



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PENGARUH MIKROBA DAN *FLY ASH* PADA *MIX DESIGN* BETON NORMAL DALAM PENINGKATAN MUTU BETON.**

ADLIZIE RIFKIANDA M.  
NRP. 03111540000144

Dosen Pembimbing 1  
Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT.

Dosen Pembimbing 2  
Ir. Aman Subakti, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019.









TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PENGARUH MIKROBA DAN *FLY ASH* PADA *MIX DESIGN* BETON NORMAL DALAM PENINGKATAN MUTU BETON.**

ADLIZIE RIFKIANDA M.  
NRP. 03111540000144

Dosen Pembimbing 1  
Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT.

Dosen Pembimbing 2  
Ir. Aman Subakti, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019





FINAL PROJECT – RC18-4831

**THE EFFECT OF MICROBES AND FLY ASH TO MIX  
DESIGN NORMAL CONCRETE TO IMPROVE  
CONCRETE QUALITY.**

ADLIZIE RIFKIANDA M.  
NRP. 03111540000144

Supervisor 1:  
Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT.

Supervisor 2:  
Ir. Aman Subakti, MS.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering, Environment and Earth  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019





**PENGARUH MIKROBA DAN *FLY ASH* PADA *MIX DESIGN* BETON NORMAL DALAM PENINGKATAN MUTU BETON.**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Oleh:

**ADLIZIE RIFKIANDA M**  
NRP. 03111540000144

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT
2. Ir. Aman Subakti, MS



**SURABAYA**  
**AGUSTUS, 2019**

Halaman ini sengaja dikosongkan

# **PENGARUH MIKROBA DAN FLY ASH PADA MIX DESIGN BETON NORMAL DALAM PENINGKATAN MUTU BETON**

**Nama Mahasiswa** : Adlizie Rifkianda M  
**NRP** : 03111540000144  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** :  
**1. Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT.**  
**2. Ir. Aman Subakti, MS.**

## **Abstrak**

*Penelitian ini berdasarkan fly ash dan mikroba untuk mengurangi penggunaan semen. Dasar fly ash untuk aplikasi pengurangan semen pada beton, peningkatan kuat tekan beton dan mengurangi panas hidrasi beton. Mikroba untuk aplikasi peningkatan kuat tekan beton mengandung fly ash. Fly ash kelas F dikumpulkan dari PT. Petrokimia Gresik, Gresik, Indonesia. Bakteri/mikroba yang digunakan adalah sporosacina pasteurii yang didapatkan dari Bioconc, Sidoarjo, Jawa Timur. Perencanaan mix design dengan metode DOE untuk mendapatkan komposisi materialnya dengan kuat tekan rencana adalah 25 MPa, 30 MPa, 45 MPa. Fly ash diaplikasikan untuk menggantikan berat semen sebesar 20%, 30%, 40%, 50%. Kadar mikroba yang digunakan adalah 400 ml/m<sup>3</sup> beton. Pengujian mekanik dilakukan uji tekan dan tarik belah, sedangkan uji beton segar dilakukan untuk mengamati workability dan panas hidrasi beton. Dari hasil penelitian didapatkan tiga kuat tekan beton tertinggi pada umur 28 hari (40F25M, 40F30M, 30F45M) secara berurutan adalah 48,48 MPa, 48,47 MPa, 54,01 MPa. Kuat tekan optimum diperoleh jika fly ash diaplikasikan sebesar 30% terhadap berat semen untuk  $f'c = 25$  dan 30 MPa. Untuk  $f'c = 45$  MPa kuat tekan optimum diperoleh jika fly ash diaplikasikan sebesar 40% dari berat semen. Jika ada mikroba maka fly ash bisa ditingkatkan menjadi 40% untuk mendapatkan kuat tekan optimal. Didapatkan bahwa kuat*

*tekan belah meningkat dengan adanya aplikasi fly ash dan mikroba. Panas hidrasi dalam beton berkurang seiring berapa persen penggunaan fly ash dalam beton.*

***Kata Kunci: Fly Ash, Mikroba, Mix Design, Panas Hidrasi, Kuat Tekan Beton.***

# THE EFFECT OF MICROBA AND FLY ASH TO MIX DESIGN NORMAL CONCRETE TO IMPROVE CONCRETE QUALITY.

**Name** : Adlizie Rifkianda M  
**NRP** : 03111540000144  
**Department** : Civil Engineering FTSLK-ITS  
**Supervisors** :  
**1. Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT.**  
**2. Ir. Aman Subakti, MS.**

## **Abstract**

*This research is based on fly ash and microbes to reduce the use of cement. Basic fly ash for cement reduction applications in concrete, increasing concrete compressive strength and reducing concrete hydration heat. Microbes for application to increase the compressive strength of concrete contain fly ash. Class F fly ash is collected from PT. Petrokimia Gresik, Gresik, Indonesia. The bacteria / microbes used are sporosacina pasteurii obtained from Bioconc, Sidoarjo, Indonesia. Mix design with DOE method to obtain the composition of the material with the planned compressive strength is 25 MPa, 30 MPa, 45 MPa. Fly ash is applied to replace cement weight by 20%, 30%, 40%, 50%. The microbial level used is 400 ml / m<sup>3</sup> of concrete. Mechanical testing was carried out by pressing and pulling test, while fresh concrete test was carried out to observe workability and heat of hydration of concrete. From the results of the study it was found that the highest three concrete compressive strengths at the age of 28 days (40F25M, 40F30M, 30F45M) were 48.48 MPa, 48,47 MPa, 54.01 MPa. The optimum compressive strength is obtained if the fly ash is applied by 30% to the weight of cement for  $f'c = 25$  and 30 MPa. For  $f'c = 45$  MPa the optimum compressive strength is obtained if fly ash is applied at 40% of the weight of cement. If there are microbes, the fly ash can be increased to 40% to get optimal compressive strength. It was found that the split tensile strength*

*increased with the application of fly ash and microbes. The heat of hydration in concrete decreases with what percentage of use of fly ash in concrete.*

***Keywords: Fly Ash, Microbes, Mix Design, Hydration of heat, Concrete compressive strength .***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Pengaruh Mikroba dan *Fly ash* pada *Mix Design* Beton Normal dalam Peningkatan Mutu Beton.”

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST, MT. dan Ir. Aman Subakti, MS selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan masukan dan motivasi.
3. Teman-teman KDR, Teman-teman Mancek, Teman-teman angkatan S-58 yg saya tidak bisa sebut satu persatu dan Teman-teman kantor di *Laboratory Base Education of Green Concrete*. Karena telah membantu dan mendukung dalam Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan laporan. Diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis sendiri maupun umum.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5 Manfaat</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Umum</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Semen <i>Portland</i></b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 <i>Fly ash</i></b> .....	<b>6</b>
<b>2.4 Bakteri untuk Beton</b> .....	<b>9</b>
<b>2.5 <i>Mix design</i> DOE</b> .....	<b>13</b>
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Studi Literatur</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2 Persiapan Bahan Material</b> .....	<b>19</b>

<b>3.3 Uji Material</b> .....	<b>20</b>
3.3.1 Uji konsistensi normal semen (ASTM C 187-98).....	20
3.3.2 Uji <i>setting time</i> semen (ASTM C 191 – 04).....	20
3.3.3 Uji berat jenis semen (ASTM C 188-95 R03).....	20
3.3.4 Analisa ayakan pasir (ASTM C 136 -96a, ASTM C 33 – 03) .....	21
3.3.5 Uji kelembapan pasir (ASTM C 566-97 R04) .....	21
3.3.6 Uji berat jenis pasir (ASTM C 128-01).....	21
3.3.7 Uji air resapan pasir (ASTM C 128-01).....	21
3.3.8 Analisa ayakan batu pecah (ASTM C 136 – 96a).....	22
3.3.9 Uji kelembapan batu pecah (ASTM C 566-97 R04)..	22
3.3.10 Uji berat jenis batu pecah (ASTM C 127-10) .....	22
3.3.11 Uji air resapan batu pecah (ASTM 127-01).....	22
3.3.12 Uji berat jenis <i>fly ash</i> (ASTM C 188-89).....	23
<b>3.4 <i>Mix design</i> beton (metode DOE) .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5 Pembuatan benda uji .....</b>	<b>55</b>
3.5.1 Benda uji silinder.....	55
3.5.2 Benda uji kubus .....	55
<b>3.6 Pengukuran suhu beton (panas hidrasi) menggunakan <i>Thermocouple</i> dan <i>data logger</i>.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7 Uji Slump Beton (ASTM C 143/ASTM C 143M-03). .....</b>	<b>56</b>
<b>3.8 Proses Curing.....</b>	<b>57</b>

3.8.1 Proses curing beton.....	57
<b>3.9 Pengujian benda uji.....</b>	<b>57</b>
3.9.1 Test kuat tekan (ASTM C39).....	57
3.9.2 Tes kuat tarik belah/ <i>split</i> (ASTM C496).....	58
<b>3.10 Validasi data menggunakan ACI-214-R11.....</b>	<b>59</b>
<b>3.11 Analisa dan Pembahasan .....</b>	<b>60</b>
<b>3.12 Kesimpulan dan Saran .....</b>	<b>60</b>
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Umum .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2 Uji karakteristik material .....</b>	<b>61</b>
4.2.1 Uji konsistensi normal .....	61
4.2.2 Uji <i>setting time</i> .....	62
4.2.3 Uji berat jenis semen .....	69
4.2.4 Analisa ayakan pasir.....	70
4.2.5 Uji berat jenis pasir.....	71
4.2.6 Uji resapan air pasir.....	72
4.2.7 Analisa ayakan kerikil .....	72
4.2.8 Uji berat jenis kerikil .....	75
4.2.9 Uji resapan air kerikil .....	76
4.2.10 Uji berat jenis <i>fly ash</i> .....	76
<b>4.3 <i>Mix design</i> beton. ....</b>	<b>77</b>
<b>4.4 Analisa hasil beton.....</b>	<b>85</b>
4.4.1 Berat volume beton.....	85

4.4.2 Uji tekan beton .....	93
4.4.3 Uji <i>split</i> beton .....	107
4.4.4 Evaluasi kelayakan mutu pengujian.....	112
4.4.5 <i>Workability</i> beton .....	114
4.4.6 Hasil pengukuran suhu pada benda uji.....	126
4.4.7 Harga satuan .....	130
4.4.8 Mekanisme <i>fly ash</i> dan mikroba .....	137
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>143</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>147</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>153</b>

## DAFTAR GAMBAR

### GAMBAR BAB 2:

Gambar 2.1 Grafik Perbandingan kuat tekan dengan kadar Bioconc (Regresi Polinomial) .....	12
Gambar 2.2 Metode Mix Desain DOE .....	14

### GAMBAR BAB 3:

Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian .....	18
Gambar 3.2 Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen (FAS) (Benda Uji Berbentuk Silinder D =100mm, H = 200mm)	30
Gambar 3.3 Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen (FAS) (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x150 mm).....	31
Gambar 3.4 Prosentase pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.....	34
Gambar 3.5 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton .....	35
Gambar 3.6 Prosentase pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm ( <i>Fly ash</i> ).....	49
Gambar 3.7 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton ( <i>Fly ash</i> ).....	50
Gambar 3.8 Flowchart Variasi Benda Uji Beton .....	53
Gambar 3.9 Pengukuran suhu (panas hidrasi) beton dengan thermocouple .....	56
Gambar 3.10 Uji slump beton .....	57
Gambar 3.11 Curing moist pada beton .....	57
Gambar 3.12 Tes kuat tekan beton .....	58
Gambar 3.13 Tes tarik belah beton.....	59

### GAMBAR BAB 4:

Gambar 4.1 Grafik konsistensi normal terhadap proporsi <i>fly ash</i>	62
Gambar 4.2 Grafik setting time pasta P0F .....	63
Gambar 4.3 Grafik setting time pasta P20F .....	64
Gambar 4.4 Grafik setting time pasta P30F .....	65
Gambar 4.5 Grafik setting time pasta P40F .....	66

Gambar 4.6 Grafik setting time pasta P50F .....	67
Gambar 4.7 Grafik hubungan setting time dengan kadar <i>fly ash</i> .....	68
Gambar 4.8 Grafik analisa ayakan pasir .....	71
Gambar 4.9 Grafik analisa ayakan kerikil pada beton normal ....	73
Gambar 4.10 Grafik analisa ayakan kerikil untuk beton <i>fly ash</i> ..	74
Gambar 4.11 Grafik berat semen terhadap kadar <i>fly ash</i> ( $f'c$ 25 MPa).....	80
Gambar 4.12 Grafik berat semen terhadap kadar <i>fly ash</i> ( $f'c$ 30 MPa).....	80
Gambar 4.13 Grafik berat semen terhadap kadar <i>fly ash</i> ( $f'c$ 45 MPa).....	81
Gambar 4.14 Grafik hubungan berat volume beton dengan umur pengetesan ( $f'c$ = 25 MPa) .....	87
Gambar 4.15 Grafik hubungan berat volume beton dengan umur pengetesan ( $f'c$ = 30 MPa) .....	88
Gambar 4.16 Grafik hubungan berat volume beton dengan umur pengetesan ( $f'c$ = 45 MPa) .....	89
Gambar 4.17 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi <i>fly ash</i> pada beton umur 3 hari .....	90
Gambar 4.18 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi <i>fly ash</i> pada beton umur 7 hari .....	90
Gambar 4.19 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi <i>fly ash</i> pada beton umur 14 hari .....	91
Gambar 4.20 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi <i>fly ash</i> pada beton umur 21 hari. ....	91
Gambar 4.21 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi <i>fly ash</i> pada beton umur 28 hari. ....	92
Gambar 4.22 Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton ( $f'c$ =25 MPa).....	95
Gambar 4.23 Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton ( $f'c$ =30 MPa).....	96
Gambar 4.24 Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton ( $f'c$ =45 MPa).....	96
Gambar 4.25 Grafik hubungan kuat tekan umur 28 hari terhadap variasi <i>fly ash</i> .....	97

Gambar 4.26 Grafik hubungan w/b terhadap kuat tekan beton (non bakteri).....	100
Gambar 4.27 Grafik hubungan w/b terhadap kuat tekan beton (bakteri).....	101
Gambar 4.28 Grafik hubungan kuat tarik belah terhadap variasi <i>fly ash</i> .....	108
Gambar 4.29 Grafik hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton 28 hari ( $f'c = 25$ MPa).....	110
Gambar 4.30 Grafik hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton 28 hari ( $f'c = 30$ MPa).....	110
Gambar 4.31 Grafik hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton 28 hari ( $f'c = 45$ MPa).....	111
Gambar 4.32 Grafik rasio (split/tekan) terhadap variasi <i>fly ash</i>	111
Gambar 4.33 Grafik hubungan slump beton terhadap variasi <i>fly ash</i> .....	116
Gambar 4.34 Grafik hubungan slump beton terhadap kebutuhan superplasticizer ( $f'c = 25$ MPa). ....	117
Gambar 4.35 Grafik hubungan slump beton terhadap kebutuhan superplasticizer ( $f'c = 30$ MPa). ....	118
Gambar 4.36 Grafik hubungan slump beton terhadap kebutuhan superplasticizer ( $f'c = 45$ MPa). ....	118
Gambar 4.37 Grafik hubungan kebutuhan superplasticizer terhadap variasi <i>fly ash</i> . ....	119
Gambar 4.38 Grafik hubungan w/b terhadap variasi <i>fly ash</i> .....	120
Gambar 4.39 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi <i>fly ash</i> (F25).....	121
Gambar 4.40 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi <i>fly ash</i> (F25M) .....	122
Gambar 4.41 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi <i>fly ash</i> (F30).....	123
Gambar 4.42 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi <i>fly ash</i> (F30M) .....	124
Gambar 4.43 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi <i>fly ash</i> (F45).....	125

Gambar 4.44 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi <i>fly ash</i> (F45M) .....	126
Gambar 4.45 Grafik hubungan suhu beton dengan kadar <i>fly ash</i> (F25).....	128
Gambar 4.46 Grafik hubungan suhu beton dengan kadar <i>fly ash</i> (F30).....	128
Gambar 4.47 Grafik hubungan suhu beton dengan kadar <i>fly ash</i> (F45).....	129
Gambar 4.48 Grafik penurunan suhu dengan kadar <i>fly ash</i> .....	129
Gambar 4.49 Grafik korelasi HPP (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari).....	133
Gambar 4.50 Grafik korelasi harga total (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk f'c = 25 MPa .....	134
Gambar 4.51 Grafik korelasi harga total (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk f'c = 30 MPa .....	135
Gambar 4.52 Grafik korelasi harga total (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk f'c = 45 MPa .....	135
Gambar 4.53 Grafik korelasi harga total (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk f'c = 25 MPa (mikroba).....	136
Gambar 4.54 Grafik korelasi harga total (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk f'c = 30 MPa (mikroba).....	136
Gambar 4.55 Grafik korelasi harga total (m <sup>3</sup> ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk f'c = 45 MPa (mikroba).....	137
Gambar 4.56 Reaksi hidrasi semen .....	138
Gambar 4.57 Reaksi <i>fly ash</i> pada beton.....	139
Gambar 4.58 Reaksi semen dan bakteri.....	140
Gambar 4.59 Reaksi bakteri di dalam beton .....	141
Gambar 4.60 Reaksi gabungan semen, <i>fly ash</i> dan bakteri .....	142



## DAFTAR TABEL

### TABEL BAB 2:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia PCC Indocement Tiga Roda .....	6
Tabel 2.2 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> Tipe F (PT. Petrokimia Gresik) .....	9

### TABEL BAB 3:

Tabel 3.1 Data Bahan Perancangan Beton.....	24
Tabel 3.2 Perencanaan Mix Desain Beton Metode DOE (25 MPa) .....	25
Tabel 3.3 Perencanaan Mix Desain Beton Metode DOE (30 MPa) .....	26
Tabel 3.4 Perencanaan Mix Desain Beton Metode DOE.....	27
Tabel 3.5 Kekuatan tekan rata-rata perlu bila data tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji .....	28
Tabel 3.6 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan Faktor Air Semen Dan Agregat kasar .....	29
Tabel 3.7 Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton ....	32
Tabel 3.8 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.....	33
Tabel 3.9 Tabel Reduksi Kadar Air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) pada beton mengandung <i>fly ash</i> .....	38
Tabel 3.10 Data Bahan Perancangan Beton <i>Fly Ash</i> .....	39
Tabel 3.11 Perencanaan Mix Desain Metode DOE Beton FA 20-25 MPa.....	40
Tabel 3.12 Perencanaan Mix Desain Metode DOE Beton FA 30-30 MPa.....	42
Tabel 3.13 Perencanaan Mix Desain Metode DOE Beton FA 40-45 MPa.....	44
Tabel 3.14 Tabel Variasi/komposisi <i>mix design</i> beton. ....	54
Tabel 3.15 Standar kontrol beton untuk $f'c \leq 35$ MPa.....	60
Tabel 3.16 Standar kontrol beton untuk $f'c \geq 35$ MPa.....	60

#### **TABEL BAB 4:**

Tabel 4.1 Konsistensi normal beton. ....	61
Tabel 4.2 Rekap hasil setting time pasta.....	68
Tabel 4.3 Hasil uji berat jenis semen.....	69
Tabel 4.4 Hasil analisa ayakan pasir.....	70
Tabel 4.5 hasil uji berat jenis pasir .....	71
Tabel 4.6 Hasil uji resapan air pasir .....	72
Tabel 4.7 hasil analisa ayakan kerikil pada beton normal.....	72
Tabel 4.8 Hasil analisa ayakan kerikil untuk beton <i>fly ash</i> .....	74
Tabel 4.9 Spesifikasi batas gradasi kerikil.....	75
Tabel 4.10 Hasil uji berat jenis kerikil.....	75
Tabel 4.11 Hasil uji resapan air kerikil.....	76
Tabel 4.12 Hasil berat jenis <i>fly ash</i> .....	76
Tabel 4.13 Rekapitulasi Bahan Baku (kg Per 1 m <sup>3</sup> Beton) Mix Desain Metode DOE .....	77
Tabel 4.14 Efisiensi semen pada <i>mix design</i> beton (f'c = 25 MPa) .....	79
Tabel 4.15 Efisiensi semen pada <i>mix design</i> beton (f'c = 30 MPa) .....	79
Tabel 4.16 Efisiensi semen pada <i>mix design</i> beton (f'c = 45 MPa) .....	79
Tabel 4.17 Rekapitulasi bahan baku benda uji silinder (kg Per 0,002 m <sup>3</sup> Beton) Mix Desain Metode DOE .....	82
Tabel 4.18 Total Bahan Baku Untuk Penelitian (kg/1,08 m <sup>3</sup> beton) .....	84
Tabel 4.19 Rekapitulasi bahan baku benda uji kubus (kg Per 0,003 m <sup>3</sup> Beton) Mix Desain Metode DOE .....	84
Tabel 4.20 Total Bahan Baku Untuk Penelitian (kg/0,09 m <sup>3</sup> beton) .....	85
Tabel 4.21 Rekapitulasi hasil rata-rata berat volume beton. ....	86
Tabel 4.22 Rekapitulasi hasil rata-rata uji tekan beton. ....	93
Tabel 4.23 Korelasi kuat tekan X hari terhadap kuat tekan 28 hari. .....	103
Tabel 4.24 Korelasi kuat tekan beton <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan 28 hari beton normal .....	104

Tabel 4.25 Korelasi kuat tekan beton (PBI N.I-2 Tabel 4.1.4) .	106
Tabel 4.26 Rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton. ....	107
Tabel 4.27 Hasil kuat tekan dan Standar deviasi (0F25).....	112
Tabel 4.28 Hasil kuat tekan dan Standar deviasi (20F25).....	113
Tabel 4.29 Hasil kuat tekan dan Standar deviasi (30F25).....	114
Tabel 4.30 Rekapitulasi data slump, SP dan w/b pada beton....	115
Tabel 4.31 Hasil pengukuran suhu beton.....	127
Tabel 4.32 Harga survey material pembuatan beton per m <sup>3</sup> beton (Maret, 2019). ....	131
Tabel 4.33 Rekapitulasi HPP per <i>mix design</i> .....	132

Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton adalah material yang umum digunakan bangunan dan memiliki kekuatan yang cukup dalam menahan beban dari sebuah struktur. Beton normal adalah beton yang beratnya mencapai 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> dengan bahan campuran berupa agregat alam yang dipecah atau tidak serta tanpa bahan tambahan. (SNI 03-2834-2000).

Pembangunan di Indonesia dengan menggunakan beton meningkat secara pesat, hal ini dibuktikan dengan banyaknya konstruksi dan infastruktur yang berbahan dasar beton. Namun dalam campuran beton terdapat material yang membutuhkan jumlah energi yang tinggi dalam pembuatannya yaitu semen. Diketahui bahwa semen merupakan penyumbang polutan yang cukup besar pada pencemaran udara seperti partikel debu dan juga penghasil emisi CO<sub>2</sub> akibat dari proses pembakaran dari industri semen itu sendiri, sehingga semen menjadi salah satu faktor terjadinya global warming.

Namun dalam mengatasi masalah tersebut, para ahli teknologi pembuatan beton yang berkembang saat ini banyak menemukan bahan-bahan pengganti semen yang kuat, awet, ekonomis dan ramah lingkungan. Bahan itu adalah *fly ash*/abu terbang dan mikroba.

Terdapat penelitian mengenai hal tersebut seperti yang dilakukan oleh Bahedh dkk (2018) menyatakan bahwa penggantian semen dengan *fly ash* dapat digunakan pada kadar *fly ash* 10% dari berat semen (657 kg/m<sup>3</sup> beton) karena ada peningkatan nilai kuat tekan untuk kadar *fly ash* 20%, 30% dan 40%. Hasilnya menunjukkan kekuatan tekan yang optimal pada kadar *fly ash* 40% yaitu sebesar 122 MPa setelah 28 hari.

Di Indonesia telah banyak penelitian tentang beton menggunakan bahan *fly ash*, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015). Dalam penelitiannya penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% dari berat semen ( $450 \text{ kg/m}^3$  beton). Memiliki nilai kuat tarik belah maksimum pada persentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 3,21 MPa untuk umur beton 28 hari dan nilai kuat tarik belah terendah pada persentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 0,82 MPa untuk umur beton 7 hari.

Pengaruh *fly ash* selain dalam mengurangi kadar semen juga mengurangi panas hidrasi. Sesuai penelitian yang dilakukan oleh Wang dkk (2017) menyatakan untuk suhu paparan yang diberikan sebesar (150,250,350,450,500 °C) pada beton *fly ash*. Setelah 85 menit terjadi penurunan pada beton *fly ash* utk masing-masing suhu yang diberikan menjadi sebesar (111,172,192,248,321 °C).

Disisi lain, penelitian dengan menggunakan konsep bio-mineral dalam beton yang mengarah pada penemuan potensial material baru yang disebut *bioconcrete*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jagannathan dkk (2018) menyatakan bahwa kekuatan tekan, kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur dari beton ditingkatkan dengan menggunakan *fly ash* (kadar 10% dari berat semen) yang diperkaya oleh *Bacillus sphaericus* (kadar 10% dari berat semen) yang dibandingkan dengan kontrol beton biasa dari (29,33 MPa menjadi 32,50 MPa), (3,2 MPa menjadi 4,14 MPa), (3,33 MPa menjadi 3,5 MPa). Penggunaan *fly ash* yang diperkaya dengan *Bacillus sphaericus* dapat menggantikan semen dalam beton karena akan ekonomis, mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan menghemat konsumsi energi listrik dalam produksi semen beton.

Pada penelitian itu menyatakan bahwa mikroba bisa meningkatkan mutu beton, namun mikroba melemah terhadap suhu tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Xu dkk (2017) menyatakan pertumbuhan bakteri (Bakteri pengoksidasi amonia)

sangat terhambat oleh suhu yang lebih tinggi terutama pada suhu lebih dari 40 °C.

Bisa dilihat bahwa terdapat keterkaitan antara *fly ash* dan mikroba dalam campuran beton. *Fly ash* mengurangi panas hidrasi beton, sehingga mikroba yang dimasukkan bisa hidup dan dapat meningkatkan mutu beton. Mekanisme mikroba dapat meningkatkan kuat tekan beton yaitu mikroba bertemu air dan bereaksi di dalam beton, lalu menghasilkan amonia. Amonia masuk ke dalam retakan beton dan bereaksi dengan oksida kalsium ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Dan menghasilkan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang mengedap pada retakan beton, sehingga kuat tekan beton meningkat (Nain dkk, 2019). *Fly ash* dan mikroba juga dapat mengurangi penggunaan semen dalam pembuatan beton.

