201>

SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Bandung. Badan Standarisasi Nasional.

<https://www.slideshare.net/087890737245/21376-sni>

1520492004semenportland

SNI 2493-2011. *Tentang Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Beton Uji di Laboratorium*.

<http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/115>

SNI 2847 : 2013 – Peraturan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung

<https://www.slideshare.net/MiraPemayun/sni-2847-2013>

Yulianto, Herry dan Sylviana Dewi Sulaksono. 2019. *Kajian Kuat Tekan Beton dengan Material Koral, Pasir Putih dan Bahan Tambah Polymer*



*Concrete (Polcon)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.





Submission author:  
15b10028 DONY ASPRILLA ARNANDA

Check ID:  
15185119

Check date:  
08.12.2019 16:00:03 GMT+0

Check type:  
Doc vs Internet + Library

Report date:  
09.12.2019 05:26:07 GMT+0

User ID:  
30736



File name: 15.B1.0028\_15.B1.0031\_Dony Asprilla\_Evan Urianda.docx

File ID: 19464372 Page count: 31 Word count: 18622 Character count: 127134 File size: 556.36 KB

## 7.66% Matches

Highest match: 1.65% with library source. File ID: 6855268

|                        |    |         |
|------------------------|----|---------|
| 1.66% Internet Matches | 26 | Page 33 |
| 7.02% Library matches  | 84 | Page 34 |

## 9.52% Quotes

|                     |    |         |
|---------------------|----|---------|
| Quotes              | 61 | Page 35 |
| No references found |    |         |

## 5.12% Exclusions

Sources less than 8 words were automatically excluded

|                           |    |         |
|---------------------------|----|---------|
| 3.84% Internet exclusions | 40 | Page 36 |
| 1.28% Library exclusions  | 5  | Page 37 |

## Replacement

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Character replacement | 2 |
|-----------------------|---|