Maka dalam penelitian ini, peneliti mencari tahu pengaruh mikroba yang diberikan pada beton normal berbahan *fly ash* terhadap peningkatan mutu beton.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana *mix design* beton berbahan *fly ash* dengan kuat tekan 25 MPa, 30 MPa dan 45 MPa dengan proporsi *fly ash* 20%, 30%, 40%, 50%.
2. Apa pengaruh aplikasi *fly ash* untuk menurunkan panas hidrasi dan meningkatkan kuat tekan pada beton.
3. Apa pengaruh penambahan mikroba pada kuat tekan beton mengandung *fly ash*.
4. Seberapa efisien *fly ash* dan mikroba pada *mix design* beton dalam mengurangi penggunaan semen.

## 1.3 Tujuan

Tujuan utama dalam pekerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan *mix design* beton berbahan *fly ash* dan mikroba.
2. Menganalisa pengaruh dari *fly ash* dalam menurunkan panas hidrasi dan meningkatkan kuat tekan pada beton.
3. Menganalisa pengaruh mikroba pada kuat tekan beton mengandung *fly ash*.
4. Menganalisa efisiensi *fly ash* dan mikroba pada *mix design* beton dalam mengurangi penggunaan semen.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan beton dalam skala laboratorium.
2. *Fly ash* yang digunakan kelas F dan didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik.
3. Mikroba yang digunakan dari Bioconc, Sidoarjo, Jawa Timur.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan pembuatan beton inovasi.
2. Menjadi acuan bagi industri dalam terkait pembuatan beton yang diproduksi dalam skala yang besar.
3. Menjadi acuan atau referensi untuk membuat campuran beton inovasi pada penelitian-penelitian selanjutnya.
4. Menjadi salah satu cara dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan dari penggunaan semen yang berlebihan dengan memanfaatkan bahan pengganti seperti *fly ash* dan mikroba.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Sebelum melaksanakan penelitian ini diperlukan referensi yang relevan mengenai semen *Portland*, *fly ash*, bakteri untuk beton, *mix design* DOE, beton *ready mix* di Indonesia.

#### **2.2 Semen *Portland***

Produksi semen di Indonesia selalu meningkat tiap tahunnya. Menurut Haryadi dan Suciyanti (2018), pada tahun 2016 hingga 2020 terjadi peningkatan kebutuhan batu bara untuk industri semen, seiring perkembangan ekonomi yang mulai membaik di dalam negeri, serta meningkatnya pasokan energi listrik yang dicanangkan sebesar 35.000 MW.

Penggunaan semen *portland* banyak digunakan pada pembangunan infrastruktur dan penelitian mengenai beton. Pernah dilakukan penelitian oleh Basoeki dkk (2016) mengenai peningkatan kuat tekan beton dengan menambah *biocon* dalam penelitiannya dibuat beton mutu tinggi dengan menggunakan material dasar semen *portland* (OPC) tipe 1. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Wulandari dkk (2018) mengenai efek agen mikroba (*sporosarcina pasteurii* dan ragi) pada pasta berbahan *fly ash*, menggunakan semen *portland* (OPC) tipe 1 sebagai potensi pembuatan agregat.

Semen yang mengandung unsur *fly ash* sebagai pengganti semen *Portland* dikenal sebagai semen komposit, campuran semen, atau semen alternatif. Komponen mineral tambahan disebut mineral tambahan reaktif dan berkontribusi pada proses hidrasi. Penambahan unsur-unsur lain termasuk *pozzolan* alami dan *microsilica* / *silica fume* (Nicholas , 2014).

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Salain dan Karyawan (2009) menyatakan bahwa pada umur 28 hari

peningkatan kuat tekan terjadi pada beton yang menggunakan semen tipe PCC sebesar 8 % terhadap kuat tekan beton yang menggunakan semen OPC dan PPC, dengan fas 0,42.

Maka dari itu penelitian kali ini menggunakan *Portland Cement Composite* (PCC) dari Indocement Tiga Roda, dengan komposisi bahan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia PCC Indocement Tiga Roda

Oxides	SiO <sub>2</sub>	Al	Fe	Ca	Mg	SO <sub>3</sub>
(% by weight)	16,01	3,26	6,7	40,28	29,54	4,8

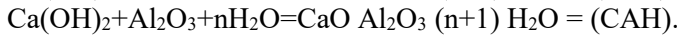
(Sumber: Tabel 1, Laporan Hasil Kajian Pengujian Bahan Aditif Semen Untuk Aplikasi Konversi dan Pemugaran Candi, Santosa dkk (2009))

### 2.3 Fly ash

*Fly ash* adalah bahan yang dihasilkan dari sisa pembakaran tanah atau bubuk batu bara dan yang diangkut oleh pembuangan gas.

Melihat dari segi kegunaan *fly ash* pada campuran beton. *Fly ash* digunakan sebagai bahan pengganti semen. *Fly ash* merupakan bahan pozzolan yaitu bahan alami/buatan yang mengandung senyawa silica, silica-alumina, silica-karbonat. Bahan pozzolan akan menjadi keras ketika bertemu dengan air. Bahan tersebut apabila digunakan pada beton akan bereaksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> (terletak pada pori-pori beton) pada suhu normal dan membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat membuat pori-pori pada beton terisi sehingga kuat tekan beton meningkat (SRPS B.C1.018, 2001). Reaksi pada bahan pozzolan terjadi pada beton disebut reaksi *pozzolanic*. Pada penelitian Šešljica dkk (2016) menyatakan bahwa komposisi utama pada pozzolan meliputi SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Oksida ini biasanya dalam bentuk *amorf* (fase dalam bentuk kaca) yang menyebabkan reaksi pozzolan. Selama antara oksida Al dan Si dan Ca(OH)<sub>2</sub> dan terhidrasi maka

terbentuk kalsium aluminat (CAH) dan kalsium silikat (CSH), yang sulit larut dalam air.



Pada penelitian Bui dkk (2018) menyatakan bahwa alkali dari larutan jenuh  $\text{Ca(OH)}_2$  bertindak sebagai aktivator alkali, merusak permukaan *fly ash* yang stabil secara kimia dan memisahkan hubungan Si-O-Si dan Si-O-Al, memungkinkan komponen utama *fly ash* (yaitu ion Si dan Al) untuk melepaskan dan bereaksi dengan aktivator alkali.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015). Pemakaian *High Volume Fly ash (HVFA) concrete* memberikan beberapa keuntungan terhadap beton yang dihasilkan, baik dalam keadaan beton segar maupun beton yang telah mengeras. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh tersebut adalah:

- a. Peningkatan kelecakan beton.
- b. Kemudahan dalam finishing permukaan beton.
- c. *Drying shrinkage* dan *creep*.
- d. Peningkatan durabilitas beton.

Meskipun pemakaian *high volume fly ash concrete* sangat bersesuaian dengan kampanye “*green concrete*”, masih ada beberapa kendala yang menyebabkan teknologi ini belum dapat diterima secara luas.

Hambatan-hambatan tersebut dapat disebutkan, yaitu:

- a. Hambatan dari segi peraturan.
- b. Perkembangan kuat tekan yang lambat.
- c. Umur perawatan beton yang lama.

Pernah dilakukan penelitian mengenai *fly ash* di ITS oleh Triwulan dkk (2018), Untuk menggambarkan *fly ash* dengan kuat

tekan ditemukan metode yang murah dan cepat yaitu dengan campuran pasta dengan berat *fly ash* adalah 20% berat bahan semen, kondisi khusus dalam metode ini adalah moist curing pada suhu 60°C selama 3 jam dan uji kuat tekan dilakukan pada 1 hari setelah pengecoran.

Pemanfaatan *fly ash* dapat digunakan untuk batu bata, material konstruksi jalan, stabilisasi tanah untuk konstruksi jalan. Dari fungsi *fly ash* itu sendiri, dapat dilihat dari pemanfaatannya. Pada penggantian semen pernah dilakukan penelitian oleh Bahedh dkk (2018) penggantian semen dengan *fly ash* dapat digunakan pada kadar *fly ash* 10% karena ada peningkatan nilai kuat tekan untuk kadar *fly ash* 20%, 30% dan 40%. Hasilnya menunjukkan kekuatan tekan yang tinggi pada kadar *fly ash* 40% hingga 122,4 MPa pada 28 hari yang dibandingkan dengan beton mutu tinggi sebesar 78 MPa pada 28 hari. Pada batu bata penggunaan *fly ash* dapat menghemat energi, pada penelitian yang dilakukan oleh Youcai (2017). Analisis DTA-TGA dari *fly ash* menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat mengurangi suhu sintering batu bata, yang dapat mengurangi konsumsi energi dalam proses pembuatan batu bata. Sebuah pengikat terner yang disintesis dari *fly ash* CFBC, *fly ash* konvensional, dan kalsium hidroksida menunjukkan sifat hidrolik yang menghasilkan kekuatan tekan 32 MPa setelah 28 hari pengeringan. Pengikat terner dapat digunakan untuk aplikasi dengan kebutuhan rendah seperti stabilisasi tanah, pengisian kosong, konstruksi jalan sementara, dll (Hlaváček, 2018). Dan menurut Li dkk (2018) mempromosikan pemanfaatan *fly ash* dan *biocement* untuk stabilitas tanah terutama penggantian semen dalam beton. Hasil penelitiannya penggunaan 25% kadar *fly ash biocement* mendapatkan peningkatan yang signifikan pada kekuatan tanah.

Dalam penelitian ini *fly ash* yang digunakan adalah kelas F dari PT. Petrokimia Gresik, Gresik, Indonesia. Didapat langsung dari Pabrik PT. Petrokimia Gresik khusus pembangkit listrik atau

Unit Batu Bara yang menyimpan *fly ash* di Ash silo. Komposisi kimia oksida abu terbang disediakan dalam tabel 2.2:

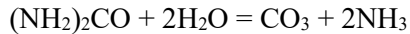
Tabel 2.2 Komposisi Kimia *Fly Ash* Tipe F (PT. Petrokimia Gresik)

Oxides	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	LOI
(% by weight)	46.61	23.31	6.77	14.45	1.27	1.70	0.54	1.55	0,79	3.80

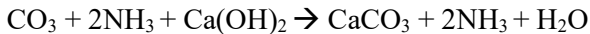
## 2.4 Bakteri untuk Beton

Penelitian dengan menggunakan konsep Bio-mineral dalam beton yang mengarah pada penemuan potensial material baru untuk campuran beton yang disebut *bioconcrete*. Telah tercipta suatu inovasi *bioconcrete* yaitu beton yang dapat menyembuhkan dirinya sendiri dengan menggunakan bakteri. Pada penelitian yang dilakukan oleh Belie (2016), prinsip dari *bacteria-based self-healing concrete* adalah bakteri dimasukkan ke dalam beton saat proses mencampur. Bakteri akan aktif untuk mengendapkan CaCO<sub>3</sub> dan menyembuhkan retakan pada beton jika ada oksigen masuk ke celah retak tersebut.

Selain itu bakteri juga dapat mengurangi/mengganti kadar semen pada beton. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jagannathan dkk (2018) menyatakan bahwa kekuatan tekan, kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur dari beton ditingkatkan dengan menggunakan *fly ash* (kadar 10% dari berat semen) yang diperkaya oleh *Bacillus sphaericus* (kadar 10% dari berat semen) yang dibandingkan dengan kontrol beton biasa dari (29,33 Mpa menjadi 32,50 MPa), (3,2 MPa menjadi 4,14 MPa), (3,33 MPa menjadi 3,5 MPa) disebabkan pengaruh *bacillus sphaericus* memproduksi enzim urease ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) yang bereaksi dengan air di dalam beton (H<sub>2</sub>O) dan menghasilkan amonia dan CO<sub>3</sub> sebagaimana reaksi berikut.



Saat dalam retakan terdapat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan terjadi reaksi dengan amonia dan  $\text{CO}_3$  dengan menghasilkan  $\text{CaCO}_3$ , sehingga pori-pori beton terisi oleh endapan  $\text{CaCO}_3$  dan meningkatkan kuat tekan beton.



Penggunaan *fly ash* yang diperkaya dengan *Bacillus sphaericus* dapat menggantikan semen dalam beton karena akan ekonomis, mengurangi emisi  $\text{CO}_2$  dan menghemat konsumsi energi listrik dalam produksi semen beton.

Pada penelitian yang dilakukan Andalib dkk (2016) dengan konsentrasi bakteri *Bacillus megaterium* ( $30 \cdot 10^5 \text{cfu/ml}$ ) menunjukkan peningkatan kekuatan tekan dari beton hingga 24% dari 30 MPa menjadi 50 MPa dikarenakan juga tingkat maksimum intensitas pengendapan  $\text{CaCO}_3$  dari hasil reaksi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan amonia dan  $\text{CO}_2$  di dalam pori-pori beton.

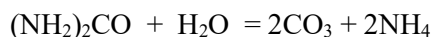
Adapun penelitian mengenai *bioconcrete* pernah dilakukan di ITS oleh Wulandari dkk (2018), mengenai efek dari mikroba pada sifat pasta berbahan *fly ash*, menyatakan bahwa peningkatan kekuatan tekan dipengaruhi oleh jumlah porositas yang tertutup dan kalsit pada pasta berbasis *fly ash*. Dalam pasta yang dicampur dengan agen mikroba (*Sporosarcina pasteurii* dan ragi), jumlah dari kalsit lebih tinggi dari pada pasta tanpa agen mikroba, demikian juga jumlah porositas yg tertutup. Hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya kalsit disebabkan oleh aktivitas mikroba. Kalsit mengisi pori-pori dalam pasta dan mempengaruhi kekuatan tekan beton.

Namun untuk jangka waktu yang panjang pada beton yang dimasukkan mikroba, akan mengalami penurunan kuat tekan, pada

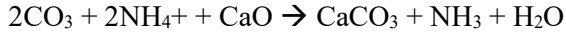
penelitian yang dilakukan oleh Ashad dkk (2006), pada beton kuat tekan 25, 40 dan 60 MPa yang dimasukkan mikroorganisme *aspergillus niger* (jamur) dan *sacchromycodes ludwigi* (ragi) terjadi degradasi kekuatan beton akibat intrusi mikroorganisme pada kuat tekan 25 MPa terjadi penurunan kuat tekan setelah 30 hari sampai umur pengamatan 270 hari. Pada kuat tekan 40 MPa terjadi penurunan kuat tekan setelah 40 hari sampai umur pengamatan 270 hari dan pada kuat tekan 60 MPa terjadi penurunan kuat tekan setelah 40 hari sampai umur pengamatan 270 hari. Dimana penurunan pada kuat tekan 25 MPa sebesar 60% dan kuat tekan 40 MPa penurunan sebesar 50%. Untuk kuat tekan 60 MPa penurunan sebesar 33%.

Pada penelitian Basoeki dan Nursandah (2017), Bioconc adalah produk bioteknologi yang berupa cairan yang terbuat dari bahan-bahan organik /alami, protein terdenaturasi, polimer surfaktan dan mineral organik yang sudah difermentasi oleh mikroba menguntungkan. Bioconc merupakan produk ramah lingkungan, tidak beracun dan aman/tidak berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya, terkait dengan penerapannya dalam Beton Pengobatan Kualitas. Bioconc dapat meningkatkan kuat tekan dari beton, mengurangi kadar semen, pengurangan hidrasi panas, mengurangi penyusutan *crack*. Dengan demikian penggunaan Bioconc pada umumnya akan memberikan sumbangan yang lebih efektif pada kinerja beton, terutama untuk beton bermutu sangat tinggi.

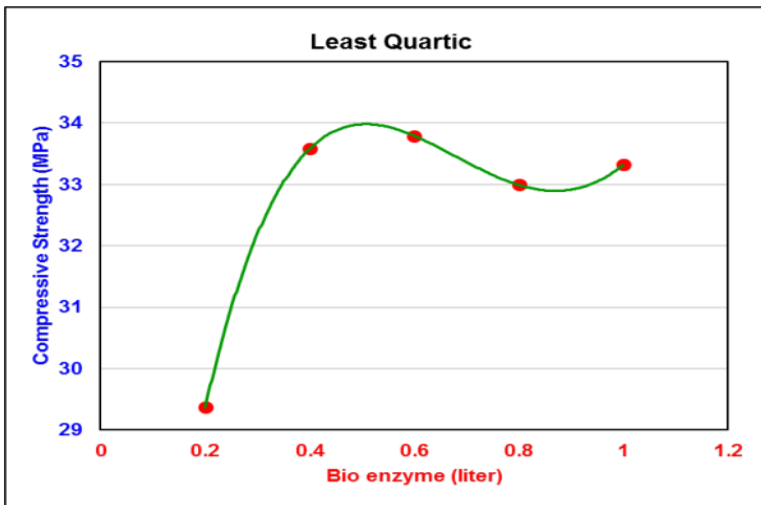
Mikroba pada Bioconc menghasilkan enzim urease yang ketika bertemu air akan menghasilkan amonia. Sebagai persamaan reaksi berikut :



Sejak retak terjadi dan pasokan kalsium oksida terjadi, maka berikut persamaan reaksi terjadi :



Dengan menghasilkan  $\text{CaCO}_3$ , sehingga pori-pori beton terisi oleh endapan  $\text{CaCO}_3$  dan meningkatkan kuat tekan beton. Pada penelitian yang dilakukan oleh Bagio dkk (2017) menemukan kadar optimum untuk penggunaan Bioconc pada beton normal yaitu pada kadar  $509 \text{ ml/m}^3$  beton dengan cara membuat regresi polinomial derajat keempat pada grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar Bioconc dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Perbandingan kuat tekan dengan kadar Bioconc (Regresi Polinomial)  
(Sumber : Bagio dkk (2017))

Namun pada penelitian Wulandari dkk (2018), menggunakan kadar Bioconc  $400 \text{ ml/m}^3$  pada pasta *fly ash* dan semen dan terjadi peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan pasta *fly ash* dan semen. Maka Mikroba yang digunakan pada penelitian ini adalah *sporosarcina pasteurii* yang diambil dari Bioconc dan dosis yang digunakan sebesar  $400 \text{ ml/m}^3$  beton.



Referensi mikroba dan dosis yang digunakan dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Wulandari, dkk (2018).

Pernah dilakukan penelitian oleh Basoeki dan Koespiadi (2019), mengenai *mass concrete* dengan menggunakan Bioconc dengan kapasitas 100 cm x 100 cm x 250 cm yang dimana didapatkan hasil dengan menggunakan bioconc maka dapat mengendalikan panas hidrasi beton 29,5 jam setelah penuangan yang dibandingkan dengan beton tanpa Bioconc yaitu selama 71 jam setelah penuangan.

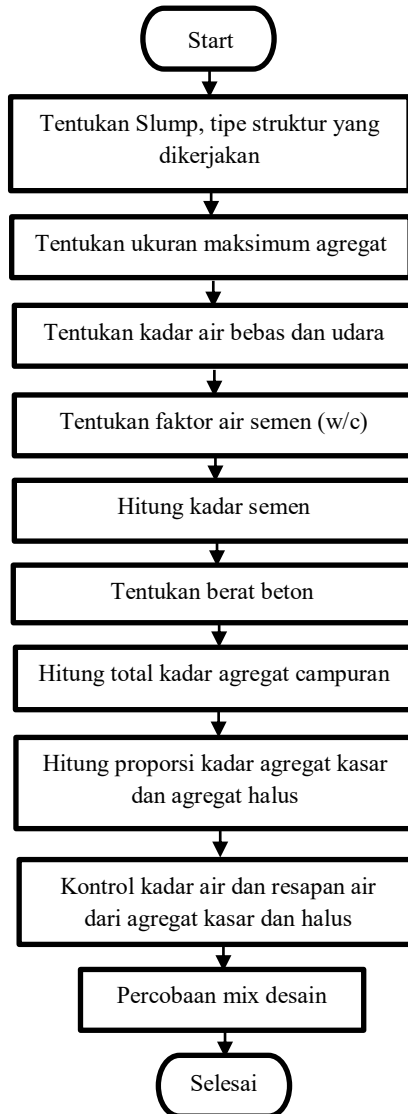
### **2.5 Mix design DOE**

Dalam menentukan perancangan campuran beton salah satunya digunakan perancangan cara Inggris atau dikenal dengan metode DOE. Cara ini dikembangkan oleh Departement of Enviromental dari kerjaan inggris dan telah dikembangkan oleh Prof. Torben C, Hansen.

Menurut Prof. Torben C, Hansen ada dua pertimbangan dasar dalam mendesain campuran beton dengan metode DOE:

1. Kekuatan beton bergantung pada rasio air dan semen bukan bergantung pada kadar air.
2. *Workability* atau *Slump* bergantung pada kadar air bukan bergantung pada rasio air dan semen.

Pada prinsipnya cara DOE ini didasarkan atas agregat dalam keadaan jenuh permukaan (SSD). Dalam penelitian yang dilakukan oleh R dan Shivananda (2017), menyatakan bahwa dalam metode DOE yang diakui ada 2 jenis agregat yaitu batu pecah dan batu tidak dipecahkan. Untuk slump merupakan pernyataan dari kandungan air yang diperlukan dan ukuran agregat maksimum bervariasi dari 10 – 40 mm. metode DOE menghasilkan proporsi campuran dalam hal jumlah material per satuan volume beton. Alur desain campuran beton dengan metode DOE ditampilkan pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Metode Mix Desain DOE

Apabila campuran dalam beton menggunakan *fly ash* maka dalam alur desain terdapat perubahan dari kadar semen yang dimana perhitungan pada w/c ratio menjadi berbeda, namun sebelum menentukan kadar *fly ash* terhadap (semen + *fly ash*) maka terjadi reduksi kadar air yang bisa dilihat di tabel 3.9 pada Bab III:

w/c ratio menggunakan *fly ash*:

$$\frac{W}{C} = \frac{W}{C+k.F} \quad (\text{Pers. 2.1})$$

Ket:

1. k (0,2-0,45) adalah faktor efisiensi semen.
2. W (berat air), C (berat semen), F (berat *fly ash*).

Menentukan prosentase *fly ash* (p):

$$p = \frac{100\% .F}{C+F} \quad (\text{Pers. 2.2})$$

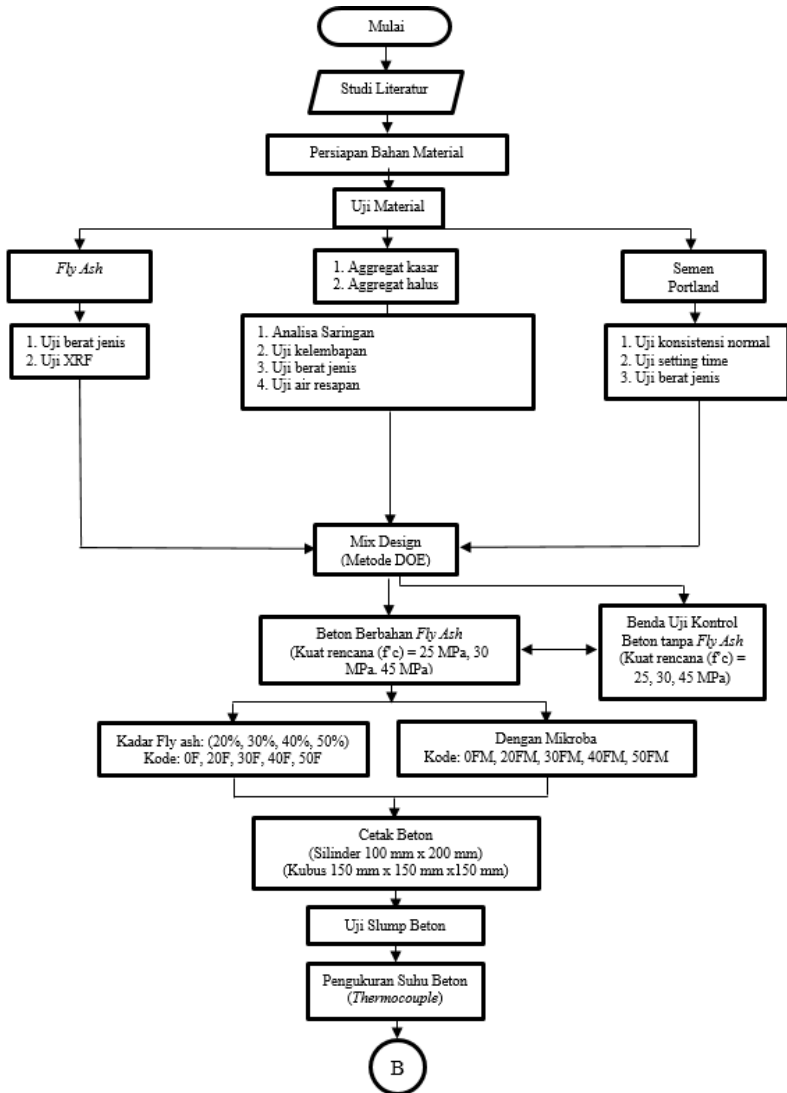
Menentukan kadar semen:

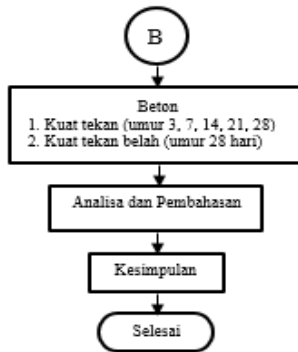
$$C = \frac{(100-p).W}{(100-0,7.p).\left[\frac{W}{C+0,3F}\right]} \quad (\text{Pers. 2.3})$$

$$\text{Menentukan kadar } \textit{fly ash} = \frac{p.C}{100-p} \quad (\text{Pers. 2.4})$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB III METODOLOGI





Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dan referensi dalam penelitian ini menggunakan journal-journal penelitian yang di download dari internet dan standar peraturan dari ASTM, ACI dan SNI.

### 3.2 Persiapan Bahan Material

- Semen  
Semen yang digunakan adalah semen dari Indocement Tiga Roda yaitu *portland pozzolanic composite* (PCC)
- *Fly Ash*  
*Fly Ash* digunakan sbegai material pereduksi semen. Jenis yang digunakan adalah tipe F, yang diambil dari PT. Petrokimia Gresik.
- Mikroba  
Mikroba yang digunakan adalah *sporosarcina pasteurii* yang diambil dari Biocon dan dosis yang digunakan sebesar 400 ml/m<sup>3</sup> beton. Referensi mikroba dan dosis yang digunakan dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Wulandari, dkk (2018).
- Air  
Air yang digunakan diambil dari laboratorium beton dan kadar air yang digunakan disesuaikan.
- *Superplasticizer*  
*Superplasticizer* digunakan adalah Tancem 60 RP, sebagai pengganti air karena faktor air semen yang digunakan rendah. Untuk dosis penggunaan *superplasticizer* dilakukan dengan mendapatkan data dari supplier atau trial di laboratorium
- Agregat halus  
Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang yang direncanakan masuk zona gradasi no.2
- Agregat kasar  
Batu pecah yang digunakan adalah batu pecah berukuran maksimal 20 mm karena ukuran dari cetakan silinder diameter 100 mm tinggi 200 mm (uji mekanik) dan cetakan kubus 150x150x150 mm (uji panas hidrasi).

### 3.3 Uji Material

#### 3.3.1 Uji konsistensi normal semen (ASTM C 187-98)

- Tujuan  
Mengetahui berapa jumlah air yang paling tepat bereaksi dengan binder. Penurunan 10 mm disyaratkan sebagaimana jumlah air yang dibutuhkan.

#### 3.3.2 Uji *setting time* semen (ASTM C 191 – 04)

- Tujuan  
Percobaan ini dilakukan untuk menentukan waktu pengikatan awal (mulai mengikat) dan pengikatan akhir (mulai mengeras) semen *Portland*.  
Waktu pengikatan awal: Waktu yang dibutuhkan dari kontak awal semen dengan air hingga terjadi penurunan sebesar 25 mm. Semen beralih ke dalam keadaan keras/padat namun belum cukup kuat.  
Waktu pengikatan akhir: Waktu yang dibutuhkan dari kontak awal semen dengan air hingga tidak terjadi penurunan lagi pada pasta semen (0 mm). Periode ini digunakan sebagai patokan untuk membuka cetakan beton. Pada saat ini pasta semen dan agregat telah memasuki tahap pengerasan.

#### 3.3.3 Uji berat jenis semen (ASTM C 188-95 R03)

- Tujuan  
Mengetahui berat jenis semen *portland*.
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.1:  

$$BJ \text{ semen} = \frac{w_1}{V} \quad (\text{pers. 3.1})$$

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat semen (gr)
- b.  $V$  = Isi minyak yang dipindahkan oleh benda uji ( $\text{cm}^3$ ).



### 3.3.4 Analisa ayakan pasir (ASTM C 136 -96a, ASTM C 33 – 03)

- Tujuan  
Untuk mengetahui distribusi ukuran butir/gradasi pasir.

### 3.3.5 Uji kelembapan pasir (ASTM C 566-97 R04)

- Tujuan  
Untuk mengetahui kadar air pasir pada kondisi asli
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.2:  
kelembaban pasir =  $\frac{w_1-w_2}{w_1} \cdot 100$  (pers. 3.2)

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat pasir asli (gr)
- b.  $W_2$  = berat pasir asli setelah dioven (gr)

### 3.3.6 Uji berat jenis pasir (ASTM C 128-01)

- Tujuan  
Mengetahui berat jenis pasir kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.3:  
BJ pasir =  $\frac{w_1}{w_1-(w_2-w_3)} \cdot BJ \text{ air}$  (pers. 3.3)

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat pasir (gr)
- b.  $W_2$  = berat pasir dan air didalam labu takar (gr)
- c.  $W_3$  = berat air didalam labu takar (gr)

### 3.3.7 Uji air resapan pasir (ASTM C 128-01)

- Tujuan  
Mengetahui kadar air pasir kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.4:  
air resapan pasir =  $\frac{w_1-w_2}{w_1} \cdot 100$  (pers. 3.4)

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat pasir SSD (gr)
- b.  $W_2$  = berat pasir SSD setelah dioven (gr)

## 3.3.8 Analisa ayakan batu pecah (ASTM C 136 – 96a)

- Tujuan  
Untuk mengetahui distribusi ukuran butir/gradasi batu pecah.

## 3.3.9 Uji kelembapan batu pecah (ASTM C 566-97 R04)

- Tujuan  
Untuk mengetahui kadar air batu pecah pada kondisi asli
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.5:  
kelembapan batu pecah =  $\frac{w_1 - w_2}{w_1} \cdot 100$  (pers. 3.5)

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat batu pecah asli (gr)
- b.  $W_2$  = berat batu pecah asli setelah dioven (gr)

## 3.3.10 Uji berat jenis batu pecah (ASTM C 127-10)

- Tujuan  
Mengetahui berat jenis batu pecah kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.6:  
BJ batu pecah =  $\frac{w_1}{w_1 - w_2} \cdot BJ \text{ air}$  (pers. 3.6)

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat batu pecah (gr)
- b.  $W_2$  = berat batu pecah di keranjang air (gr)

## 3.3.11 Uji air resapan batu pecah (ASTM 127-01)

- Tujuan  
Mengetahui kadar air resapan pada batu pecah.
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.7:  
Kadar air resapan =  $\frac{w_1 - w_2}{w_1} \cdot 100$  (pers. 3.7)

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat batu pecah SSD (gr)
- b.  $W_2$  = berat batu pecah SSD setelah dioven (gr)

### 3.3.12 Uji berat jenis *fly ash* (ASTM C 188-89)

- Tujuan  
Mengetahui berat jenis *fly ash*.
- Rumus yang digunakan sesuai persamaan 3.9:  
$$\text{BJ } fly\ ash = \frac{w_1}{w_1 - (w_2 - w_3)} \cdot \text{BJ air} \quad (\text{pers. 3.9})$$

Keterangan:

- a.  $W_1$  = berat *fly ash* (gr)
- b.  $W_2$  = berat *fly ash* + berat air didalam labu takar (gr)
- c.  $W_3$  = berat air didalam labu takar (gr)

### 3.4 Mix design beton (metode DOE)

Berikut contoh tabel perancangan beton normal dengan menggunakan metode DOE, pada tabel ini merancang beton berkekuatan 25 MPa, 30 MPa, 45 MPa:

Tabel 3.1 Data Bahan Perancangan Beton

1	Agregat kasar yang dipakai			Batu pecah (alami)	
2	Agregat halus yang dipakai			Pasir Lumajang	
3	Diameter agregat kasar maksimum			20 mm	
4	Tipe semen yang dipakai			Indocement Tiga Roda (PCC)	
5	Struktur yang akan dibuat			Pondasi telapak tidak bertulang	
6	Keadaan			Tidak terlindung	
7	Data agregat			Keterangan	
		Pasir	batu pecah (alami)		
	Berat jenis (SSD) ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	2,59 <sup>(1)</sup>	2,69 <sup>(1)</sup>		ASTM C 128-01
	Kadar air	1,45 <sup>(2)</sup>	2,18 <sup>(2)</sup>		ASTM C 566-97 R05
	Resapan	0,84 <sup>(3)</sup>	1,74 <sup>(3)</sup>		ASTM C 128-01
	Berat volume ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	4068	4226	ASTM C 127-01	
8	Hasil analisis saringan			Keterangan	
		FM	Zona		
	Agregat halus	2,82 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(6)</sup>		ASTM C 136-96a, ASTM C 33-03 dan SNI 03-2843-2000 Grafik 2
	Agregat kasar	6,20 dan 6,71 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(6)</sup>	ASTM C 136-96a dan SNI 03-2843-2000 Grafik 9	

Keterangan:

- Angka (1),(2),(3),(4),(5),(6) diambil saat percobaan material yang ditampilkan pada Bab IV.

Tabel 3.2 Perencanaan Mix Desain Beton Metode DOE  
(25 MPa).

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan karakteristik	Ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan (10% x no.1)	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	no.1+ no.3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
6	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
7	FAS bebas	Gambar 3.1	0,58
8	FAS maksimum	Tabel 3.7	0,6
9	Slump	Ditetapkan	60-180/120 mm
10	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	no.11/no.7	353 kg/m <sup>3</sup>
13	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
14	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
15	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	53%
16	prosentase agregat kasar	100%- no.15	47%
17	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.15 + Berat jenis kasar x no.16	2,64
18	Berat beton	Gambar 3.3	2406 kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agregat gabungan	no.18 - no.12 - no.11	1847,6 kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agregat halus	no.19 x no.15	979,2 kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agregat kasar	no.19 x no.16	868 kg/m <sup>3</sup>

Didapat kebutuhan per 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD adalah:

1. Semen = 353 kg/m<sup>3</sup>
2. Air = 205 kg/m<sup>3</sup>
3. Pasir = 979,2 kg/m<sup>3</sup>
4. Batu pecah = 868 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 3.3 Perencanaan Mix Desain Beton Metode DOE  
(30 MPa).

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan (10% x no.1)	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	no.1+ no.3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
6	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
7	FAS bebas	Gambar 3.1	0,53
8	FAS maksimum	Tabel 3.7	0,6
9	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
10	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	no.11/no.7	387 kg/m <sup>3</sup>
13	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
14	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
15	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	52,0%
16	prosentase agregat kasar	100%- no.15	48,0%
17	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.15 + Berat jenis kasar x no.16	2,64
18	Berat beton	Gambar 3.3	2406 kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agregat gabungan	no.18 - no.12 - no.11	1814 kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agregat halus	no.19 x no.15	943,4 kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agregat kasar	no.19 x no.16	870,8 kg/m <sup>3</sup>

Didapat kebutuhan per 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD adalah:

1. Semen = 387 kg/m<sup>3</sup>
2. Air = 205 kg/m<sup>3</sup>
3. Pasir = 943,3 kg/m<sup>3</sup>
4. Batu pecah = 870,8 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 3.4 Perencanaan Mix Desain Beton Metode DOE  
(45 MPa).

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviiasi standar (Sr)	ditetapkan (10% x no.1)	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	no.1+ no.3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
6	Jenis Agregat		batu pecah
	kasar :		Pasir
	halus :		0,39
7	FAS bebas	Gambar 3.1	0,6
8	FAS maksimum	Tabel 3.7	60-180/120 mm
9	Slump	ditetapkan	
10	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	no.11/no.7	525,6 kg/m <sup>3</sup>
13	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
14	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
15	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	51%
16	prosentase agregat kasar	100%- no.15	49%
17	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.15 + Berat jenis kasar x no.16	2,64
18	Berat beton	Gambar 3.3	2406 kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agregat gabungan	no.18 - no.12 - no.11	1675,4 kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agregat halus	no.19 x no.15	854 kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agregat kasar	no.19 x no.16	820,9 kg/m <sup>3</sup>

Didapat kebutuhan per 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD adalah:

1. Semen = 525,6 kg/m<sup>3</sup>
2. Air = 205 kg/m<sup>3</sup>
3. Pasir = 854 kg/m<sup>3</sup>
4. Batu pecah = 820,9 kg/m<sup>3</sup>

Penjelasan langkah-langkah pembuatan rencana campuran beton normal dilakukan sebagai berikut:

1. Ambil kuat beton yang ditentukan pada umur 28 hari yaitu 25 MPa, 30 MPa, 45 MPa
2. Hitung deviasi standar, bagian cacat 10% pada saat 28 hari yaitu 2,5 MPa, 3,5 MPa, 4,5 MPa
3. Hitung nilai tambah dengan mengkalikan faktor koefisien 1,34 dikali dengan standar deviasi,  $M = 1,34 \times S_r = 3,35$  MPa, 4,02 MPa, 6,03 MPa dan dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 3.5 Kekuatan tekan rata-rata perlu bila data tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan, Mpa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, Mpa
$f_c \leq 35$	Gunakan nilai terbesar yang dihitung dari pers (5-1) dan (5-2) $f'_{cr} = f_c + 1,34S_s$ (5-1) $f'_{cr} = f_c + 2,33S_s - 3,5$ (5-2)
$f_c > 35$	Gunakan nilai terbesar yang dihitung dari pers (5-1) dan (5-3) $f'_{cr} = f_c + 1,34S_s$ (5-1) $f'_{cr} = 0,90f_c + 2,33S_s$ (5-3)

(Sumber: SNI 03-2847-2013)

4. Hitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan dengan menambahkan nilai pada butir (1) dan (3), didapat 28,35 MPa, 34,02 MPa, 51,03 MPa
5. Tetapkan jenis semen
6. Tentukan jenis agregat kasar dan halus, agregat ini dapat dalam bentuk batu tak dipecahkan atau dipecahkan.



7. Tentukan faktor air semen, dalam percobaan ini menggunakan Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, ikuti langkah-langkah berikut:
- Dari tabel 3.6 diketahui untuk agregat kasar batu pecah dan semen tipe 1 dengan benda uji silinder, maka perkiraan kuat tekan beton umur 28 hari dengan faktor air semen 0,5 adalah 37 MPa.

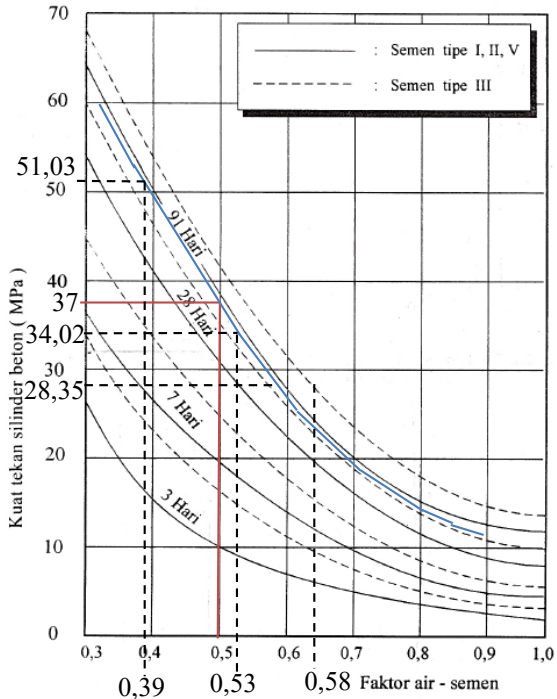
Tabel 3.6 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan Faktor Air Semen Dan Agregat kasar

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (Mpa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

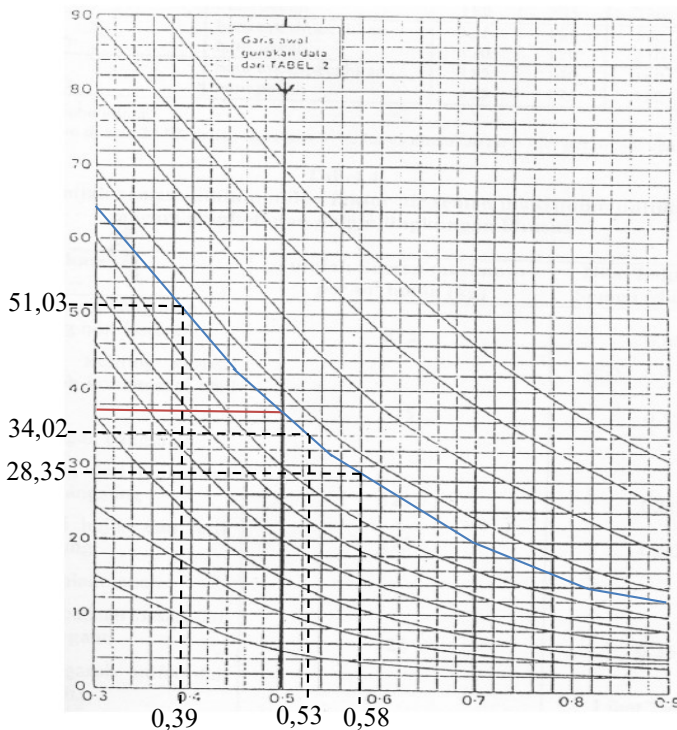
- Tarik garis lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada butir a.
- Tarik garis lengkung melalui titik pada butir b secara proposional.
- Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan di butir c di atas

- e) Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan, didapatkan faktor air semen sebesar 0,58, 0,53, 0,39.



Gambar 3.2 Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen (FAS) (Benda Uji Berbentuk Silinder D = 100mm, H = 200mm)

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.3 Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen (FAS) (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x150 mm)  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

8. Tetapkan faktor air semen maksimum (ditetapkan sebelumnya atau tidak). Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah, disini nilai FAS butir 7 tetap dipakai karena lebih kecil dari nilai FAS pada butir 8 yaitu 0,6.
9. Tetapkan slump 60-180 mm yaitu slumpnya sebesar 120 mm
10. Tetapkan ukuran agregat maksimum yaitu 20 mm

11. Tentukan nilai kadar air bebas, sesuai dengan butir 9 nilai slump 60-180 dan butir 10 ukuran maksimum 20 mm, didapatkan kadar air bebas sesuai persamaan 3.10 dan mendapatkan kadar air bebas sebesar 205 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} \times Wh + \frac{1}{3} \times Wk \quad (\text{pers 3.10})$$

Tabel 3.7 Perkiraan kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
	10				
	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan: Koreksi suhu udara:

Untuk suhu di atas 25 °C, setiap kenaikan 5 °C harus ditambah air 5 liter per m<sup>2</sup> adukan beton.

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

12. Hitung jumlah semen yang besarnya kadar semen adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen didapatkan sebesar 353, 387, 525,6 kg/m<sup>3</sup>
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan
14. Tentukan jumlah semen minimum pada tabel semen minimum pada tabel 3.8.

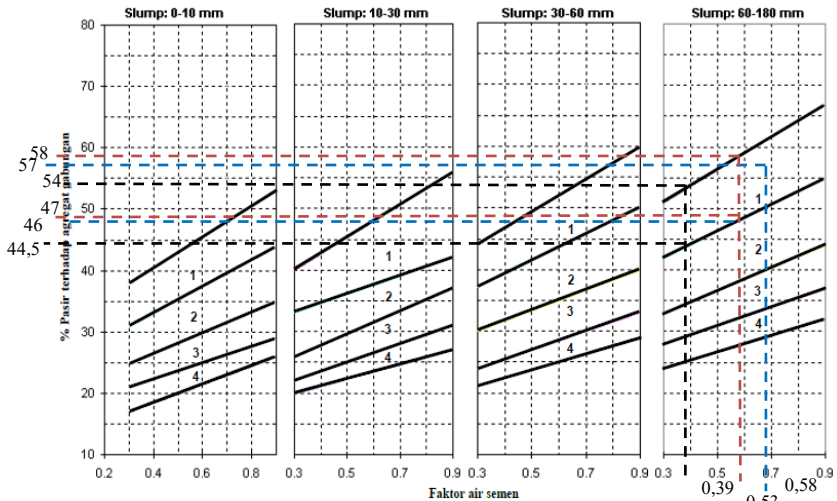
Tabel 3.8 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air-semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu bberhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

15. Tentukan susunan butir agregat halus, setelah dilakukan Analisa saringan pada agregat halus didapatkan agregat halus berada pada zona 2.
16. Tentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik persen bahan pada gambar 3.4, dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 7e, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah

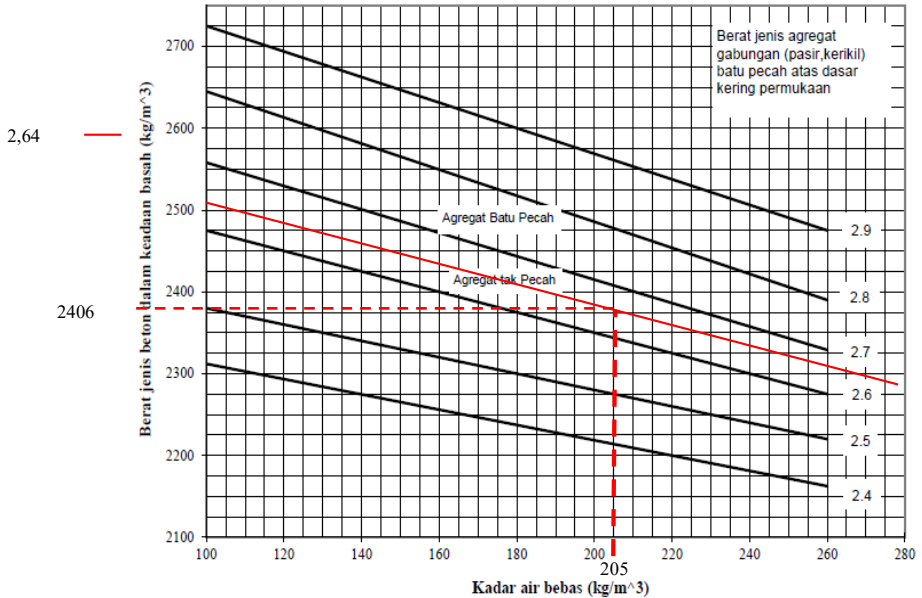
jumlah seluruhnya pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. didapat persentase sebesar 43%, 42,3%, 40%.



Gambar 3.4 Prosentase pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

17. Hitung berat jenis relatif agregat, sesuai dengan persentase dan berat jenis agregat halus dan kasar sesuai persamaan 3.11  

$$B_j \text{ Ag relatif} = (\% \text{ Ag halus} \times B_j \text{ Ag halus} + \% \text{ Ag kasar} \times B_j \text{ Ag kasar})$$
 (Pers 3.11)
18. Tentukan berat isi beton menurut grafik berat isi pada gambar 3.3 sesuai dengan kadar air bebas pada butir 11 dan berat jenis relatif dari agregat gabungan pada butir 17.  
 Didapatkan pada ketiga percobaan tersebut memiliki nilai berat jenis relatif sebesar 2,64.



Gambar 3.5 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

19. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton butir 18 dikurangi jumlah semen butir 12 dan kadar air bebas butir 11
20. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 16 dengan agregat gabungan butir 19
21. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 19 dikurangi kadar agregat halus butir 20, dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 21 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD.

22. Kondisi ideal dari agregat adalah kondisi jenuh kering permukaan (SSD), dimana kondisi actual biasanya tidak memenuhi syarat tersebut. karenanya angka-angka teoritis harus dikoreksi terhadap resapan, kadar air dan temperature saat pengecoran.

Karena SSD maka diperlukan koreksi terhadap air

Rumus berat koreksi = (Pers 3.12)

$$(\text{selisih kadar air dan penyerapan air}) \times \frac{\text{berat}}{100}$$

Jika :

- 1) penyerapan air < kadar air, maka material tersebut ditambah seberat koreksi dan air dikurangi seberat koreksi,
- 2) penyerapan air > kadar air, maka material tersebut dikurangi seberat koreksi dan air ditambah seberat koreksi.

1. Berat koreksi (25 MPa) :

- pasir , resapan air < kadar air = 0,84 > 1,45
- berat koreksi pasir -5,97 kg/m<sup>3</sup>
- batu pecah, resapan air < kadar air = 2,1 > 1,9
- berat koreksi batu pecah -3,82 kg/m<sup>3</sup>

Maka didapat berat asli:

- Semen = 353 kg/m<sup>3</sup>
- Air = 195,2 kg/m<sup>3</sup>
- Pasir = 985,2 kg/m<sup>3</sup>
- Batu pecah = 872,2 kg/m<sup>3</sup>

2. Berat koreksi (30 MPa) :

- pasir , resapan air < kadar air = 0,84 > 1,45
- berat koreksi pasir -5,75 kg/m<sup>3</sup>
- batu pecah, resapan air < kadar air = 2,1 > 1,9



- berat koreksi batu pecah            -3,83    kg/m<sup>3</sup>

Maka didapat berat asli:

- Semen                    = 387            kg/m<sup>3</sup>
- Air                        = 195            kg/m<sup>3</sup>
- Pasir                     = 949,1         kg/m<sup>3</sup>
- Batu pecah            = 875            kg/m<sup>3</sup>

3. Berat koreksi (45 MPa) :

- pasir , resapan air < kadar air = 0,84 > 1,45
- berat koreksi pasir                    -5,21    kg/m<sup>3</sup>
- batu pecah, resapan air < kadar air = 2,1 > 1,9
- berat koreksi batu pecah            -3,61    kg/m<sup>3</sup>

Maka didapat berat asli:

- Semen                    = 525,6         kg/m<sup>3</sup>
- Air                        = 196,2         kg/m<sup>3</sup>
- Pasir                     = 859,6         kg/m<sup>3</sup>
- Batu pecah            = 824,5         kg/m<sup>3</sup>

Untuk *mix design* pada campuran beton *fly ash* terdapat perbedaan pada kadar air bebas yang dimana terjadi pengurangan kadar air (*water reduction*), dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.9 Tabel Reduksi Kadar Air ( $\text{kg/m}^3$ ) pada beton mengandung *fly ash*

Slump (mm)	10	10-30	30-60	60-180
Proporsi <i>fly ash</i> terhadap (semen+ <i>fly ash</i> ) dalam %	Reduksi kadar air ( $\text{kg/m}^3$ )			
10	5	5	5	10
20	10	10	10	15
30	15	15	20	20
40	20	20	25	25
50	25	25	30	30

Berikut contoh perhitungan rancangan *mix design* pada campuran beton *fly ash* yang dimana proporsi *fly ash* terdiri dari (20%, 30%, 40%, 50%) terhadap berat semen, dapat dilihat pada Tabel 3.11, 3.12, 3.13. Untuk perencanaan *mix design* yang lain dapat dilihat di lampiran hasil *mix design* metode DOE (beton *fly ash*). :

Tabel 3.10 Data Bahan Perancangan Beton *Fly Ash*

1	Agregat kasar yang dipakai			Batu pecah (alami)	
2	Agregat halus yang dipakai			Pasir	
3	Diameter agregat kasar maksimum			20 mm	
4	Tipe semen yang dipakai			Indocement Tiga Roda (PCC)	
5	Tipe <i>fly ash</i> yang dipakai			<i>Fly ash</i> kelas F PT. Petrokimia Gresik	
6	Struktur yang akan dibuat			Pondasi telapak tidak bertulang	
7	Keadaan			Tidak terlindung	
8	data agregat			Keterangan	
		pasir	batu pecah (alami)		
	Berat jenis (SSD) (kg/m <sup>3</sup> )	2,59 <sup>(1)</sup>	2,69 <sup>(1)</sup>		ASTM C 128-01
	Kadar air	1,45 <sup>(2)</sup>	2,18 <sup>(2)</sup>		ASTM C 566-97 R05
	Resapan	0,84 <sup>(3)</sup>	1,74 <sup>(3)</sup>		ASTM C 128-01
	Berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )	4068	4226		ASTM C 127-01
9	Hasil analisis saringan			Keterangan	
		FM	Zona		
	Agregat halus	2,82 <sup>(4)</sup>	1 <sup>(5)</sup>		ASTM C 136-96a, ASTM C 33-03 dan SNI 03-2843-2000 Grafik 2
	Agregat kasar	6,71 <sup>(4)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	ASTM C 136-96a dan SNI 03-2843-2000 Grafik 9	

Keterangan:

- Angka (1),(2),(3),(4),(5),(6) diambil saat percobaan material yang ditampilkan pada Bab IV

Tabel 3.11 Perencanaan Mix Desain Metode DOE Beton FA 20-25 MPa.

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		batu pecah
	kasar :		pasir
	halus :		
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,58
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,46
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	20 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	15 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	190 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	167 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	360 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	335 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	84 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	419 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,40
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	48,9%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	51,1%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2420 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1834 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	896 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	938 kg/m <sup>3</sup>

Didapat kebutuhan per 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD adalah:

- |                   |         |                   |
|-------------------|---------|-------------------|
| 1. Semen          | = 335   | kg/m <sup>3</sup> |
| 2. <i>Fly ash</i> | = 84    | kg/m <sup>3</sup> |
| 3. Air            | = 167,2 | kg/m <sup>3</sup> |
| 4. Pasir          | = 896   | kg/m <sup>3</sup> |
| 5. Batu pecah     | = 938   | kg/m <sup>3</sup> |

Tabel 3.12 Perencanaan Mix Desain Metode DOE Beton FA 30-30 MPa.

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,53
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,37
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	30 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	20 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	185 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	162,8 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	438,8 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	388,8 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	166,6 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	555,5 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,29
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2425 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1706,7 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	793,6 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	913 kg/m <sup>3</sup>

Didapat kebutuhan per 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD adalah:

- |                   |         |                   |
|-------------------|---------|-------------------|
| 1. Semen          | = 388,8 | kg/m <sup>3</sup> |
| 2. <i>Fly ash</i> | = 166,6 | kg/m <sup>3</sup> |
| 3. Air            | = 162,8 | kg/m <sup>3</sup> |
| 4. Pasir          | = 793,6 | kg/m <sup>3</sup> |
| 5. Batu pecah     | = 913   | kg/m <sup>3</sup> |

Tabel 3.13 Perencanaan Mix Desain Metode DOE Beton FA 40-45 MPa.

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas (w/(c+0,3f))	Gambar 3.1	0,39
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,30
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	40 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	25 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	180 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	0,88% x no.16 (ASTM C494)	158,4 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	528,0 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	440,0 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	293,3 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	733,3 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,22
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2428 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1536,3 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	714,4 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	821,9 kg/m <sup>3</sup>



Didapat kebutuhan per 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD adalah:

1. Semen = 440 kg/m<sup>3</sup>
2. *Fly ash* = 293,3 kg/m<sup>3</sup>
3. Air = 158,4 kg/m<sup>3</sup>
4. Pasir = 714,4 kg/m<sup>3</sup>
5. Batu pecah = 821,9 kg/m<sup>3</sup>

Penjelasan langkah-langkah pembuatan rencana campuran beton normal dengan *fly ash* dilakukan sebagai berikut:

1. Langkah nomor 1 – nomor 6 sama seperti langkah pembuatan campuran beton normal.
2. Tentukan faktor air semen, dalam percobaan ini menggunakan gambar 3.1, ikuti langkah-langkah berikut:
  - a) Dari tabel 3.6 diketahui untuk agregat kasar batu pecah dan semen tipe 1 dengan benda uji silinder, maka perkiraan kuat tekan beton umur 28 hari dengan faktor air semen 0,5 adalah 37 MPa.
  - b) Tarik garis lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada butir a.
  - c) Tarik garis lengkung melalui titik pada butir b secara proposional.
  - d) Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan di butir c di atas
3. Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan, didapatkan faktor air semen sebesar 0,58, 0,53, 0,39  
Dimana perbedaan dari campuran beton *fly ash* adalah nilai faktor air semen yang didapat merupakan nilai faktor air semen dan *fly ash* ( $W/(C+kF)$ ).
4. K pada faktor air semen dan *fly ash* adalah nilai faktor efisiensi semen yang dimana nilai tersebut berkisar (0,2-0,45) dan diambil nilai tengahnya yaitu 0,3 dan bisa dilihat pada persamaan 2.1
5. Tetapkan faktor air semen maksimum, pada beton berbahan *fly ash* dimana air tidak bereaksi terhadap *fly ash* maka air yang bersisa akan dibuang dan berpengaruh terhadap nilai faktor air semen dan *fly ash* ( $W/(C+kF)$ ), didapat perkiraan faktor air maksimum sebesar :  
FAS maksimum :

- a) 25 MPa, *fly ash* (20%) = 0,46
- b) 25 MPa, *fly ash* (30%) = 0,41
- c) 25 MPa, *fly ash* (40%) = 0,35
- d) 25 MPa, *fly ash* (50%) = 0,29
- e) 30 MPa, *fly ash* (20%) = 0,42
- f) 30 MPa, *fly ash* (30%) = 0,37
- g) 30 MPa, *fly ash* (40%) = 0,32
- h) 30 MPa, *fly ash* (50%) = 0,27
- i) 45 MPa, *fly ash* (20%) = 0,31
- j) 45 MPa, *fly ash* (30%) = 0,27
- k) 45 MPa, *fly ash* (40%) = 0,23
- l) 45 MPa, *fly ash* (50%) = 0,20

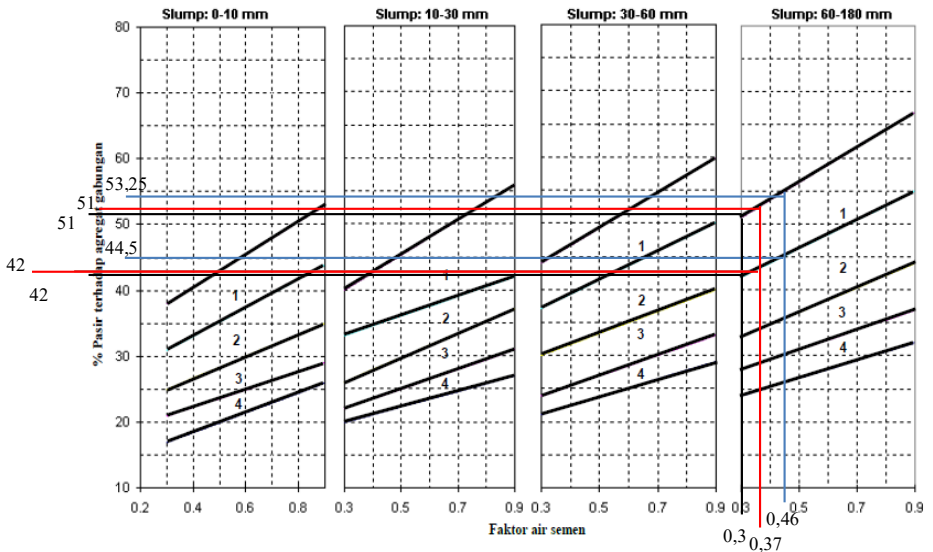
Apabila nilai FAS maksimum didapatkan kurang dari 0,3. Nilai FAS maksimum yang digunakan sebesar 0,3 karena mempermudah pembuatan benda uji beton (pengecoran).

6. Tetapkan slump 60-180 mm yaitu slump sebesar 120 mm
7. Tetapkan ukuran agregat maksimum yaitu 20 mm
8. Tentukan nilai kadar air bebas, sesuai dengan butir 6 nilai slump 60-180 dan butir 7 ukuran maksimum 20 mm, didapatkan kadar air bebas sebesar 205 kg/m<sup>3</sup> dari tabel 3.7 dan sesuai persamaan 3.10
9. Pada campuran beton berbahan *fly ash* terdapat pengurangan air (*water reduction*) yang dimana pengurangan air disesuaikan dengan proporsi *fly ash* dapat dilihat dari tabel 3.9
10. Maka didapatkan kadar air bebas baru yang dimana hasil pengurangan dari kadar air bebas 1 dan *water reduction* (tabel 3.9). Didapat kadar air bebas 2 sebesar :
  - a) *Fly ash* (20%):  $205 - 15 = 190 \text{ kg/m}^3$
  - b) *Fly ash* (30%):  $205 - 20 = 185 \text{ kg/m}^3$
  - c) *Fly ash* (40%):  $205 - 25 = 180 \text{ kg/m}^3$
  - d) *Fly ash* (50%):  $205 - 30 = 175 \text{ kg/m}^3$
11. Terjadi pengurangan kadar air pada saat penggunaan *superplasticizer* (SP), yang dimana digunakan SP termasuk tipe F (*High Range Water Reducing*), untuk tipe

F kadar air kontrol sebesar 88% dari kadar air bebas 2 (ASTM C494):

- a) Kadar air bebas 3 (FA 20%):  $88\% \times \text{Kadar air bebas 2 (FA 20\%)}: 167,2 \text{ kg/m}^3$
  - b) Kadar air bebas 3 (FA 30%):  $88\% \times \text{Kadar air bebas 2 (FA 30\%)}: 162,8 \text{ kg/m}^3$
  - c) Kadar air bebas 3 (FA 40%):  $88\% \times \text{Kadar air bebas 2 (FA 40\%)}: 158,4 \text{ kg/m}^3$
  - d) Kadar air bebas 3 (FA 50%):  $88\% \times \text{Kadar air bebas 2 (FA 50\%)}: 154 \text{ kg/m}^3$
12. Didapatkan jumlah semen dengan menggunakan persamaan 2.3
  13. Didapatkan jumlah *fly ash* dengan menggunakan persamaan 2.4
  14. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan
  15. Tentukan jumlah semen minimum pada tabel semen minimum pada tabel 3.8 sebesar  $325 \text{ kg/m}^3$
  16. Totalkan jumlah semen dan jumlah *fly ash* didapatkan jumlah *cementitious* (CT)
  17. Karena terjadi perubahan pada kadar air bebas dan jumlah semen dan *fly ash* (*cementitious*) maka dilakukan perhitungan ulang pada faktor air semen. Dimana kadar air bebas digunakan kadar air bebas 3. Didapatkan faktor air semen sebesar kadar air bebas 3 dibagi jumlah *cementitious* (W/CT)
  18. Tentukan susunan butir agregat halus, setelah dilakukan Analisa saringan pada agregat halus didapatkan agregat halus berada pada zona 1.
  19. Tentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik persen bahan pada gambar 3.6, dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 7, slump menurut butir 6, faktor air semen menurut butir 17, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah

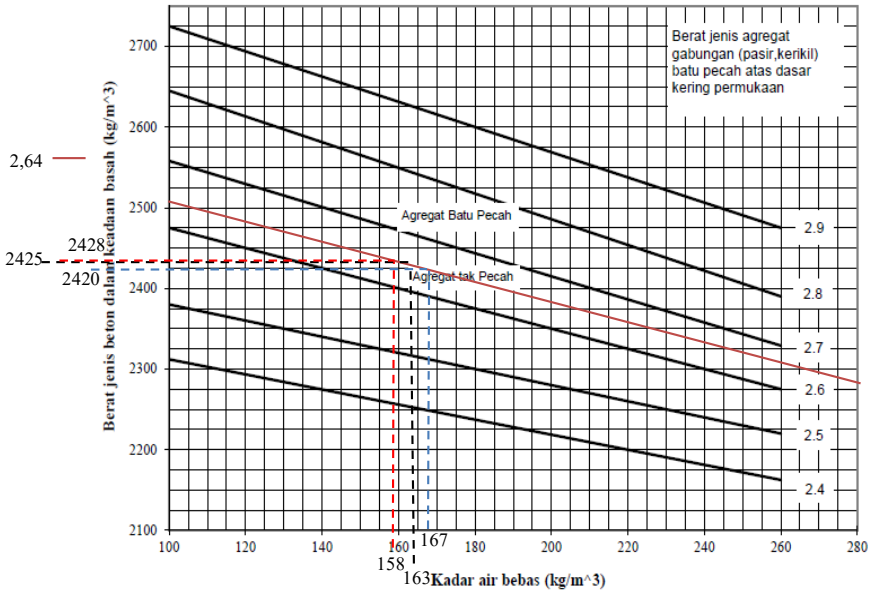
jumlah seluruhnya pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm.



Gambar 3.6 Prosentase pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (*Fly ash*)  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

20. Hitung berat jenis relatif agregat sesuai dengan persamaan 3.11
21. Tentukan berat isi beton menurut grafik berat isi pada gambar 3.3 sesuai dengan kadar air bebas pada butir 11 dan berat jenis relatif dari agregat gabungan pada butir 20.

Didapatkan pada semua percobaan beton berbahan *fly ash* tersebut memiliki nilai berat jenis relatif sebesar 2,64



Gambar 3.7 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (*Fly ash*)  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

22. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton 21 dikurangi jumlah *cementitious* butir 16 dan kadar air bebas butir 11
23. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 19 dengan kadar agregat gabungan butir 22
24. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 22 dikurangi kadar agregat halus butir 23, dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton dalam keadaan SSD.

25. Kondisi ideal dari agregat adalah kondisi jenuh kering permukaan (SSD), dimana kondisi actual biasanya tidak memenuhi syarat tersebut. karenanya angka-angka teoritis harus dikoreksi terhadap resapan, kadar air dan temperature saat pengecoran.

Karena SSD maka diperlukan koreksi terhadap air sesuai persamaan 3.12 :

Jika :

- 1) penyerapan air < kadar air, maka material tersebut ditambah seberat koreksi dan air dikurangi seberat koreksi,
- 2) penyerapan air > kadar air, maka material tersebut dikurangi seberat koreksi dan air ditambah seberat koreksi.

A. Berat koreksi beton *fly ash* (25 MPa)

1. Berat koreksi (25 MPa, *fly ash* 20%) :

- pasir, resapan air > kadar air = 0,84 > 1,45
- berat koreksi pasir = -5,47 kg/m<sup>3</sup>
- batu pecah, resapan air > kadar air = 1,74 > 2,18
- berat koreksi batu pecah = -4,13 kg/m<sup>3</sup>

Maka didapat berat asli:

- Semen = 335 kg/m<sup>3</sup>
- *Fly ash* = 83,8 kg/m<sup>3</sup>
- Air = 157,6 kg/m<sup>3</sup>
- Pasir = 901,7 kg/m<sup>3</sup>
- Batu pecah = 941,7 kg/m<sup>3</sup>

2. Berat koreksi (30 MPa, *fly ash* 30%) :

- pasir, resapan air > kadar air = 0,84 > 1,45
- berat koreksi pasir = -4,84 kg/m<sup>3</sup>
- batu pecah, resapan air > kadar air = 1,74 > 2,18
- berat koreksi batu pecah = -4,02 kg/m<sup>3</sup>

Maka didapat berat asli:

- Semen	= 388,8	kg/m <sup>3</sup>
- <i>Fly ash</i>	= 166,6	kg/m <sup>3</sup>
- Air	= 153,9	kg/m <sup>3</sup>
- Pasir	= 798,5	kg/m <sup>3</sup>
- Batu pecah	= 917,7	kg/m <sup>3</sup>

3. Berat koreksi (45 MPa, *fly ash* 40%) :

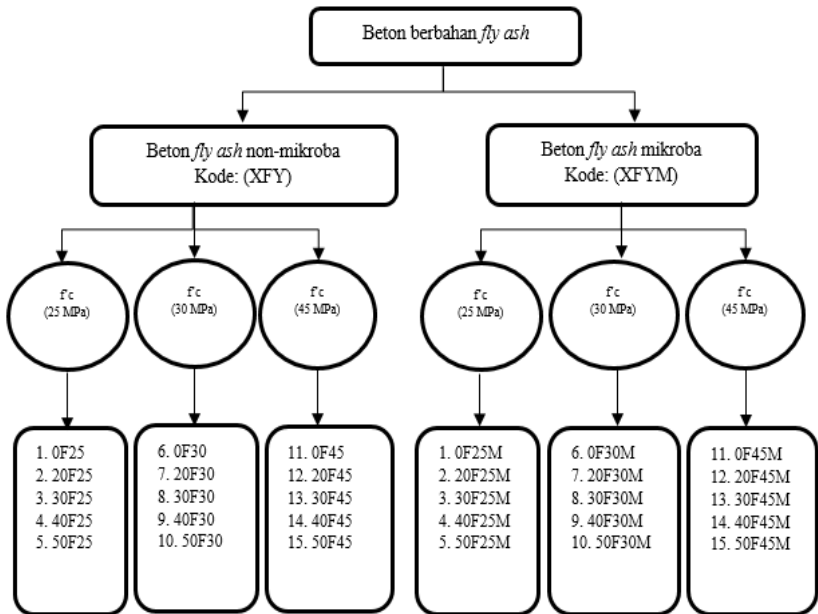
- pasir, resapan air > kadar air = 0,84 > 1,45		
- berat koreksi pasir	-4,36	kg/m <sup>3</sup>
- batu pecah, resapan air > kadar air = 1,74 > 2,18		
- berat koreksi batu pecah	-3,62	kg/m <sup>3</sup>

Maka didapat berat asli:

- Semen	= 440	kg/m <sup>3</sup>
- <i>Fly ash</i>	= 293,3	kg/m <sup>3</sup>
- Air	= 150,4	kg/m <sup>3</sup>
- Pasir	= 719	kg/m <sup>3</sup>
- Batu pecah	= 825,5	kg/m <sup>3</sup>



Karena terdapat banyak variasi beton, diberikan kode atau penamaan pada setiap variasi beton untuk mempermudah dalam mengumpulkan dan mengelompokkan data dari semua hasil uji test maupun saat melakukan uji test. Berikut flowchart dari variasi benda uji pada Gambar 3.8:



Gambar 3.8 Flowchart Variasi Benda Uji Beton

Keterangan:

XFYM: X : % *Fly ash* terhadap berat semen.  
 F : *Fly ash*.  
 Y : Kuat tekan.  
 M : Penggunaan mikroba.

Tabel 3.14 Tabel Variasi/komposisi *mix design* beton.

Ket.	X	F	Y	M	XFYM	Keterangan Benda Uji
No.	Kadar <i>fly ash</i> (%)	<i>Fly ash</i>	Kuat tekan rencana	Mikroba	Kode Benda Uji	
1	0	F	25		0F25	Normal
2			30		0F30	Normal
3			45		0F45	Normal
4			25	M	0F25M	Normal + Mikroba
5			30	M	0F30M	Normal + Mikroba
6			45	M	0F45M	Normal + Mikroba
7	20		25		20F25	<i>Fly Ash</i> (20%)
8			30		20F30	<i>Fly Ash</i> (20%)
9			45		20F45	<i>Fly Ash</i> (20%)
10			25	M	20F25M	<i>Fly Ash</i> (20%) + Mikroba
11			30	M	20F30M	<i>Fly Ash</i> (20%) + Mikroba
12			45	M	20F45M	<i>Fly Ash</i> (20%) + Mikroba
13	30		25		30F25	<i>Fly Ash</i> (30%)
14			30		30F30	<i>Fly Ash</i> (30%)
15			45		30F45	<i>Fly Ash</i> (30%)
16			25	M	30F25M	<i>Fly Ash</i> (30%) + Mikroba
17			30	M	30F30M	<i>Fly Ash</i> (30%) + Mikroba
18			45	M	30F45M	<i>Fly Ash</i> (30%) + Mikroba
19	40		25		40F25	<i>Fly Ash</i> (40%)
20			30		40F30	<i>Fly Ash</i> (40%)
21			45		40F45	<i>Fly Ash</i> (40%)
22			25	M	40F25M	<i>Fly Ash</i> (40%) + Mikroba
23			30	M	40F30M	<i>Fly Ash</i> (40%) + Mikroba
24			45	M	40F45M	<i>Fly Ash</i> (40%) + Mikroba
25	50		25		50F25	<i>Fly Ash</i> (50%)
26			30		50F30	<i>Fly Ash</i> (50%)
27			45		50F45	<i>Fly Ash</i> (50%)
28			25	M	50F25M	<i>Fly Ash</i> (50%) + Mikroba
29			30	M	50F30M	<i>Fly Ash</i> (50%) + Mikroba
30			45	M	50F45M	<i>Fly Ash</i> (50%) + Mikroba

Pada tabel 3.14, terdapat sebanyak 30 buah variasi beton pada penelitian ini yang terbagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Beton berbahan *fly ash* non-mikroba : 15 buah variasi
2. Beton berbahan *fly ash* mikroba : 15 buah variasi

Untuk 1 variasi dari total 30 variasi dibuat sebanyak 18 benda uji silinder, untuk pembagian kegunaan benda uji sebagai berikut:

- a) 15 benda uji digunakan untuk uji kuat tekan umur (3,7,14,21,28) hari.
- b) 3 benda uji digunakan untuk tarik belah umur 28 hari.

Untuk 1 variasi dari 15 variasi beton (beton berbahan *fly ash* dan beton normal) dibuat sebanyak 2 benda uji kubus, untuk pembagian kegunaan benda uji sebagai berikut :

- a) 2 benda uji digunakan untuk mengukur panas hidrasi beton dengan thermocouple dan data logger.

Maka total benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini sebesar **570 benda uji**, dengan pembagian sebagai berikut:

- a) 30 variasi beton x 18 benda uji silinder = **540 benda uji**.
- b) 15 variasi beton x 2 benda uji kubus = **30 benda uji**.

### **3.5 Pembuatan benda uji**

#### **3.5.1 Benda uji silinder**

Pembuatan benda uji digunakan cetakan silinder ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm yang di pakai untuk pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah/*split* beton.

#### **3.5.2 Benda uji kubus**

Pembuatan benda uji digunakan cetakan kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang di pakai untuk pengukuran panas hidrasi beton.

### **3.6 Pengukuran suhu beton (panas hidrasi) menggunakan Thermocouple dan data logger.**

Beton segar akan dimasukkan ke dalam 2 benda uji kubus untuk di rekam perkembangan temperatur beton dengan data

logger melalui kabel thermocouple. Pada penelitian Ekaputri dkk (2010) mengukur susut dan temperatur dari mortar yang di cetak dengan silinder diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Dan di rekam susut dan temperature dengan data logger melalui strain gauge (di dalamnya sudah termasuk thermocouple). Untuk pengukurannya dimasukkan kabel thermocouple sampai ke titik tengah beton dan di rekam perkembangan suhu dengan data logger sampai 1 hari untuk mendapatkan suhu tertinggi.



Gambar 3.9 Pengukuran suhu (panas hidrasi) beton dengan *thermocouple*

### 3.7 Uji Slump Beton (ASTM C 143/ASTM C 143M-03).

Terbuatnya beton segar dari pengecoran, sebelum dimasukkan ke dalam cetakan, akan dilakukan uji slump beton berguna untuk melihat kemerosotan atau workability dari sebuah beton apakah sesuai dengan rencana *mix design* yang dibuat.



Gambar 3.10 Uji slump beton

### **3.8 Proses Curing**

#### **3.8.1 Proses curing beton**

Proses curing beton dilakukan dengan cara moist yaitu menutupi beton dengan karung atau kain yg sudah di basahi oleh air.



Gambar 3.11 Curing moist pada beton

### **3.9 Pengujian benda uji**

#### **3.9.1 Test kuat tekan (ASTM C39).**

Test kuat tekan hancur bertujuan untuk mengetahui kapasitas kuat tekan beton yang telah dibuat. Pengtesan dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, 28 hari dan kuat tekan rencana 25 MPa, 30

MPa, 45 MPa dengan jumlah benda uji 3 buah untuk setiap pengetestan beton. Pengetestan ini dilakukan di Laboratorium Beton. Dari hasil pengetestan dapat diketahui beban maksimum untuk setiap benda uji, sehingga tegangan yang terjadi dinyatakan dalam persamaan 3.16.

$$\sigma' = \frac{P \cdot 1000}{A} \quad (\text{pers 3.16})$$

Dimana:

- a.  $\sigma'$  = kuat tekan hancur umur x hari (MPa)
- b. P = beban maksimum yang ditunjukkan mesin pada saat pengetestan (KN)
- c. A = Luas permukaan tekan ( $\text{mm}^2$ ).



Gambar 3.12 Tes kuat tekan beton

### 3.9.2 Tes kuat tarik belah/*split* (ASTM C496)

Tes *split* bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik belah beton. Pengetestan dilakukan hanya pada umur beton 28 hari dengan jumlah sample minimal 3 buah untuk setiap pengetestan. Pengetestan ini dilakukan di Laboratorium Beton. Dari hasil pengetestan dapat diketahui beban maksimum untuk setiap benda uji, sehingga tegangan yang terjadi dinyatakan dalam persamaan 3.17.

$$T = \frac{2.P.1000}{\pi.l.d} \quad (\text{pers 3.17})$$

Dimana:

- a. T = kuat tarik belah (MPa)
- b. P = beban maksimum yang ditunjukkan mesin pada saat pengetesan (KN)
- c. l = Panjang benda uji (mm)
- d. d = Diameter benda uji (mm)



Gambar 3.13 Tes tarik belah beton

### 3.10 Validasi data menggunakan ACI-214-R11

Dilakukan analisa data untuk melihat validasi data dengan evaluasi standar variasi dan Keterangan diatur dalam ACI -214R-11 yang tercantum pada Tabel 3.28 dan Tabel 3.29

Tabel 3.15 Standar kontrol beton untuk  $f^c \leq 35$  MPa

<b>Variasi keseluruhan</b>					
Kelompok pekerjaan	Standar deviasi untuk standar kontrol yang berbeda (MPa)				
	Istimewa	Sangat baik	Baik	Cukup	Kurang
Pengujian untuk konstruksi umum	< 2,8	2,8 - 3,4	3,4 - 4,1	4,1 - 4,8	> 4,8
Sekumpulan percobaan laboratorium	< 1,4	1,4 - 1,7	1,7 - 2,1	2,1 - 2,4	> 2,4

Tabel 3.16 Standar kontrol beton untuk  $f^c \geq 35$  MPa

<b>Variasi keseluruhan</b>					
Kelompok pekerjaan	Standar deviasi untuk standar kontrol yang berbeda (MPa)				
	Istimewa	Sangat baik	Baik	Cukup	Kurang
Pengujian untuk konstruksi umum	< 7	7 - 9	9 - 11	11 - 14	> 14
Sekumpulan percobaan laboratorium	< 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5	5 - 7	> 7

### 3.11 Analisa dan Pembahasan

Setelah semua benda uji di tes, semua data hasil pengujian dicatat dan diolah untuk mendapatkan hasil perbandingan komposisi yang telah dirancang.

### 3.12 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diketahui komposisi optimum campuran yang telah direncanakan berdasarkan nilai kekuatan beton yang paling tinggi dari hasil percobaan, pengaruh mikroba dan *fly ash* terhadap kuat tekan beton.



## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan hasil seluruh percobaan yang telah dilakukan untuk kemudian dianalisa dan ditarik kesimpulan. Hasil percobaan yang dilakukan meliputi hasil uji karakteristik material, hasil *mix design* beton, hasil analisa beton. Data-data dari hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dilakukan analisis dari hasil tersebut.

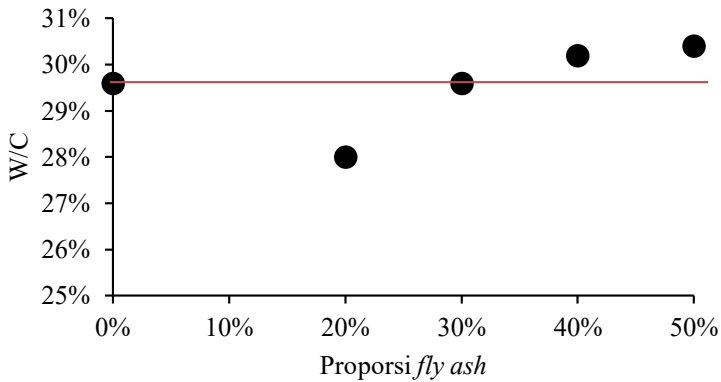
### 4.2 Uji karakteristik material

#### 4.2.1 Uji konsistensi normal

Untuk pembuatan benda uji, perlu dicari kebutuhan air yang tepat saat bereaksi dengan binder. Dalam pengujian ini berat semen yang digunakan dalam uji ini sebesar 250 gr untuk konsistensi normal semen PCC Tiga Roda dan untuk konsistensi normal pada campuran semen dan *fly ash* digunakan berat total sebesar 300 gr. Kadar air yang digunakan pada uji didapat dengan cara mencoba-coba perbandingan air dari berat semen/binder (semen + *fly ash*) sampai mendapatkan penurunan 10 mm.

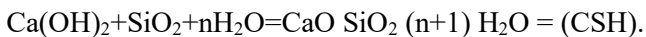
Tabel 4.1 Konsistensi normal beton.

Proporsi <i>Fly Ash</i>	Konsistensi Normal (W/C)
0%	29.6%
20%	28.0%
30%	29.6%
40%	30.2%
50%	30.4%



Gambar 4.1 Grafik konsistensi normal terhadap proporsi *fly ash*

Dari Gambar 4.1 didapat bahwa kadar *fly ash* naik menyebabkan konsistensi normal juga naik di mulai dari kadar *fly ash* 30%. Disebabkan semakin banyak kadar *fly ash* yang digunakan maka komposisi senyawa pada *fly ash* ( $\text{SiO}_2$ ) semakin banyak dan membutuhkan air yang sama besar dengan kadar ( $\text{SiO}_2$ ) yang bereaksi dengan hasil hidrasi semen ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) untuk menghasilkan CSH (bahan perekat yang akan mengeras). Untuk reaksi sebagai berikut.



#### 4.2.2 Uji *setting time*

Dari hasil uji konsistensi normal didapat kadar air yang optimum, hasil ini yang digunakan untuk melakukan pengujian *setting time* semen. Campuran untuk yang diuji yaitu P0F, P20F, P30F, P40F, P50F.

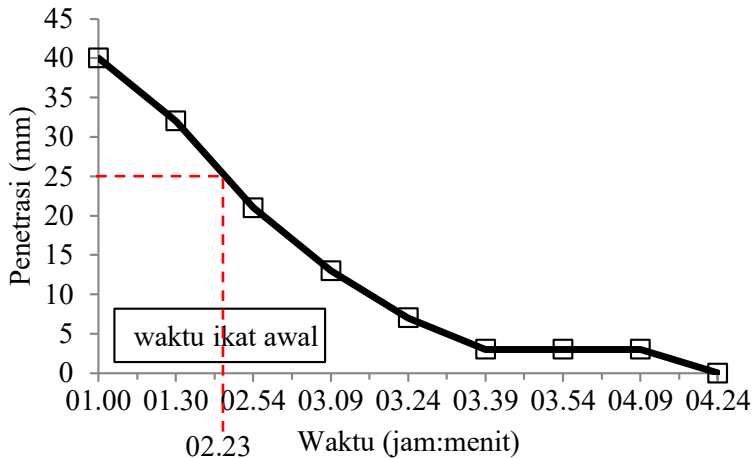
Keterangan:

PXFM

P : Pasta

X : % *Fly ash* terhadap berat semen.

F : *Fly ash*.  
 M : Penggunaan mikroba.



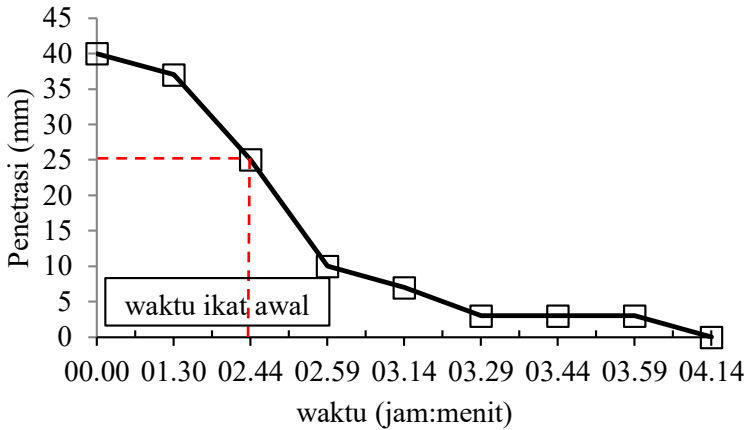
Gambar 4.2 Grafik *setting time* pasta POF

Dari grafik *setting time* pada Gambar 4.2 didapat

$y = 25 \text{ mm}$        $x = 143 \text{ menit}$

$y = 0 \text{ mm}$        $x = 264 \text{ menit}$

sehingga dapat diketahui untuk pasta POF mengalami pengikatan awal (waktu mengikat) selama 143 menit dan pengikatan akhir (waktu mengeras) selama 264 menit. Waktu mengikat dan mengeras semen memenuhi persyaratan ASTM C 150-02 untuk alat tes vikat yaitu minimal 45 menit waktu pengikat dan maksimal 375 menit waktu pengeras.



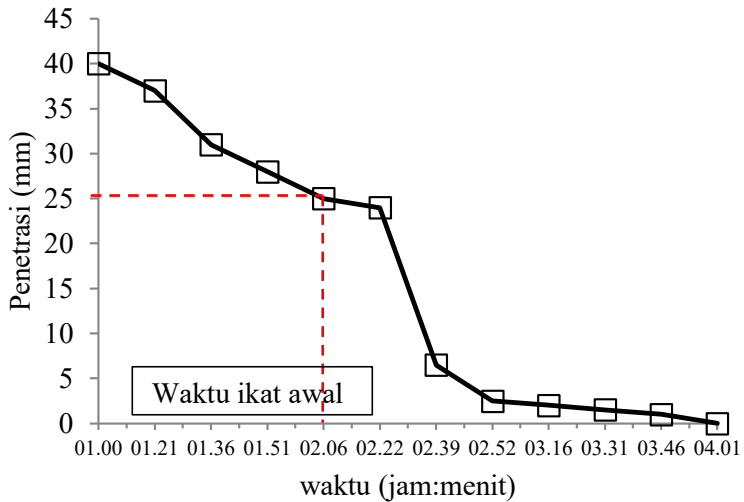
Gambar 4.3 Grafik *setting time* pasta P20F

Dari grafik *setting time* pada Gambar 4.3 didapat

$y = 25 \text{ mm}$        $x = 164 \text{ menit}$

$y = 0 \text{ mm}$        $x = 254 \text{ menit}$

sehingga dapat diketahui untuk pasta P20F mengalami pengikatan awal (waktu mengikat) selama 164 menit dan pengikatan akhir (waktu mengeras) selama 254 menit. Waktu mengikat dan mengeras semen memenuhi persyaratan ASTM C 150-02 untuk alat tes vikat yaitu minimal 45 menit waktu pengikat dan maksimal 375 menit waktu pengeras.



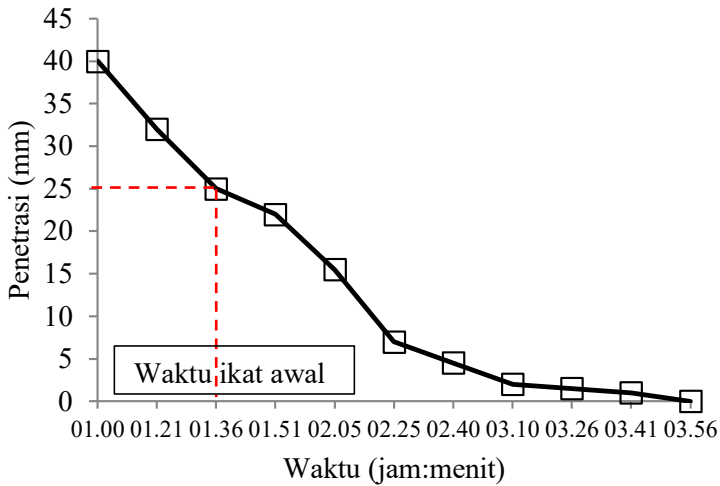
Gambar 4.4 Grafik *setting time* pasta P30F

Dari grafik *setting time* pada Gambar 4.4 didapat

$y = 25 \text{ mm}$        $x = 124 \text{ menit}$

$y = 0 \text{ mm}$        $x = 241 \text{ menit}$

sehingga dapat diketahui untuk pasta P30F mengalami pengikatan awal (waktu mengikat) selama 124 menit dan pengikatan akhir (waktu mengeras) selama 241 menit. Waktu mengikat dan mengeras semen memenuhi persyaratan ASTM C 150-02 untuk alat tes vikat yaitu minimal 45 menit waktu pengikat dan maksimal 375 menit waktu pengeras.



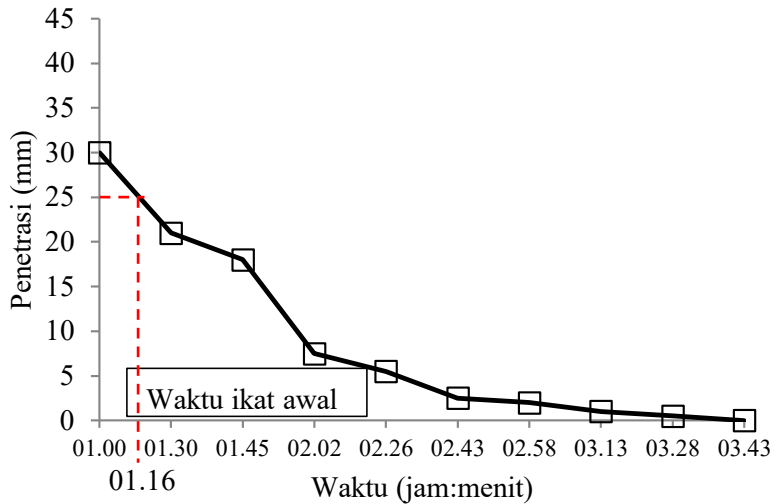
Gambar 4.5 Grafik *setting time* pasta P40F

Dari grafik *setting time* pada Gambar 4.5 didapat

$y = 25 \text{ mm}$        $x = 96 \text{ menit}$

$y = 0 \text{ mm}$        $x = 236 \text{ menit}$

sehingga dapat diketahui untuk pasta P40F mengalami pengikatan awal (waktu mengikat) selama 96 menit dan pengikatan akhir (waktu mengeras) selama 143 menit. Waktu mengikat dan mengeras semen memenuhi persyaratan ASTM C 150-02 untuk alat tes vikat yaitu minimal 45 menit waktu pengikat dan maksimal 375 menit waktu pengeras.



Gambar 4.6 Grafik *setting time* pasta P50F

Dari grafik *setting time* pada Gambar 4.6 didapat

$$y = 25 \text{ mm} \quad x = 76 \text{ menit}$$

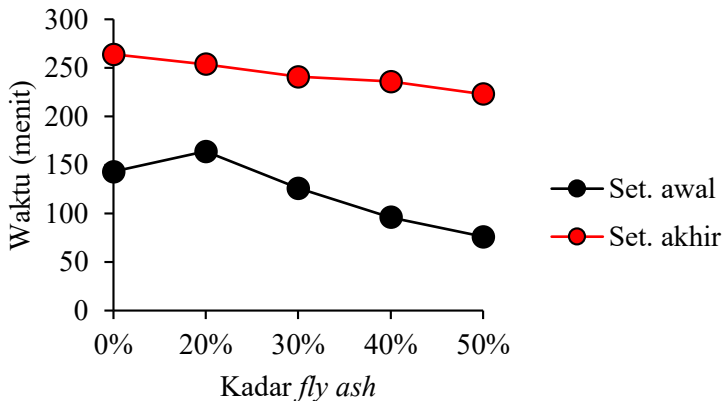
$$y = 0 \text{ mm} \quad x = 223 \text{ menit}$$

sehingga dapat diketahui untuk pasta P50F mengalami pengikatan awal (waktu mengikat) selama 76 menit dan pengikatan akhir (waktu mengeras) selama 223 menit. Waktu mengikat dan mengeras semen memenuhi persyaratan ASTM C 150-02 untuk alat tes vikat yaitu minimal 45 menit waktu pengikat dan maksimal 375 menit waktu pengeras.

- Perbandingan *setting time* pasta terhadap kadar *fly ash*.

Tabel 4.2 Rekap hasil *setting time* pasta

Kadar <i>fly ash</i>	<i>Setting time</i>	
	awal	akhir
(%)	(menit)	(menit)
0	143	264
20	164	254
30	126	241
40	96	236
50	76	223

Gambar 4.7 Grafik hubungan *setting time* dengan kadar *fly ash*

Dari Gambar 4.7 didapat bahwa dengan meningkatkan kadar *fly ash* (20% sampai 50% dari berat semen), *setting time* awal menurun dari 164 menit menjadi 76 menit. Untuk setting akhir juga menurun dari 264 menit menjadi 223 menit. Perbedaan antara setting awal dan setting akhir adalah sekitar 56 menit. Dengan menggunakan *fly ash* maka *setting time* yang terjadi cenderung cepat, disebabkan kadar semen yang digunakan sedikit membuat



reaksi hidrasi semen yang diperlukan untuk menghasilkan bahan perekat (CSH) membuat setting time menjadi lebih cepat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zhao dkk (2019) yaitu dalam penelitiannya menggunakan *fly ash* tipe F menyatakan bahwa *setting time* pada *fly ash* 80% pada beton HVFA lebih lama dari *fly ash* 35%. Dilihat setting awal dan akhir pada *fly ash* 80% sebesar 8,33 jam dan 10,83 jam sedangkan pada *fly ash* 35% sebesar 28,67 jam dan 39,5 jam dan penelitian yang dilakukan oleh Rafeet dkk (2017) menyatakan bahwa *setting time* awal dan akhir pada beton *fly ash*/GGBS dengan rasio (80/20) lebih lama dari pada beton *fly ash*/GGBS dengan rasio (60/40) dan (30/70).

#### 4.2.3 Uji berat jenis semen

Pengujian berat jenis semen berdasarkan ASTM C 188-95 R03 yang dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil uji berat jenis semen

Percobaan no.	1	2	
Berat semen (w1)	64	64	gr
Isi minyak yang dipindahkan oleh benda uji (V)	21,6	21,4	cm <sup>3</sup>
Berat jenis = $\frac{w1}{V}$	2,96	2,99	gr/cm <sup>3</sup>
Rata-rata	2,98		gr/cm <sup>3</sup>

Didapatkan berat jenis semen dari hasil 2 kali percobaan di rata-ratakan dan mendapatkan hasil sebesar 2,98 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.4 Analisa ayakan pasir

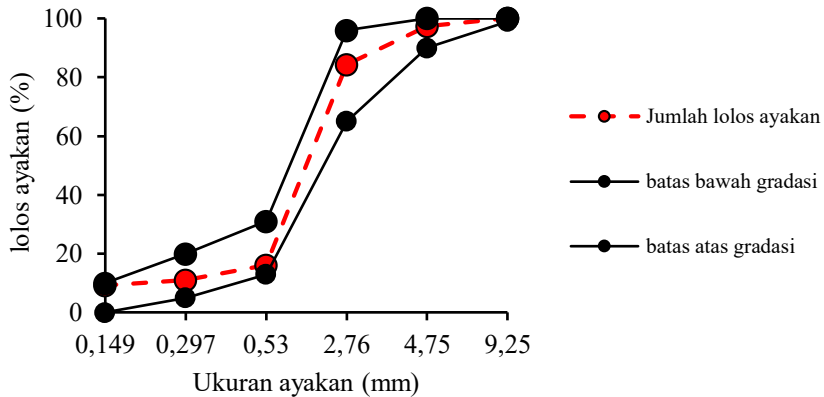
Pengujian analisa ayakan pasir berdasarkan ASTM C 136-96a dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil analisa ayakan pasir

Ukuran Saringan (Inch)	Ukuran Saringan (Mm)	Berat Masing <sup>2</sup> Tertahan (Gram)	Berat Jumlah Tertahan (Gram)	Prosentase Jumlah Tertahan (%)	Prosentase Jumlah Lolos (%)
1 "	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	0	0	0	100
1/2 "	12,7	0	0	0	100
3/8 "	9,25	0	0	0	100
No. 4	4,75	28	28	3	97
No. 8	2,76	142	170	16	84
No. 30	0,53	736	905	84	16
No. 50	0,297	56	961	89	11
No. 100	0,149	18	979	91	9
Pan	0	101	1079	100	0
Total			1079	100	0

$$\text{Modulus halus} = \frac{3+16+84+89+91+100}{100} = \frac{282}{100} = 2,82$$

Modulus halus adalah total % butiran tertahan saringan no 100 atau yang lebih kasar. Dari Tabel 4.8 diperoleh modulus halus 2,82 sedangkan pada persyaratan ASTM C 136-96a modulus halus berkisar antara 2,3-3,1.



Gambar 4.8 Grafik analisa ayakan pasir

Sedangkan menurut klarifikasi zona pada Gambar 4.8, untuk pasir yang dipakai termasuk kedalam zona 1 yaitu pasir kasar. Pasir zona ini pakai untuk mempertimbangkan modulus halus yang masih memenuhi syarat ASTM C 136-96a.

#### 4.2.5 Uji berat jenis pasir

Pengujian berat jenis pasir berdasarkan ASTM C 128-01 yang dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 hasil uji berat jenis pasir

Percobaan no.	1	2	
Berat pasir (w1)	500	500	gr
Berat pasir + air + labu (w2)	1559	1559	gr
Berat labu + air (w3)	1252	1252	gr
Berat jenis = $\frac{w1}{(w1+w3)-w2}$ .Bj air	2,59	2,59	gr/cm <sup>3</sup>
Rata-rata	2,59		gr/cm <sup>3</sup>

Menurut ASTM C 128-01 berat jenis agregat berkisar antara 2,5-2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pratikum yang kami lakukan

diperoleh rata-rata berat jenis pasir SSD yaitu 2,59 gr/cm<sup>3</sup> sehingga pasir yang kita uji memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai agregat halus dalam pembuatan beton.

#### 4.2.6 Uji resapan air pasir

Pengujian resapan air pasir berdasarkan ASTM C 128-01 dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil uji resapan air pasir

Percobaan no.	1	2	
Berat pasir SSD (w1)	300	300	gr
Berat pasir SSD setelah dioven (w2)	297,5	297,5	gr
Air resapan pasir = $\frac{w1-w2}{w2} \cdot 100$	0,84	0,84	%
Rata-rata	0,84		%

Untuk uji resapan air, kasar air yang baik menurut ASTM C128-01 adalah kurang dari 2% dan pada Tabel 4.6 di peroleh resapan air rata-rata 0,84%. Jadi uji air resapan memenuhi syarat.

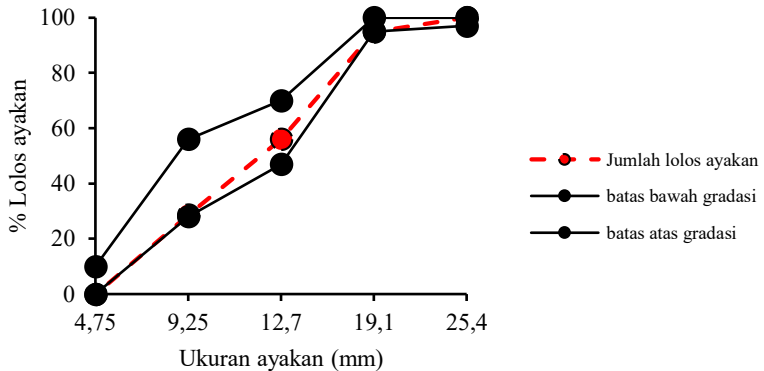
#### 4.2.7 Analisa ayakan kerikil

Pengujian analisa ayakan pasir berdasarkan ASTM C 136-96a dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. Pada Tabel 4.7 digunakan pada pembuatan beton normal, sedangkan pada Tabel 4.8 digunakan pada pembuatan beton *fly ash*.

Tabel 4.7 hasil analisa ayakan kerikil pada beton normal

Ukuran Saringan (Inch)	Ukuran Saringan (Mm)	Berat Masing <sup>2</sup> Tertahan (Gram)	Berat Jumlah Tertahan (Gram)	Prosentase Jumlah Tertahan (%)	Prosentase Jumlah Lolos (%)
1 "	25.4	0	0	0	100
3/4 "	19.1	185	185	5	95
1/2 "	12.7	2196	2381	70	30
3/8 "	9.25	848	3229	95	5
No. 4	4.75	169	3397	100	0

Ukuran Saringan (Inch)	Ukuran Saringan (Mm)	Berat Masing <sup>2</sup> Tertahan (Gram)	Berat Jumlah Tertahan (Gram)	Prosentase Jumlah Tertahan (%)	Prosentase Jumlah Lolos (%)
No. 8	2.76	0	3397	100	0
No. 30	0.53	0	3397	100	0
No. 50	0.297	0	3397	100	0
No. 100	0.149	0	3397	100	0
Pan	0.074	0	3397	100	0
Total			3397	100	0



Gambar 4.9 Grafik analisa ayakan kerikil pada beton normal

Berdasarkan Gambar 4.9 maka kerikil yang digunakan berada dalam batas gradasi kerikil maksimum 20 cm

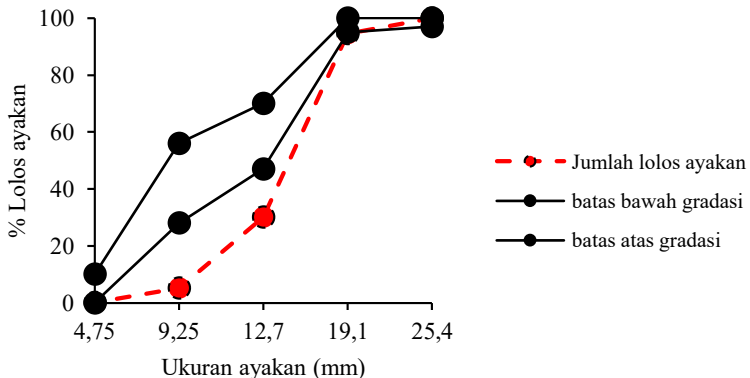
$$\text{Modulus halus} = \frac{5+44+71+100+100+100+100+100}{100} = \frac{620}{100}$$

Modulus halus adalah total % butiran tertahan saringan no 3/8" atau yang lebih kasar. Dari Tabel 4.7 diperoleh modulus halus sebesar 6,20. sedangkan pada persyaratan ASTM C 136-96a

modulus halus berkisar antara 6-7,1. Berdasarkan Gambar 4.9 maka kerikil yang digunakan berada dalam batas gradasi kerikil maksimum 20 cm

Tabel 4.8 Hasil analisa ayakan kerikil untuk beton *fly ash*

Ukuran Saringan (Inch)	Ukuran Saringan (Mm)	Berat Masing <sup>2</sup> Tertahan (Gram)	Berat Jumlah Tertahan (Gram)	Prosentase Jumlah Tertahan (%)	Prosentase Jumlah Lolos (%)
1 "	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	185	185	5	95
1/2 "	12,7	2196	2381	70	30
3/8 "	9,25	848	3229	95	5
No. 4	4,75	169	3397	100	0
No. 8	2,76	0	3397	100	0
No. 30	0,53	0	3397	100	0
No. 50	0,297	0	3397	100	0
No. 100	0,149	0	3397	100	0
Pan	0,074	0	3397	100	0
Total			3397	100	0



Gambar 4.10 Grafik analisa ayakan kerikil untuk beton *fly ash*

Berdasarkan Gambar 4.10 maka kerikil yang digunakan berada dalam batas gradasi kerikil maksimum 20 cm, dikarenakan paling mendekati diantara grafik gradasi 10 cm dan 40 cm. dapat dilihat pada Tabel 4.9 Spesifikasi batas gradasi kerikil sesuai pada peraturan SNI-03-2834-2000.

Tabel 4.9 Spesifikasi batas gradasi kerikil.

Ukuran Saringan (Mm)	Prosentase Jumlah Lolos (%)	Spesifikasi Kerikil ukuran maks 10 mm	Nilai Masuk	Spesifikasi Kerikil ukuran maks 20 mm	Nilai Masuk	Spesifikasi Kerikil ukuran maks 40 mm	Nilai Masuk
25,4	100	100-100	Masuk	97-100	Masuk	55-80	Tidak Masuk
19,1	95	100-100	Tidak Masuk	95-100	Masuk	35-70	Tidak Masuk
12,7	30	66-90	Tidak Masuk	47-70	Tidak Masuk	18-50	Masuk
9,25	5	46-80	Tidak Masuk	28-56	Tidak Masuk	.9-37	Tidak Masuk
4,75	0	0-10	Masuk	0-10	Masuk	0-10	Masuk

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

$$\text{Modulus halus} = \frac{6+70+95+100+100+100+100+100}{100} = \frac{671}{100}$$

Modulus halus adalah total % butiran tertahan saringan no 3/8" atau yang lebih kasar. Dari Tabel 4.8 diperoleh modulus halus sebesar 6,71, sedangkan pada persyaratan ASTM C 136-96a modulus halus berkisar antara 6-7,1.

#### 4.2.8 Uji berat jenis kerikil

Pengujian berat jenis pasir berdasarkan ASTM C 127-01 yang dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil uji berat jenis kerikil

Percobaan no.	1	2	
Berat kerikil (w1)	3548	3473.5	gr
Berat kerikil dalam air (w2)	2228	2180	gr

Percobaan no.	1	2	
Berat jenis = $\frac{w1}{w1-w2} \cdot B_j \text{ air}$	2.69	2.69	gr/cm <sup>3</sup>
Rata-rata	2.69		gr/cm <sup>3</sup>

Menurut ASTM C 127-01 berat jenis agregat berkisar antara 2,3-2,735 gr/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pratikum yang kami lakukan diperoleh rata-rata berat jenis pasir SSD yaitu 2,69 gr/cm<sup>3</sup> sehingga pasir yang kita uji memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai agregat halus dalam pembuatan beton.

#### 4.2.9 Uji resapan air kerikil

Pengujian resapan air pasir berdasarkan ASTM C 127-01 dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil uji resapan air kerikil

Percobaan no.	1	2	
Berat kerikil SSD (w1)	1759	3473,5	gr
Berat kerikil SSD setelah dioven (w2)	1720,5	3414	gr
Air resapan kerikil = $\frac{w1-w2}{w2} \cdot 100$	2,24	1,74	%
Rata-rata	1,99		%

Untuk uji resapan air, kasar air yang baik menurut ASTM C127-01 adalah kurang dari 3,5% dan pada Tabel 4.11 di peroleh resapan air rata-rata 1,99%. Jadi uji air resapan memenuhi syarat.

#### 4.2.10 Uji berat jenis *fly ash*

Pengujian berat jenis *fly ash* berdasarkan ASTM C 188-89 yang dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Hasil berat jenis *fly ash*

Percobaan no.	1	2	
Berat <i>fly ash</i> (w1)	120	120	gr



Percobaan no.	1	2	
Berat fly ash + air + labu (w2)	460	460	gr
Berat labu + air (w3)	387	395	gr
Berat jenis = $\frac{w1}{(w1+w3)-w2}$ .Bj air	2.55	2.18	gr/cm <sup>3</sup>
Rata-rata	2.37		gr/cm <sup>3</sup>

Dari Tabel 4.12 diperoleh berat jenis *fly ash* rata-rata 2,37 gr/cm<sup>3</sup>. Menurut ACI Committee 226 untuk berat jenis *fly ash* antara 2,15-2,6 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3 Mix design beton.

Setelah mendapatkan data analisa agregat yang didapat dari uji karakteristik material, maka dapat dibuat *mix design* beton yang akan direncanakan dengan metode DOE yang sesuai dengan bab III.

Berikut hasil rekapitulasi bahan baku beton dari hasil perhitungan mix desain metode DOE ditampilkan pada Tabel 4.13:

Tabel 4.13 Rekapitulasi Bahan Baku (kg Per 1 m<sup>3</sup> Beton) Mix Desain Metode DOE

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (ml)	Berat basah (kg)
1	0F25	25	353	0	195	985	872	0	2406
2	20F25	25	335	84	158	902	942	0	2421
3	30F25	25	355	152	154	827	936	0	2426
4	40F25	25	379	253	150	766	880	0	2430
5	50F25	25	395	395	146	699	803	0	2441
6	0F25M	25	353	0	195	985	872	0.4	2406
7	20F25M	25	335	84	158	902	942	0.4	2421
8	30F25M	25	355	152	154	827	936	0.4	2427
9	40F25M	25	379	253	150	766	880	0.4	2430
10	50F25M	25	395	395	146	699	803	0.4	2442
11	0F30	30	387	0	195	949	875	0	2406

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (ml)	Berat basah (kg)
12	20F30	30	367	92	158	864	939	0	2421
13	30F30	30	389	167	154	798	917	0	2426
14	40F30	30	415	277	150	738	848	0	2430
15	50F30	30	395	395	146	699	803	0	2441
16	0F30M	30	387	0	195	949	875	0.4	2406
17	20F30M	30	367	92	158	864	939	0.4	2421
18	30F30M	30	389	167	154	798	917	0.4	2427
19	40F30M	30	415	277	150	738	848	0.4	2431
20	50F30M	30	395	395	146	699	803	0.4	2442
21	0F45	45	526	0	196	860	825	0	2406
22	20F45	45	499	125	159	762	876	0	2421
23	30F45	45	481	206	155	737	846	0	2427
24	40F45	45	440	293	150	719	826	0	2431
25	50F45	45	395	395	146	699	803	0	2441
26	0F45M	45	526	0	196	860	825	0.4	2406
27	20F45M	45	499	125	159	762	876	0.4	2422
28	30F45M	45	481	206	155	737	846	0.4	2427
29	40F45M	45	440	293	150	719	826	0.4	2431
30	50F45M	45	395	395	146	699	803	0.4	2442

Keterangan:

XFYM: X : % *Fly ash* terhadap berat semen.  
F : *Fly ash*.  
Y : Kuat tekan.  
M : Penggunaan mikroba.

Dalam perencanaan *mix design* beton, penggunaan proporsi *fly ash* (20%, 30%, 40%, 50%) dari berat semen didapatkan efisiensi pengurangan semen sebagai berikut pada Tabel 4.14, 4.15 dan 4.16:

Tabel 4.14 Efisiensi semen pada *mix design* beton ( $f'c = 25$  MPa)

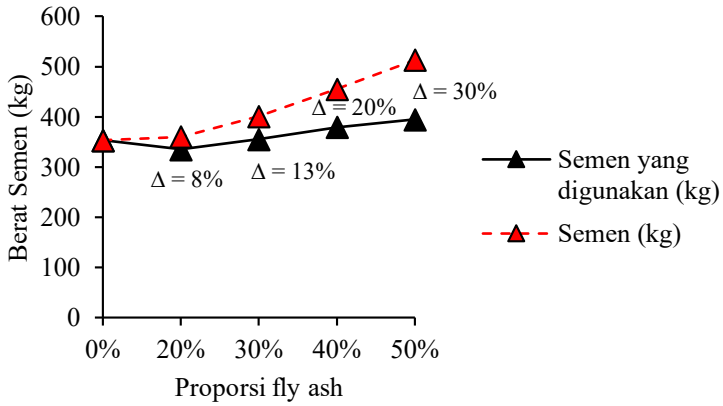
No	Kode	Semen (kg)	Semen yang digunakan (kg)	Pengurangan Semen (kg)	Efisiensi Semen (%)	Kuat Tekan-28 hr (MPa)
1	0F25	353	353	0	0	24.98
2	20F25	360	335	25	8	31.92
3	30F25	401	355	46	13	42.35
4	40F25	455	379	76	20	38.23
5	50F25	513	395	118	30	42.20

Tabel 4.15 Efisiensi semen pada *mix design* beton ( $f'c = 30$  MPa)

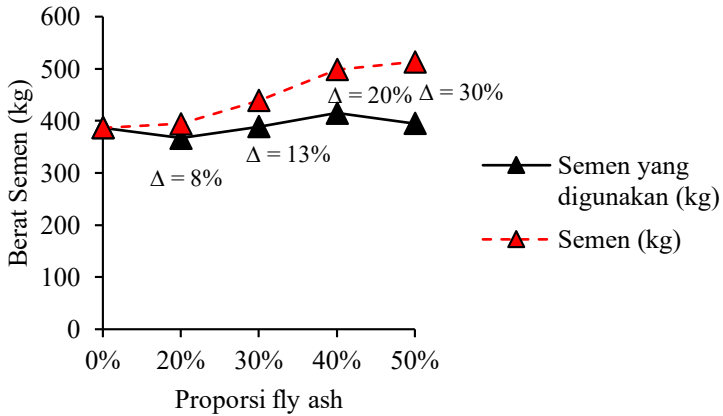
No.	Kode	Semen (kg)	Semen yang digunakan (kg)	Pengurangan Semen (kg)	Efisiensi Semen (%)	Kuat Tekan-28 hr (MPa)
1	0F30	387	387	0	0	29.85
2	20F30	394	367	28	8	35.81
3	30F30	439	389	50	13	45.10
4	40F30	498	415	83	20	35.98
5	50F30	513	395	118	30	40.85

Tabel 4.16 Efisiensi semen pada *mix design* beton ( $f'c = 45$  MPa)

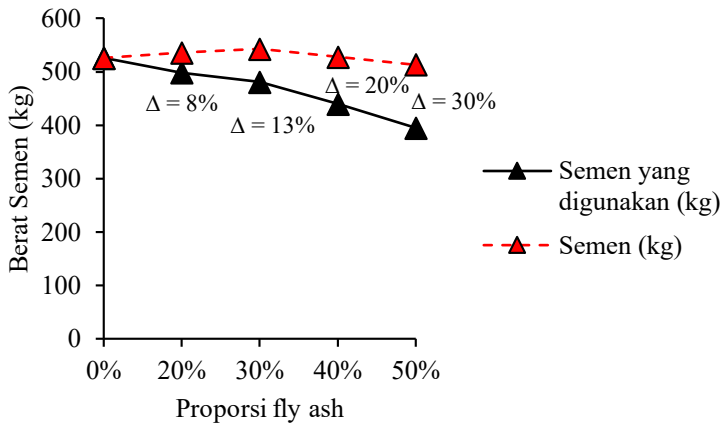
No	Kode	Semen (kg)	Semen yang digunakan (kg)	Pengurangan Semen (kg)	Efisiensi Semen (%)	Kuat Tekan-28 hr (MPa)
1	0F45	526	526	0	0	45.29
2	20F45	536	499	37	8	46.83
3	30F45	543	481	62	13	52.35
4	40F45	528	440	88	20	42.27
5	50F45	513	395	118	30	44.66



Gambar 4.11 Grafik berat semen terhadap kadar *fly ash* ( $f'c$  25 MPa)



Gambar 4.12 Grafik berat semen terhadap kadar *fly ash* ( $f'c$  30 MPa)



Gambar 4.13 Grafik berat semen terhadap kadar *fly ash* ( $f^c$  45 MPa)

Pada tabel 4.12-4.13, diketahui bahwa efisiensi pengurangan semen pada *mix design* beton secara berurutan dengan kadar *fly ash* 20%, 30%, 40% dan 50% sebesar 8%, 13%, 20%, 30% untuk semua kuat tekan rencana  $f^c$  (25 MPa, 30 MPa dan 45 MPa). Pada Tabel 4.14 - 4.15, terlihat penggunaan semen bertambah dari berat semen normal (0F25 dan 0F30) setelah penambahan *fly ash* 20%. Pada tabel 4.16 terlihat penggunaan semen berkurang dari berat semen normal (0F45) setelah penambahan *fly ash* 20%, karena w/b yang didapatkan seharusnya kurang dari 0,3 pada *fly ash* 20%-50% tetapi dibatasi w/b menjadi maksima 0,3, untuk mempermudah membuat beton (pengecoran).

Untuk kebutuhan bahan baku penelitian ini, maka dikonversi dari 1 m<sup>3</sup> beton menjadi volume silinder D10-20 cm dan volume kubus 15 x 15 x 15 cm (cetakan beton) sesuai persamaan 3.13 dan persamaan 3.14 sebagai berikut:

$$\text{Volume silinder} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \quad (\text{pers 3.13})$$

Keterangan:

- a) Diameter silinder (D) = 0,1 m  
 b) Tinggi silinder (H) = 0,2 m

$$\text{Maka Volume silinder} = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2 \times 0,2 = 0,002 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume kubus} = P \times L \times T \quad (\text{pers 3.14})$$

Keterangan:

- a) Panjang kubus (P) = 1,5 m  
 b) Lebar kubus (L) = 1,5 m  
 c) Tinggi kubus (T) = 1,5 m

$$\text{Maka Volume kubus} = 0,15 \times 0,15 \times 0,15 = 0,003 \text{ m}^3.$$

Semua berat bahan baku dikalikan dengan volume silinder (0,002 m<sup>3</sup>) untuk 30 variasi beton dan dikalikan dengan volume kubus (0,003 m<sup>3</sup>) untuk 15 variasi beton, kemudian ditambahkan perkiraan kehilangan akibat pengecoran sebesar 30%.

Berikut hasil rekapitulasi bahan baku beton setelah dikonversi sebagai berikut pada Tabel 4.17:

Tabel 4.17 Rekapitulasi bahan baku benda uji silinder (kg Per 0,002 m<sup>3</sup> Beton) Mix Desain Metode DOE

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (0,4 kg)	Berat Basah (kg)
1	0F25	25	0.72	0.00	0.40	2.01	1.78	0.0	4.9
2	20F25	25	0.68	0.17	0.32	1.84	1.92	0.0	4.9
3	30F25	25	0.73	0.31	0.31	1.69	1.91	0.0	5.0
4	40F25	25	0.77	0.52	0.31	1.56	1.80	0.0	5.0
5	50F25	25	0.81	0.81	0.30	1.43	1.64	0.0	5.0
6	0F25M	25	0.72	0.00	0.40	2.01	1.78	0.0008	4.9
7	20F25M	25	0.68	0.17	0.32	1.84	1.92	0.0008	4.9
8	30F25M	25	0.73	0.31	0.31	1.69	1.91	0.0008	5.0
9	40F25M	25	0.77	0.52	0.31	1.56	1.80	0.0008	5.0
10	50F25M	25	0.81	0.81	0.30	1.43	1.64	0.0008	5.0
11	0F30	30	0.79	0.00	0.40	1.94	1.79	0.0	4.9
12	20F30	30	0.75	0.19	0.32	1.76	1.92	0.0	4.9
13	30F30	30	0.79	0.34	0.31	1.63	1.87	0.0	5.0

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (0,4 kg)	Berat Basah (kg)
13	30F30	30	0.79	0.34	0.31	1.63	1.87	0.0	5.0
14	40F30	30	0.85	0.57	0.31	1.51	1.73	0.0	5.0
15	50F30	30	0.81	0.81	0.30	1.43	1.64	0.0	5.0
16	0F30M	30	0.79	0.00	0.40	1.94	1.79	0.0008	4.9
17	20F30M	30	0.75	0.19	0.32	1.76	1.92	0.0008	4.9
18	30F30M	30	0.79	0.34	0.31	1.63	1.87	0.0008	5.0
19	40F30M	30	0.85	0.57	0.31	1.51	1.73	0.0008	5.0
20	50F30M	30	0.81	0.81	0.30	1.43	1.64	0.0008	5.0
21	0F45	45	1.07	0.00	0.40	1.76	1.68	0.0	4.9
22	20F45	45	1.02	0.25	0.32	1.56	1.79	0.0	4.9
23	30F45	45	0.98	0.42	0.32	1.50	1.73	0.0	5.0
24	40F45	45	0.90	0.78	0.31	1.47	1.69	0.0	5.1
25	50F45	45	0.81	0.81	0.30	1.43	1.64	0.0	5.0
26	0F45M	45	1.07	0.00	0.40	1.76	1.68	0.0008	4.9
27	20F45M	45	1.02	0.25	0.32	1.56	1.79	0.0008	4.9
28	30F45M	45	0.98	0.42	0.32	1.50	1.73	0.0008	5.0
29	40F45M	45	0.90	0.78	0.31	1.47	1.69	0.0008	5.1
30	50F45M	45	0.81	0.81	0.30	1.43	1.64	0.0008	5.0

Dikarenakan untuk 1 variasi beton dibutuhkan sebanyak 18 benda uji, maka total bahan baku (kg) dalam pembuatan beton didapatkan dengan persamaan 3.15 sebagai berikut:

$$\text{Total bahan baku pengujian(kg)} = \text{Total bahan baku (kg)} \times N \text{ benda uji} \times 1,3 \quad (\text{pers 3.15})$$

Keterangan:

- a) Total bahan baku dari 30 variasi beton (kg/0,06 m<sup>3</sup> beton) yang udah dikalikan 1,3

Bahan Baku	Semen	Fly ash	Air	Pasir	Batu pecah	Mikroba
Total (kg)	25	12	10	49	53	0,012

- b) N benda uji : Jumlah benda uji (18 benda uji).  
c) 1,3 : tambahan nilai perkiraan kehilangan akibat pengecoran sebesar 30%.

Maka didapat total bahan baku untuk penelitian ini dengan menggunakan persamaan 3.15 sebagai berikut pada Tabel 4.18:

Tabel 4.18 Total Bahan Baku Untuk Penelitian (kg/1,08 m<sup>3</sup> beton)

Bahan Baku	Semen	<i>Fly ash</i>	Air	Pasir	Batu pecah	Mikroba
Total pengujian (kg)	449	208	187	877	951	0,2

Tabel 4.19 Rekapitulasi bahan baku benda uji kubus (kg Per 0,003 m<sup>3</sup> Beton) Mix Desain Metode DOE

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	<i>Fly ash</i> (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Berat basah (kg)
1	0F25	25	1,09	0,00	0,63	3,01	2,67	7,4
2	20F25	25	1,03	0,26	0,51	2,76	2,88	7,4
3	30F25	25	1,09	0,47	0,50	2,53	2,87	7,5
4	40F25	25	1,17	0,78	0,49	2,34	2,69	7,5
5	50F25	25	1,21	1,21	0,47	2,14	2,46	7,5
6	0F30	30	1,19	0,00	0,63	2,90	2,68	7,4
7	20F30	30	1,13	0,28	0,51	2,64	2,88	7,4
8	30F30	30	1,20	0,51	0,50	2,44	2,81	7,5
9	40F30	30	1,28	0,85	0,49	2,26	2,60	7,5
10	50F30	30	1,21	1,21	0,47	2,14	2,46	7,5
11	0F45	45	1,62	0,00	0,63	2,63	2,53	7,4
12	20F45	45	1,53	0,38	0,51	2,33	2,68	7,4
13	30F45	45	1,48	0,63	0,50	2,25	2,59	7,5
14	40F45	45	1,35	0,90	0,49	2,20	2,53	7,5
15	50F45	45	1,21	1,21	0,47	2,14	2,46	7,5

Dikarenakan untuk 1 variasi beton dibutuhkan sebanyak 2 benda uji, maka total bahan baku (kg) dalam pembuatan beton didapatkan dengan persamaan 3.15.



Keterangan:

- a) Total bahan baku dari 15 variasi beton ( $\text{kg}/0,045 \text{ m}^3$  beton) yang udah dikalikan 1,3.

Bahan Baku	Semen	<i>Fly ash</i>	Air	Pasir	Batu pecah
Total (kg)	19	9	8	37	40

- b) N benda uji : Jumlah benda uji (2 benda uji).  
 c) 1,3 : tambahan nilai perkiraan kehilangan akibat pengecoran sebesar 30%.

Maka didapat total bahan baku untuk penelitian ini dengan menggunakan persamaan 3.15 sebagai berikut pada Tabel 4.22:

Tabel 4.20 Total Bahan Baku Untuk Penelitian ( $\text{kg}/0,09 \text{ m}^3$  beton)

Bahan Baku	Semen	<i>Fly ash</i>	Air	Pasir	Batu pecah
Total pengujian (kg)	38	17	16	73	80

#### 4.4 Analisa hasil beton

##### 4.4.1 Berat volume beton

Keterangan:

XFYM

- X : % *Fly ash* terhadap berat semen.  
 F : *Fly ash*.  
 Y : Kuat tekan rencana.  
 M : Penggunaan mikroba.

Dari 3 buah benda uji yang dibuat dan diuji tekan, hasil dari 3 benda uji tersebut diambil minimal ada 2 buah yang datanya berdekatan untuk menentukan rata-rata berat volume benda uji. Untuk mendapatkan berat volume beton didapatkan dari persamaan 4.1 sebagai berikut :

$$\text{Berat volume (gr/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat beton (gr)}}{\text{Volume Silinder (cm}^3\text{)}} \quad (\text{Pers 4.1})$$

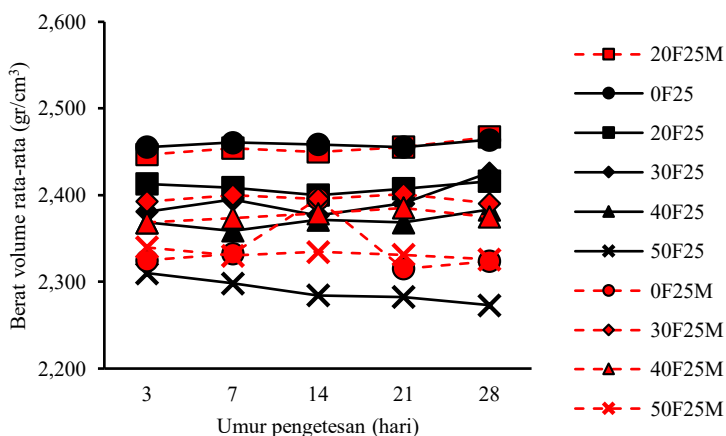
Keterangan :

- Berat beton (gr) : didapatkan dari hasil timbangan di laboratorium beton ITS.
- Volume silinder :  $\frac{1}{4} \times \pi \times r^2 \times t = 1570,8 \text{ cm}^3$ 
  - r (jari-jari) : 10 cm
  - t (tinggi) : 20 cm

Tabel 4.21 Rekapitulasi hasil rata-rata berat volume beton.

No.	Kode Benda Uji	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )				
		3	7	14	21	28
1	0F25	2.455	2.461	2.458	2.455	2.464
2	20F25	2.413	2.409	2.400	2.407	2.416
3	30F25	2.381	2.395	2.377	2.391	2.426
4	40F25	2.368	2.359	2.371	2.368	2.383
5	50F25	2.310	2.298	2.284	2.282	2.273
6	0F25M	2.325	2.332	2.396	2.315	2.324
7	20F25M	2.447	2.454	2.450	2.455	2.467
8	30F25M	2.393	2.400	2.396	2.401	2.391
9	40F25M	2.368	2.374	2.379	2.385	2.375
10	50F25M	2.340	2.330	2.334	2.331	2.326
11	0F30	2.481	2.481	2.483	2.488	2.491
12	20F30	2.436	2.436	2.438	2.444	2.447
13	30F30	2.382	2.382	2.384	2.389	2.400
14	40F30	2.328	2.328	2.341	2.342	2.324
15	50F30	2.253	2.247	2.289	2.229	2.220
16	0F30M	2.381	2.382	2.382	2.318	2.312
17	20F30M	2.462	2.459	2.470	2.462	2.456
18	30F30M	2.411	2.409	2.419	2.411	2.392
19	40F30M	2.369	2.348	2.363	2.364	2.348
20	50F30M	2.311	2.315	2.337	2.316	2.319
21	0F45	2.490	2.488	2.492	2.497	2.483

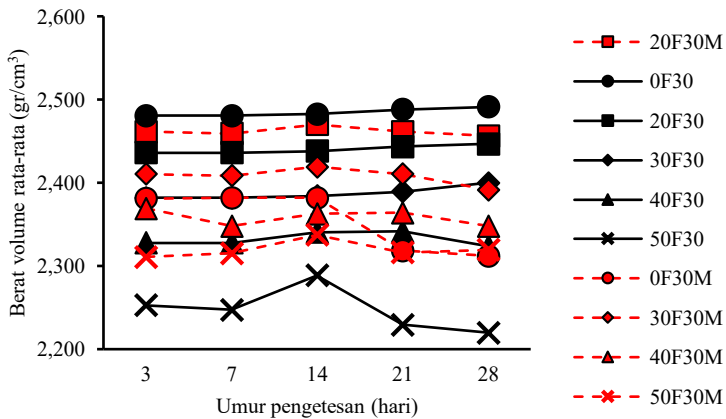
No	Kode Benda Uji	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )				
		3	7	14	21	28
22	20F45	2.442	2.440	2.445	2.449	2.435
23	30F45	2.398	2.396	2.400	2.404	2.398
24	40F45	2.344	2.342	2.323	2.359	2.297
25	50F45	2.273	2.256	2.181	2.185	2.278
26	0F45M	2.392	2.397	2.374	2.357	2.371
27	20F45M	2.447	2.455	2.456	2.469	2.458
28	30F45M	2.405	2.414	2.415	2.428	2.406
29	40F45M	2.325	2.349	2.326	2.359	2.323
30	50F45M	2.345	2.328	2.343	2.351	2.330



Gambar 4.14 Grafik hubungan berat volume beton dengan umur pengetesan ( $f'_c = 25$  MPa)

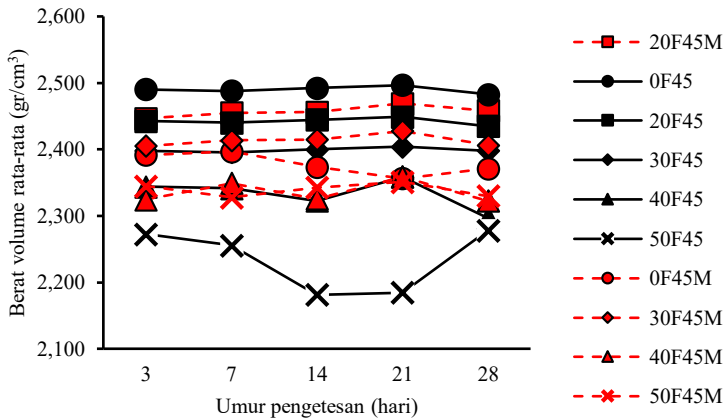
Dari Gambar 4.14, diketahui bahwa berat volume beton dengan kuat rencana 25 MPa pada umur 3, 7, 14, 21, 28 hari, memiliki berat volume kecenderungan antara 2,273 gr/cm<sup>3</sup> – 2,467 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015).

Didapat berat volume beton antara 2,174 - 2,214  $\text{gr/cm}^3$  pada penelitiannya menggunakan kadar *fly ash* 0%, 30%, 40% dan 50%.



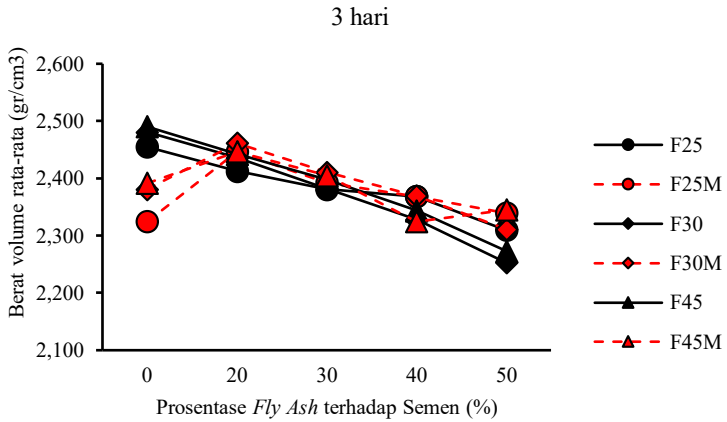
Gambar 4.15 Grafik hubungan berat volume beton dengan umur pengetesan ( $f'c = 30 \text{ MPa}$ )

Dari Gambar 4.15, diketahui bahwa berat volume beton dengan kuat rencana 30 MPa pada umur 3, 7, 14, 21, 28 hari, memiliki berat volume kecenderungan antara 2,220  $\text{gr/cm}^3$  – 2,491  $\text{gr/cm}^3$ . Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015). Didapat berat volume beton antara 2,174 - 2,214  $\text{gr/cm}^3$  pada penelitiannya menggunakan kadar *fly ash* 0%, 30%, 40% dan 50%.

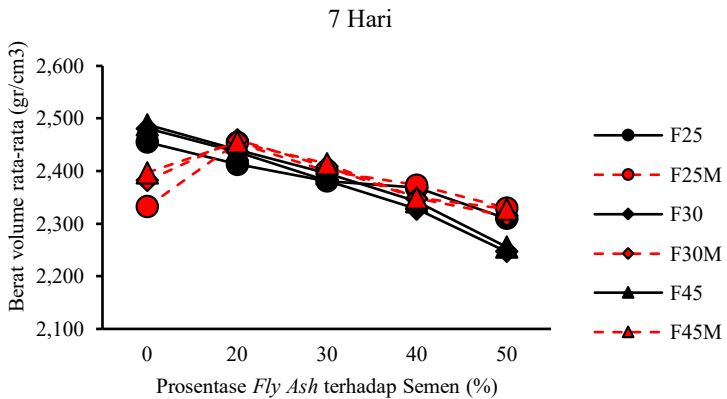


Gambar 4.16 Grafik hubungan berat volume beton dengan umur pengetesan ( $f'_c = 45$  MPa)

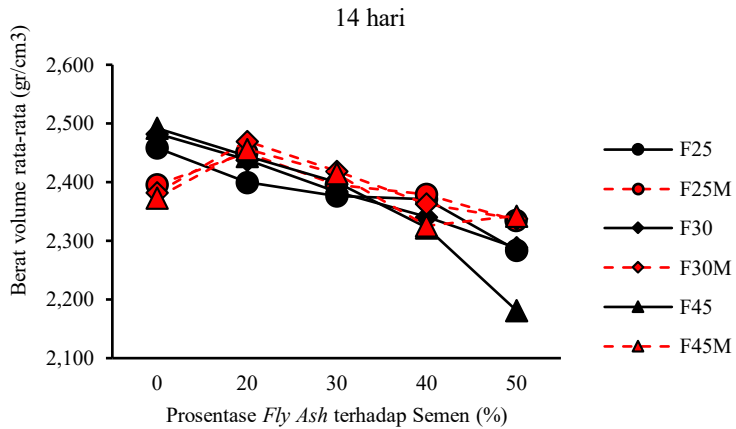
Dari Gambar 4.16, diketahui bahwa berat volume beton dengan kuat rencana 45 MPa pada umur 3, 7, 14, 21, 28 hari, memiliki berat volume kecenderungan antara 2,181 gr/cm<sup>3</sup> – 2,497 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015). Didapat berat volume beton antara 2,174 - 2,214 gr/cm<sup>3</sup> pada penelitiannya menggunakan kadar *fly ash* 0%, 30%, 40% dan 50%.



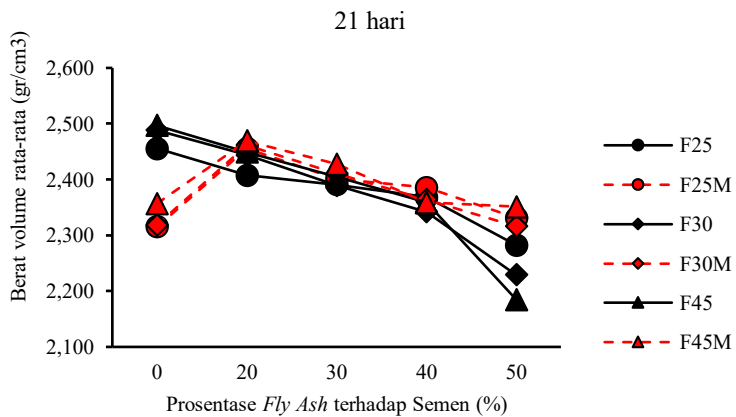
Gambar 4.17 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi *fly ash* pada beton umur 3 hari



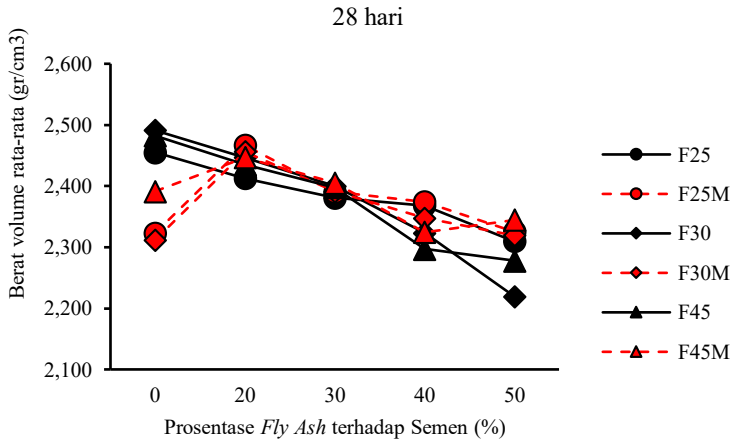
Gambar 4.18 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi *fly ash* pada beton umur 7 hari



Gambar 4.19 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi *fly ash* pada beton umur 14 hari



Gambar 4.20 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi *fly ash* pada beton umur 21 hari.



Gambar 4.21 Grafik hubungan berat volume beton segar terhadap variasi *fly ash* pada beton umur 28 hari.

Dari Gambar 4.17 – 4.21 diketahui bahwa pada beton dengan *fly ash* berat volume semakin berkurang seiring dengan banyaknya semen yang diganti dengan *fly ash* (20%, 30%, 40%, 50%). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015). Pada penelitiannya menggunakan kadar *fly ash* 0%, 30%, 40% dan 50% berat volume beton turun secara beurutan dari 2,214; 2,199; 2,181; 2,173 gr/cm<sup>3</sup>.

Sedangkan pada beton *fly ash* yang ditambah mikroba lebih tinggi daripada beton *fly ash* biasa, hal itu dikarenakan adanya pengisian pada pori-pori beton. Sesuai dengan oleh Wulandari dkk (2018), mengenai efek dari mikroba pada sifat pasta berbahan *fly ash*, Dalam pasta yang dicampur dengan agen mikroba (*Sporosarcina pasteurii* dan ragi), jumlah dari kalsit lebih tinggi dari pada pasta tanpa agen mikroba, demikian juga jumlah porositas yg tertutup.



Hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya kalsit disebabkan oleh aktivitas mikroba. Kalsit mengisi pori-pori dalam pasta beton. Namun beton normal yang ditambahkan mikroba berat volume lebih rendah dibandingkan dengan beton *fly ash* yang ditambahkan mikroba, hal itu dikarenakan suhu beton normal lebih tinggi dari beton *fly ash* yang menyebabkan mikroba di dalam beton menjadi mati. Sedangkan pada penelitian oleh Basoeki dan Nursandah (2016) menyatakan bahwa penambahan enzim bioconc (bakteri) tidak memberikan pengaruh pada berat volume beton.

#### 4.4.2 Uji tekan beton

- Hasil uji tekan beton.

Keterangan:

XFYM

- X : % *Fly ash* terhadap berat semen.  
 F : *Fly ash*.  
 Y : Kuat tekan rencana.  
 M : Penggunaan mikroba.

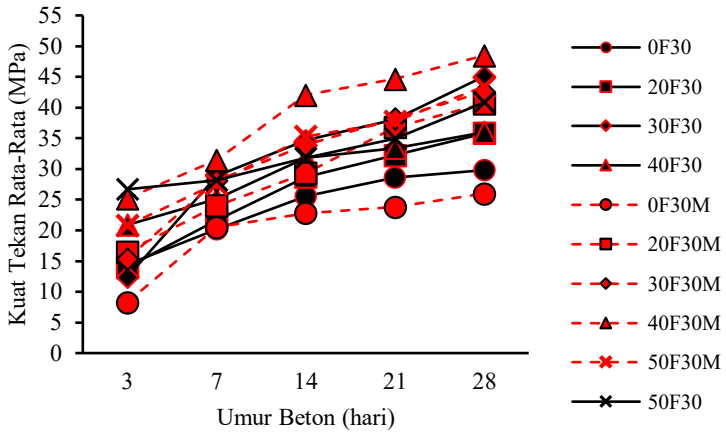
Dari 3 buah benda uji yang dibuat dan diuji tekan, hasil dari 3 benda uji tersebut diambil minimal ada 2 buah yang datanya berdekatan untuk menentukan rata-rata kuat tekan benda uji dan kontrol benda uji.

Tabel 4.22 Rekapitulasi hasil rata-rata uji tekan beton.

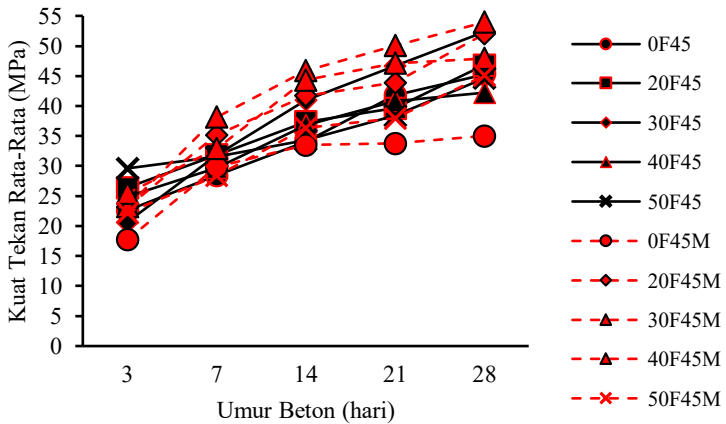
NO.	Kode Benda Uji	Tes Kuat Tekan umur X hari (Mpa)				
		3	7	14	21	28
1	0F25	12.37	16.92	20.54	23.30	24.98
2	20F25	10.83	17.18	25.43	29.64	31.92
3	30F25	16.58	31.94	35.83	39.06	42.35
4	40F25	21.46	23.77	29.05	34.30	38.23
5	50F25	25.15	28.31	33.16	35.61	42.20

NO.	Kode Benda Uji	Tes Kuat Tekan umur X hari (Mpa)				
		3	7	14	21	28
6	0F25M	7.06	17.66	19.61	22.28	23.40
7	20F25M	13.62	20.84	22.15	31.11	35.77
8	30F25M	22.53	38.10	40.19	43.27	44.72
9	40F25M	23.02	28.43	35.48	45.06	48.48
10	50F25M	19.99	24.58	32.38	36.68	38.85
11	0F30	14.46	20.14	25.53	28.63	29.85
12	20F30	13.99	21.65	28.71	32.24	35.81
13	30F30	12.39	28.86	34.64	38.04	45.10
14	40F30	20.90	25.15	31.81	33.40	35.98
15	50F30	26.69	28.20	31.77	34.95	40.85
16	0F30M	8.24	20.49	22.81	23.78	25.98
17	20F30M	16.49	24.02	29.29	36.77	40.64
18	30F30M	15.36	28.12	33.88	38.21	42.56
19	40F30M	25.18	31.44	42.04	44.66	48.47
20	50F30M	20.78	27.61	35.32	37.76	43.43
21	0F45	22.55	28.44	34.01	41.81	45.29
22	20F45	26.36	31.83	37.36	39.65	46.83
23	30F45	20.65	31.79	40.98	46.68	52.35
24	40F45	24.91	29.69	36.81	40.81	42.27
25	50F45	29.59	31.52	34.35	38.39	44.66
26	0F45M	17.68	29.86	33.48	33.78	35.02
27	20F45M	23.14	35.20	41.73	43.92	52.03
28	30F45M	23.24	38.17	45.90	50.09	54.01
29	40F45M	25.46	32.90	44.35	47.16	47.97
30	50F45M	22.20	28.36	36.36	37.94	45.10



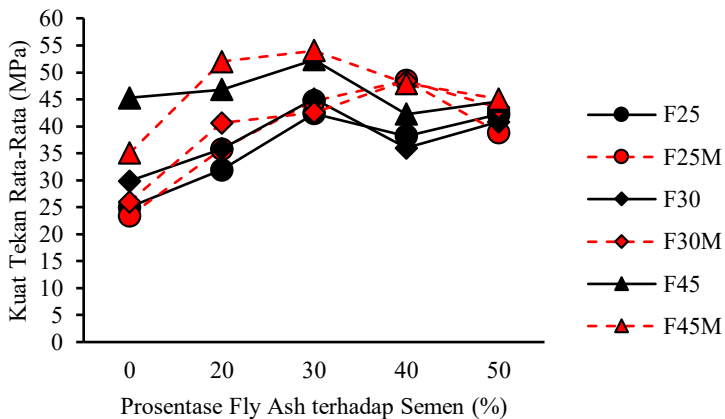


Gambar 4.23 Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton (f'c =30 MPa)



Gambar 4.24 Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton (f'c =45 MPa)

Dari Gambar 4.22-4.24, didapatkan kuat tekan rencana 25 MPa, 30 MPa dan 45 MPa mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada grafik diatas terjadi peningkatan signifikan kuat tekan beton dari umur 3 hari ke 7 hari, dan mulai konstan pada umur 21 hari ke umur beton 28 hari. Dan mengalami akan terus meningkat kuat tekan beton setelah umur 28 hari.



Gambar 4.25 Grafik hubungan kuat tekan umur 28 hari terhadap variasi *fly ash*

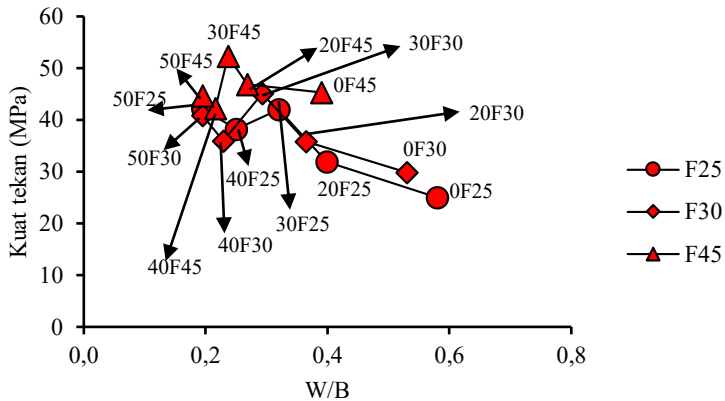
Dilihat dari Gambar 4.25, penggunaan *fly ash* pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton dan variasi *fly ash* yang optimum adalah 30%. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25$  MPa dengan kadar 30% (30F25) meningkat sebesar 70% dari pada beton normal (0F25). Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30$  MPa dengan kadar 30% (30F30) meningkat sebesar 51% dari pada beton normal (0F30). Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45$  MPa dengan kadar 30% (30F45) meningkat sebesar 16% dari pada beton normal (0F45). Menurut penelitian oleh Bahedh dkk (2018) menyatakan bahwa penggantian semen dengan *fly ash* dapat digunakan pada kadar *fly ash* 10% dari berat semen

(657 kg/m<sup>3</sup> beton) karena ada peningkatan nilai kuat tekan untuk kadar *fly ash* 20%, 30% dan 40%. Hasilnya menunjukkan kekuatan tekan yang optimal pada kadar *fly ash* 40% yaitu sebesar 122 Mpa setelah 28 hari. Sedangkan beton dengan penambahan mikroba, variasi *fly ash* yang optimum adalah 30-40 %. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25$  MPa dengan kadar 40% (40F25M) meningkat sebesar 94% dari pada beton normal (0F25). Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30$  MPa dengan kadar 40% (40F30M) meningkat sebesar 62% dari pada beton normal (0F30). Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45$  MPa dengan kadar 30% (30F45M) meningkat sebesar 19% dari pada beton normal (0F45). Menurut Jagannathan dkk (2018) menyatakan bahwa kekuatan tekan beton dapat ditingkatkan dengan menggunakan *fly ash* (kadar 10% dari berat semen) yang diperkaya oleh *Bacillus sphaericus* (kadar 10% dari berat semen). Peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan kontrol beton bertambah 29,33 MPa menjadi 32,50 MPa.

Dapat diketahui bahwa ada jarak antara grafik beton *fly ash* biasa dengan beton *fly ash* dengan mikroba, ini berarti penambahan mikroba memberikan pengaruh pada kuat tekan beton. Hal ini di sebabkan karena adanya rongga udara yang dibentuk oleh agregat yang ada pada beton. Namun pada beton tanpa *fly ash* dengan mikroba terjadi penurunan kuat tekan. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25$  MPa (0F25M) menurun sebesar 6% dari pada beton normal. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30$  MPa (0F30M) menurun sebesar 13% dari pada beton normal. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45$  MPa (0F45M) menurun sebesar 23% dari pada beton normal. Penurunan kuat tekan disebabkan oleh pengaruh mikroba yang tidak dapat berkembang biak dalam beton disebabkan suhu/panas hidrasi yang tinggi dalam beton secara berurutan (36,2; 38,2; 41,9 °C). Pada penelitian yang dilakukan Asgharzadeh dkk (2016) menyatakan pada suhu 25 °C bakteri *sporosarcina pasteurii* bisa memproduksi enzim urease dengan optimum. Penelitian yang di lakukan oleh Xu dkk (2017) menyatakan pertumbuhan bakteri (Bakteri

pengoksidasi amonia) sangat terhambat oleh suhu yang lebih tinggi terutama pada suhu lebih dari 40 °C. bisa disimpulkan bahwa suhu bakteri disekitar 25 °C - 40 °C, apabila beton suhunya makin mendekati 25 °C maka produksi enzim urease menjadi lebih optimum dan apabila mendekati 40 °C maka produksi enzim urease menjadi terhambat. Pada penelitian oleh Basoeki dan Nursandah (2016) menyatakan Mikroba bekerja "*aerob*" dan optimal bekerja di suhu ruang 30° C, dan akan *dormant* ketika berada di ruang dengan suhu 60° C keatas.

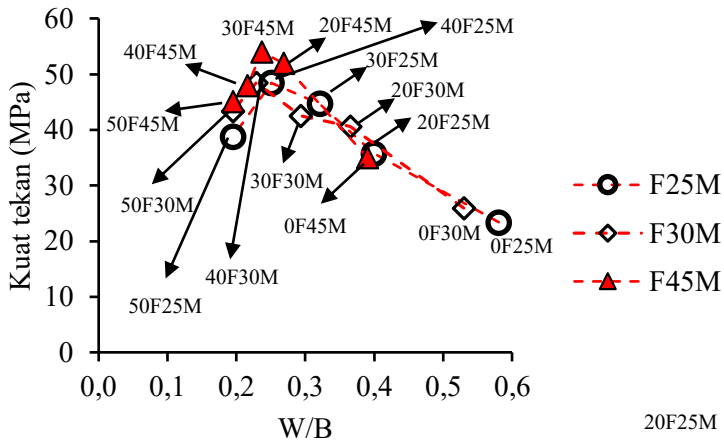
Semakin tinggi variasi *fly ash* (20%, 30%, 40%, 50%) maka pengaruh mikroba semakin berkurang, ini dikarenakan rongga udara yang ada pada beton terisi oleh partikel *fly ash* yang halus. Hal ini terbukti pada Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25$  MPa dengan kadar 50% (50F25M) meningkat sebesar 56% dari pada beton normal dan lebih kecil dari kuat tekan optimum (40F25M). Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30$  MPa dengan kadar 50% (50F30M) meningkat sebesar 45% dari pada beton normal dan lebih kecil dari kuat tekan optimum (40F30M). Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45$  MPa dengan kadar 40% (40F45M) meningkat sebesar 6% dari pada beton normal dan lebih kecil dari kuat tekan optimum (30F45M).



Gambar 4.26 Grafik hubungan w/b terhadap kuat tekan beton (non bakteri)

Dari Gambar 4.26 diketahui bahwa kuat tekan meningkat seiring w/b dari beton menurun. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rafeet dkk (2017) dimana pada beton berkekuatan 40 MPa memiliki w/c sebesar 0,355 dan beton berkekuatan 32 MPa memiliki w/c sebesar 0,415.





Gambar 4.27 Grafik hubungan w/b terhadap kuat tekan beton (bakteri)

Dari Gambar 4.27 diketahui bahwa kuat tekan meningkat seiring w/b dari beton menurun. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rafeet dkk (2017) dimana pada beton berkekuatan 40 MPa memiliki w/c sebesar 0,355 dan beton berkekuatan 32 MPa memiliki w/c sebesar 0,415.

- Korelasi kuat tekan beton.

Dapat mengetahui kuat tekan beton pada hari tertentu, melambangkan waktu pengerasan berbanding lurus dengan tingkat kekuatan. Pada penelitian didapatkan nilai korelasi kuat tekan untuk umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari dengan nilai patokan untuk korelasi adalah beton umur 28 hari yang dianggap sudah mencapai kekuatan 100%.

Berikut contoh perhitungan korelasi kuat tekan beton dengan rumus sesuai Persamaan 4.2:

Rumus :

$$K = \frac{f_{ci}}{f_{c(28)}} \quad (\text{Pers. 4.2})$$

Ket =

K : Nilai korelasi terhadap kuat tekan 28 hari

$f_{ci}$  : Kuat tekan pada umur  $i$  hari

$f_{c28}$  : Kuat tekan pada umur 28 hari

Contoh perhitungan :

Diketahui untuk benda uji (0F25), kuat tekan umur 3 hari sebesar 12,37 MPa. Dan kuat tekan 28 hari sebesar 24,98 MPa.

Berapa nilai korelasi kuat tekan 3 hari terhadap 28 hari untuk benda uji (0F25)?

Data:

$f_{ci}$  : 12,37 MPa

$f_{c28}$  : 24,98 MPa

Maka nilai korelasi 3 hari terhadap 28 hari didapat sebesar:

$$K = \frac{12,37}{24,98} = 0,5.$$

Berikut hasil rekapitan korelasi kuat tekan yang dilampirkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Korelasi kuat tekan X hari terhadap kuat tekan 28 hari.

Kode Benda Uji	Nilai korelasi terhadap kuat tekan 28 hari				
	3	7	14	21	28
0F25	0.50	0.68	0.82	0.93	1.00
20F25	0.34	0.54	0.80	0.93	1.00
30F25	0.39	0.75	0.85	0.92	1.00
40F25	0.56	0.62	0.76	0.90	1.00
50F25	0.60	0.67	0.79	0.84	1.00
0F25M	0.30	0.75	0.84	0.95	1.00
20F25M	0.38	0.58	0.62	0.87	1.00
30F25M	0.50	0.85	0.90	0.97	1.00
40F25M	0.47	0.59	0.73	0.93	1.00
50F25M	0.51	0.63	0.83	0.94	1.00
0F30	0.48	0.67	0.86	0.96	1.00
20F30	0.39	0.60	0.80	0.90	1.00
30F30	0.27	0.64	0.77	0.84	1.00
40F30	0.58	0.70	0.88	0.93	1.00
50F30	0.65	0.69	0.78	0.86	1.00
0F30M	0.32	0.79	0.88	0.92	1.00
20F30M	0.41	0.59	0.72	0.90	1.00
30F30M	0.36	0.66	0.80	0.90	1.00
40F30M	0.52	0.65	0.87	0.92	1.00
50F30M	0.48	0.64	0.81	0.87	1.00
0F45	0.50	0.63	0.75	0.92	1.00
20F45	0.56	0.68	0.80	0.85	1.00
30F45	0.39	0.61	0.78	0.89	1.00
40F45	0.59	0.70	0.87	0.97	1.00

Kode Benda Uji	Nilai korelasi terhadap kuat tekan 28 hari				
	3	7	14	21	28
50F45	0.66	0.71	0.77	0.86	1.00
0F45M	0.50	0.85	0.96	0.96	1.00
20F45M	0.44	0.68	0.80	0.84	1.00
30F45M	0.43	0.71	0.85	0.93	1.00
40F45M	0.53	0.69	0.92	0.98	1.00
50F45M	0.49	0.63	0.81	0.84	1.00

Dari Tabel 4.23 bisa dilihat bahwa terjadi peningkatan yang cukup pesat pada kuat tekan beton di umur awal 3 Hari sampai umur 14 hari untuk beton yang dibakteri (20F25M, 30F25M, 20F30M, 30F30M). Disebabkan pengaruh *bacillus sphaericus* memproduksi enzim urease ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) mengkatalis reaksi air dengan urea di dalam beton dan menghasilkan amonia dan  $\text{CO}_2$ . Saat dalam retakan terdapat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan terjadi reaksi dengan amonia dan  $\text{CO}_2$  dengan menghasilkan  $\text{CaCO}_3$ , sehingga pori-pori beton terisi oleh endapan  $\text{CaCO}_3$  dan meningkatkan kuat tekan beton (Jagannathan dkk, 2018).

- Korelasi kuat tekan beton *fly ash* terhadap beton normal.


Korelasi dilakukan pada beton *fly ash* dan beton *fly ash*-mikroba dengan beton normal umur 28 hari. Berikut data korelasi pada Tabel 4.24

Tabel 4.24 Korelasi kuat tekan beton *fly ash* terhadap kuat tekan 28 hari beton normal

Kode Benda Uji	Nilai korelasi terhadap kuat tekan 28 hari				
	3	7	14	21	28
0F25	0.50	0.68	0.82	0.93	1.00
20F25	0.43	0.69	1.02	1.19	1.28
30F25	0.66	1.28	1.43	1.56	1.70
40F25	0.86	0.95	1.16	1.37	1.53

Kode Benda Uji	Nilai korelasi terhadap kuat tekan 28 hari				
	3	7	14	21	28
50F25	1.01	1.13	1.33	1.43	1.69
0F25M	0.28	0.71	0.78	0.89	0.94
20F25M	0.55	0.83	0.89	1.25	1.43
30F25M	0.90	1.52	1.61	1.73	1.79
40F25M	0.92	1.14	1.42	1.80	1.94
50F25M	0.80	0.98	1.30	1.47	1.56
0F30	0.48	0.67	0.86	0.96	1.00
20F30	0.47	0.73	0.96	1.08	1.20
30F30	0.42	0.97	1.16	1.27	1.51
40F30	0.70	0.84	1.07	1.12	1.21
50F30	0.89	0.94	1.06	1.17	1.37
0F30M	0.28	0.69	0.76	0.80	0.87
20F30M	0.55	0.80	0.98	1.23	1.36
30F30M	0.51	0.94	1.13	1.28	1.43
40F30M	0.84	1.05	1.41	1.50	1.62
50F30M	0.70	0.92	1.18	1.26	1.45
0F45	0.50	0.63	0.75	0.92	1.00
20F45	0.58	0.70	0.82	0.88	1.03
30F45	0.46	0.70	0.90	1.03	1.16
40F45	0.55	0.66	0.81	0.90	0.93
50F45	0.65	0.70	0.76	0.85	0.99
0F45M	0.39	0.66	0.74	0.75	0.77
20F45M	0.51	0.78	0.92	0.97	1.15
30F45M	0.51	0.84	1.01	1.11	1.19
40F45M	0.56	0.73	0.98	1.04	1.06
50F45M	0.49	0.63	0.80	0.84	1.00

Ket :

 = Kontrol untuk korelasi kuat tekan (beton normal 28 hari)

Menurut (PBI N.I-2, 1971) disajikan korelasi kuat tekan beton pada Tabel 4.25:

Tabel 4.25 Korelasi kuat tekan beton (PBI N.I-2 Tabel 4.1.4)

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1

Dari Tabel 4.24 dan Tabel 4.25 bisa dibandingkan bahwa korelasi kuat tekan beton yang didapat dari penelitian ini berbeda dengan peraturan PBI N.I-2 1971. Untuk umur awal kuat tekan yaitu prediksi  $f'c$  3 hari pada PBI N.I-2 adalah 0,4 dari  $f'c$  28 hari. Sedangkan pada penelitian ini didapat prediksi  $f'c$  (25 MPa) 3 hari di dapat nilai terbesar dan terkecil pada beton 50F25 dan 0F25M sebesar 1,01 dan 0,28 dari  $f'c$  28 hari (0F25). Untuk prediksi  $f'c$  (30 MPa) 3 hari di dapat nilai terbesar dan terkecil pada beton 50F30 dan 0F30M sebesar 0,89 dan 0,28 dari  $f'c$  28 hari (0F30). Dan untuk prediksi  $f'c$  (45 MPa) 3 hari di dapat nilai terbesar dan terkecil pada beton 50F45 dan 0F45M sebesar 0,65 dan 0,39 dari  $f'c$  28 hari (0F45). Dan prediksi  $f'c$  28 hari pada PBI N.I-2 dianggap sudah mencapai 100% kuat tekan rencana. Pada penelitian ini didapat prediksi  $f'c$  (25 MPa) 28 hari di dapat nilai terbesar dan terkecil pada beton 40F25M dan 0F25M sebesar 1,94 dan 0,94 dari  $f'c$  28 hari (0F25). Untuk prediksi  $f'c$  (30 MPa) 28 hari di dapat nilai terbesar dan terkecil pada beton 40F30M dan 0F30M sebesar 1,62 dan 0,87 dari  $f'c$  28 hari (0F30). Dan untuk prediksi  $f'c$  (45 MPa) 28 hari di dapat nilai terbesar dan terkecil pada beton 30F45M dan 0F30M sebesar 1,19 dan 0,77 dari  $f'c$  28 hari (0F45).

#### 4.4.3 Uji *split* beton

Keterangan :

XFYM – U – B

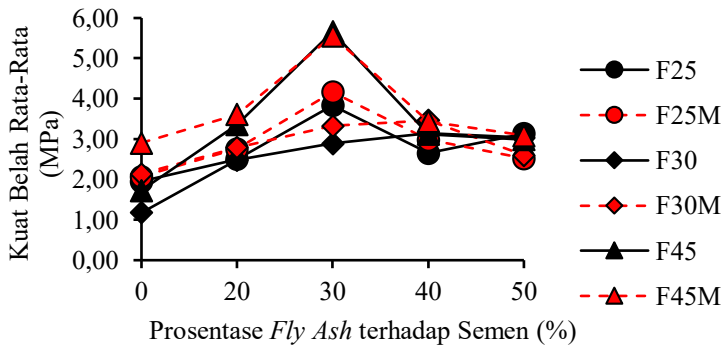
- X : % *Fly ash* terhadap berat semen.  
 F : *Fly ash*.  
 Y : Kuat tekan rencana.  
 M : Penggunaan mikroba.  
 U : Umur benda uji.  
 B : Nomor urut benda uji.

Dari 3 buah benda uji yang dibuat dan diuji tekan, hasil dari 3 benda uji tersebut diambil minimal ada 2 buah yang datanya berdekatan untuk menentukan rata-rata kuat *split* benda uji dan kontrol benda uji.

Tabel 4.26 Rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton.

Kode Benda Uji	Tes Tarik Belah Beton umur X Hari (Mpa)	Tes Kuat Tekan Beton umur X Hari (Mpa)	Rasio (Split/tekan)
	28	28	28
0F25	1.95	24.98	0.078
20F25	2.50	31.92	0.078
30F25	3.84	42.35	0.091
40F25	2.65	38.23	0.069
50F25	3.13	42.2	0.074
0F25M	2.07	23.4	0.088
20F25M	2.76	35.77	0.077
30F25M	4.16	44.72	0.093
40F25M	2.98	48.48	0.061
50F25M	2.52	38.85	0.065
0F30	1.18	29.85	0.039
20F30	2.48	35.81	0.069
30F30	2.89	45.10	0.064
40F30	3.14	35.98	0.087

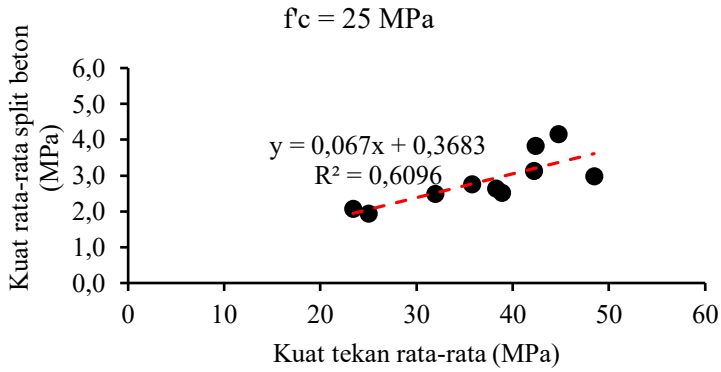
Kode Benda Uji	Tes Tarik Belah Beton umur X Hari (Mpa)	Tes Kuat Tekan Beton umur X Hari (Mpa)	Rasio (Split/tekan)
	28	28	28
50F30	3.03	40.85	0.074
0F30M	2.14	25.98	0.082
20F30M	2.79	40.64	0.069
30F30M	3.32	42.56	0.078
40F30M	3.47	48.47	0.071
50F30M	2.59	43.43	0.060
0F45	1.73	45.29	0.038
20F45	3.36	46.83	0.072
30F45	5.66	52.35	0.108
40F45	3.12	42.27	0.074
50F45	2.98	44.66	0.067
0F45M	2.90	35.02	0.083
20F45M	3.61	52.03	0.069
30F45M	5.55	54.01	0.103
40F45M	3.44	47.97	0.072
50F45M	3.08	45.1	0.068



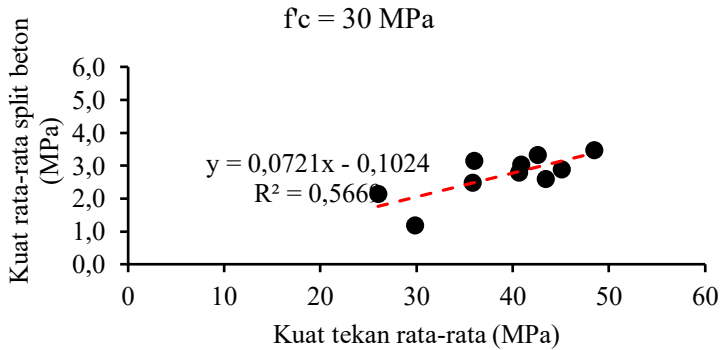
Gambar 4.28 Grafik hubungan kuat tarik belah terhadap variasi *fly ash*



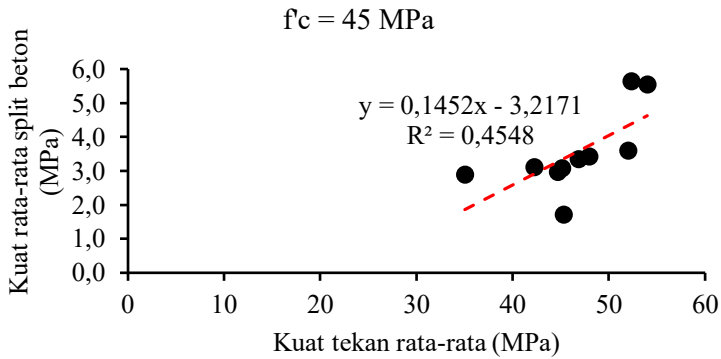
Dari Gambar 4.28, diperoleh bahwa kuat *split* paling optimum ada pada beton dengan kadar *fly ash* sebesar 30%, setelah penambahan *fly ash* sebesar 30% mengakibatkan penurunan kuat *split* beton. Penambahan mikroba juga berpengaruh pada kuat *split*, ini terlihat pada kuat belah beton dengan mikroba secara umum hasilnya lebih tinggi dari pada tanpa mikroba. Pada titik optimum (*fly ash* 30%) kekuatan beton dengan mikroba bertambah besar bila dibandingkan dengan beton *fly ash* biasa, kekuatan bertambah kurang lebih  $\pm 7,3\%$ . Sedangkan penelitian yang dilakukan Jagannathan dkk (2018) menyatakan bahwa kekuatan tarik belah dari beton ditingkatkan dengan menggunakan *fly ash* (kadar 10% dari berat semen) yang diperkaya oleh *Bacillus sphaericus* (kadar 10% dari berat semen) yang dibandingkan dengan kontrol beton biasa meningkat dari 3,2 MPa menjadi 4,14 MPa (29%). Namun untuk beton dengan *fly ash* 50% beton dengan mikroba hasilnya lebih kecil dari pada tanpa mikroba, kekuatan berkurang  $\pm 10\%$ . Hal ini disebabkan oleh kadar *fly ash* pori-pori pada beton terisi oleh butiran sehingga pengaruh bakteri berkurang. Pada penelitian Basoeki, dkk (2016) menyatakan semakin tinggi variasi *silica fume* (0%, 5%, 7,5%, 10%) maka pengaruh Binconc (bakteri) semakin berkurang, dikerankan rongga udara yang ada pada beton terisi oleh partikel *silica fume* yang halus. Terbukti pada *silica fume* 10% yang memiliki penambahan kuat tekan terkecil yaitu 6,01%.



Gambar 4.29 Grafik hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton 28 hari ( $f_c = 25 \text{ MPa}$ ).

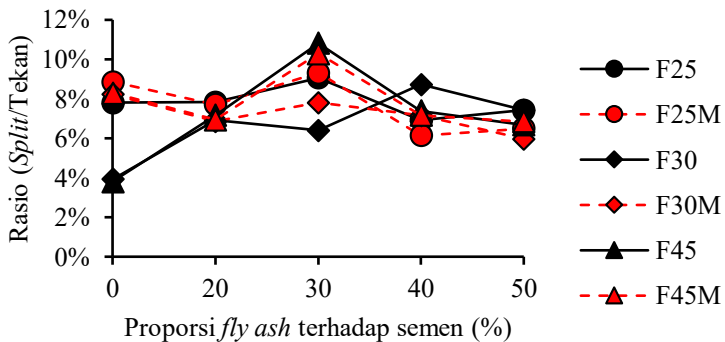


Gambar 4.30 Grafik hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton 28 hari ( $f_c = 30 \text{ MPa}$ )



Gambar 4.31 Grafik hubungan kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton 28 hari ( $f_c = 45 \text{ MPa}$ )

Dari Gambar 4.29-4.31, diketahui bahwa semakin tinggi kuat tekan pada benda uji maka kuat *split* cenderung semakin tinggi juga. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Marthinus dkk (2015).



Gambar 4.32 Grafik rasio (*split/tekan*) terhadap variasi *fly ash*

Dari Gambar 4.32, diketahui bahwa rasio antara split dengan tekan yang paling optimum sebesar 10,8% (30F45) dengan variasi *fly ash*

sebesar 30% dan terjadi penurunan rasio kuat tekan dengan *split* setelah variasi *fly ash* 30%. Penambahan mikroba juga mempengaruhi rasio kuat tekan dan *split*. Pada variasi *fly ash* 0%-19% dengan mikroba lebih tinggi daripada tanpa mikroba. Untuk  $f'c = 25$  MPa terjadi peningkatan sebesar 6% dari beton *fly ash* tanpa mikroba. Untuk  $f'c = 30$  MPa terjadi peningkatan sebesar 54% dari beton *fly ash* tanpa mikroba. Untuk  $f'c = 45$  MPa terjadi peningkatan sebesar 57% dari beton *fly ash* tanpa mikroba. Untuk variasi *fly ash* 40%-50% dengan mikroba lebih rendah daripada tanpa mikroba. Untuk  $f'c = 25$  MPa terjadi penurunan sebesar 12% dari beton *fly ash* tanpa mikroba. Untuk  $f'c = 30$  MPa terjadi peningkatan sebesar 19% dari beton *fly ash* tanpa mikroba. Untuk  $f'c = 45$  MPa terjadi peningkatan sebesar 1% dari beton *fly ash* tanpa mikroba.

#### 4.4.4 Evaluasi kelayakan mutu pengujian

Dalam penelitian ini dibuat benda uji sebanyak 570 buah yang nantinya benda uji tersebut dilakukan pengujian mekanik beton berupa kuat tekan beton dan kuat tarik belah (*split*) beton. Maka diperlukan evaluasi dari mutu pengujian yang dilakukan sehingga hasil dari pengujian dapat dipercaya dan dipertanggungjawabkan kelayakannya. Penilaian kelayakan diatur dalam ACI -214R-11 yang tercantum pada Tabel 3.28 dan Tabel 3.29 pada Bab III pada tugas akhir ini.

Berikut data hasil pengujian kuat tekan dengan data standar deviasi yang tercantum pada Tabel 4.27-4.29 dan untuk data yang lain bisa di lihat pada lampiran hasil kuat tekan dan berat volume.

Tabel 4.27 Hasil kuat tekan dan Standar deviasi (0F25)

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
0F25-3-1	25	12.19	12.37	0.80	Istimewa
0F25-3-2	25	13.24			
0F25-3-3	25	11.68			

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
0F25-7-1	25	16.87	16.92	0.40	Istimewa
0F25-7-2	25	17.35			
0F25-7-3	25	16.55			
0F25-14-1	25	21	20.54	0.42	Istimewa
0F25-14-2	25	20.18			
0F25-14-3	25	20.43			
0F25-21-1	25	23.39	23.3	0.81	Istimewa
0F25-21-2	25	22.45			
0F25-21-3	25	24.06			
0F25-28-1	25	25.48	24.98	0.45	Istimewa
0F25-28-2	25	24.61			
0F25-28-3	25	24.86			

Tabel 4.28 Hasil kuat tekan dan Standar deviasi (20F25)

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
20F25-3-1	25	10.87	10.83	0.44	Istimewa
20F25-3-2	25	11.24			
20F25-3-3	25	10.37			
20F25-7-1	25	20.61	17.18	0.45	Istimewa
20F25-7-2	25	16.86			
20F25-7-3	25	17.5			
20F25-14-1	25	25.86	25.43	0.61	Istimewa
20F25-14-2	25	19.5			
20F25-14-3	25	25			
20F25-21-1	25	29.8	29.64	0.23	Istimewa
20F25-21-2	25	29.48			
20F25-21-3	25	27.17			

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
20F25-28-1	25	32.1	31.92	0.26	Istimewa
20F25-28-2	25	31.73			
20F25-28-3	25	28.48			

Tabel 4.29 Hasil kuat tekan dan Standar deviasi (30F25)

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
30F25-3-1	25	16.00	16.58	1.00	Istimewa
30F25-3-2	25	17.74			
30F25-3-3	25	16.00			
30F25-7-1	25	32.36	31.94	0.62	Istimewa
30F25-7-2	25	31.23			
30F25-7-3	25	32.23			
30F25-14-1	25	34.54	35.83	1.12	Istimewa
30F25-14-2	25	36.54			
30F25-14-3	25	36.42			
30F25-21-1	25	37.48	39.06	1.37	Istimewa
30F25-21-2	25	39.72			
30F25-21-3	25	39.98			
30F25-28-1	25	42.73	42.35	0.45	Istimewa
30F25-28-2	25	41.85			
30F25-28-3	25	42.48			

Pada Tabel 4.27-4.29, didapat standar deviasi dari hasil kuat tekan beton termasuk kategori Istimewa menurut ACI-214R-11. Maka hasil pengujian dapat dipercaya dan dipertanggungjawabkan. Untuk

#### 4.4.5 *Workability* beton

Keterangan :

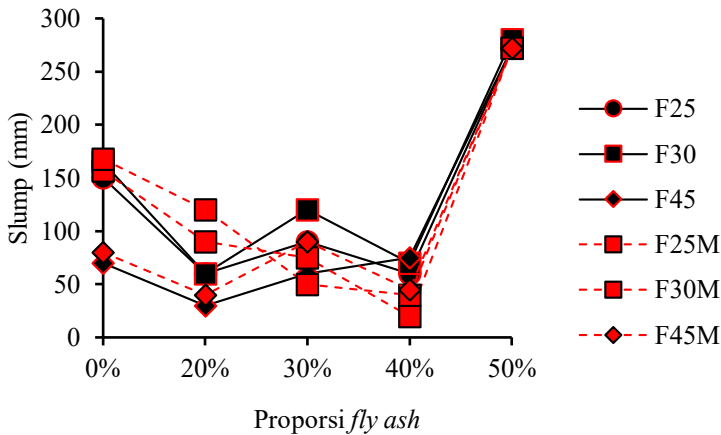
XFY

- X : % *Fly ash* terhadap berat semen.  
 F : *Fly ash*.  
 Y : Kuat tekan rencana.

Dalam pembuatan campuran beton mudah atau tidaknya dalam membuat bergantung pada slump. Slump menggambarkan *workability* dari suatu *mix design* beton. Berikut data slump dari tiap *mix design* pada Tabel 4.27.

Tabel 4.30 Rekapitulasi data slump, SP dan w/b pada beton.

No	Benda uji beton	Syarat Slump (mm)	Slump terukur (mm)	SP rencana (gr)	SP Total (gr)	Penambahan SP	SP (% binder)
1	0F25	60-180	150	0	0	tidak ada	0.00%
2	20F25	60-180	60	14	14	tidak ada	0.21%
3	30F25	60-180	90	17	17	tidak ada	0.21%
4	40F25	60-180	60	21	28	ada	0.28%
5	50F25	60-180	272	26	52	ada	0.41%
6	0F25M	60-180	157	0	0	tidak ada	0.00%
8	30F25M	60-180	75	17	21	ada	0.26%
9	40F25M	60-180	20	21	33	ada	0.33%
10	50F25M	60-180	272	26	52	ada	0.41%
11	0F30	60-180	165	0	0	tidak ada	0.00%
12	20F30	60-180	60	15	15	tidak ada	0.20%
13	30F30	60-180	120	18	22	ada	0.25%
14	40F30	60-180	70	23	34	ada	0.31%
15	50F30	60-180	280	26	52	ada	0.41%
16	0F30M	60-180	168	0	0	tidak ada	0.00%
17	20F30M	60-180	120	15	15	tidak ada	0.20%
18	30F30M	60-180	50	18	22	ada	0.25%
19	40F30M	60-180	40	23	36	ada	0.33%
20	50F30M	60-180	272	26	52	ada	0.41%
21	0F45	60-180	70	0	0	tidak ada	0.00%
22	20F45	60-180	30	21	21	tidak ada	0.21%
23	30F45	60-180	60	22	30	ada	0.27%
24	40F45	60-180	75	24	40	ada	0.34%
25	50F45	60-180	272	26	52	ada	0.41%
26	0F45M	60-180	80	0	0	tidak ada	0.00%
27	20F45M	60-180	40	21	21	tidak ada	0.21%
28	30F45M	60-180	90	22	26	ada	0.24%
29	40F45M	60-180	45	24	40	ada	0.34%
30	50F45M	60-180	272	26	52	ada	0.41%

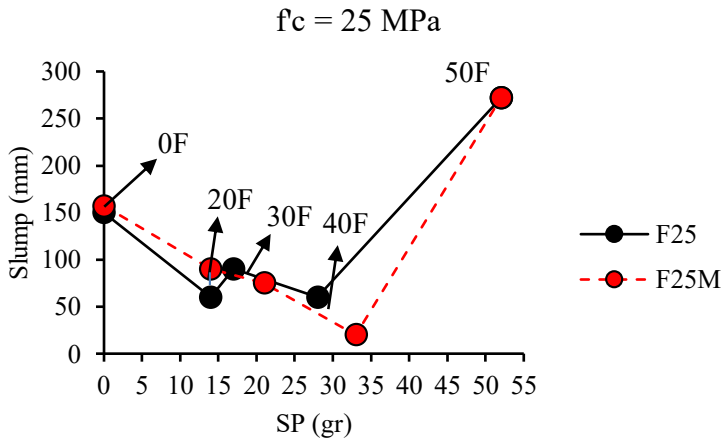


Gambar 4.33 Grafik hubungan slump beton terhadap *variasi fly ash*

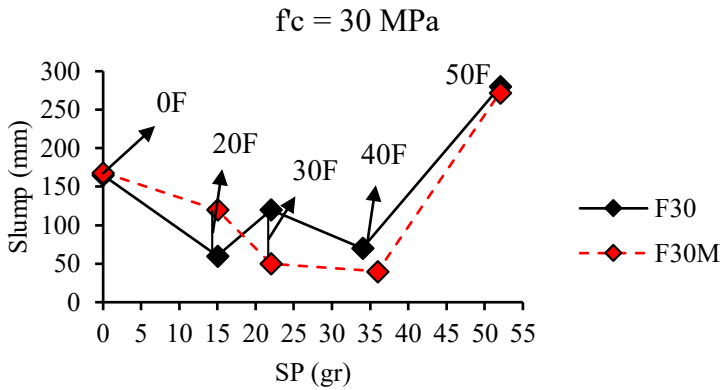
Dari Gambar 4.33, diketahui bahwa dengan penambahan *fly ash* mengakibatkan slump cenderung menurun yang disebabkan kekurangan air pada beton *fly ash*. Namun pada penelitian oleh Bahedh dkk (2018) menyatakan bahwa *fly ash* dapat meningkatkan workability pada beton dengan dosis *fly ash* 0%-40% dan penelitian yang dilakukan oleh Siddique dkk (2016) menyatakan bahwa penambahan *silica fume* sebesar 5%-15% menurunkan slump pada beton. Dalam pembuatan beton *fly ash* digunakan admixture berupa *superplasticizer* untuk membantu workability dari beton. Pemakaian mikroba berpengaruh pada slump beton terjadi pada beton normal dan beton *fly ash* 20% mengalami peningkatan slump. Namun pada penelitian yang dilakukan oleh Siddique dkk (2016) menyatakan bahwa penambahan mikroba tidak berpengaruh pada nilai slump pada beton. Dapat disimpulkan bahwa kenaikan slump tidak disebabkan oleh mikroba melainkan pengaruh yang diberikan *superplasticizer* ke dalam beton. Namun pada beton *fly ash* 30%-40% mengalami penurunan slump diakibatkan mikroba, penyebab tersebut karena partikel *fly ash*



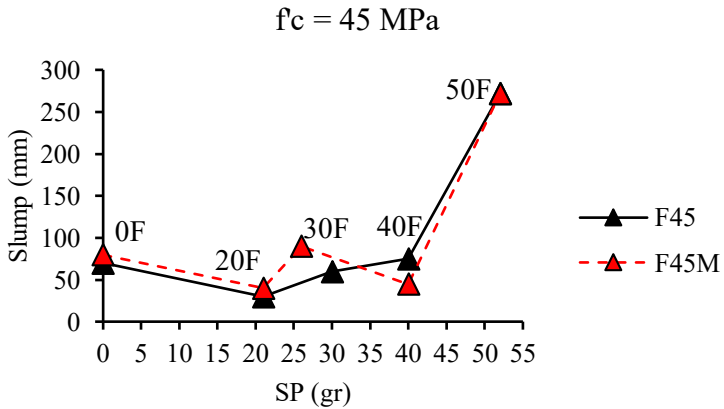
yang sangat halus menyebabkan *superplasticizer* diserap oleh *fly ash*. Pada *fly ash* 50% terjadi kenaikan slump yang signifikan karena pada campuran beton berubah menjadi beton SCC (self compacting concrete), sehingga agregat dan pasta *fly ash* pada saat test slump menjadi turun.



Gambar 4.34 Grafik hubungan slump beton terhadap kebutuhan *superplasticizer* ( $f'c = 25 \text{ MPa}$ ).

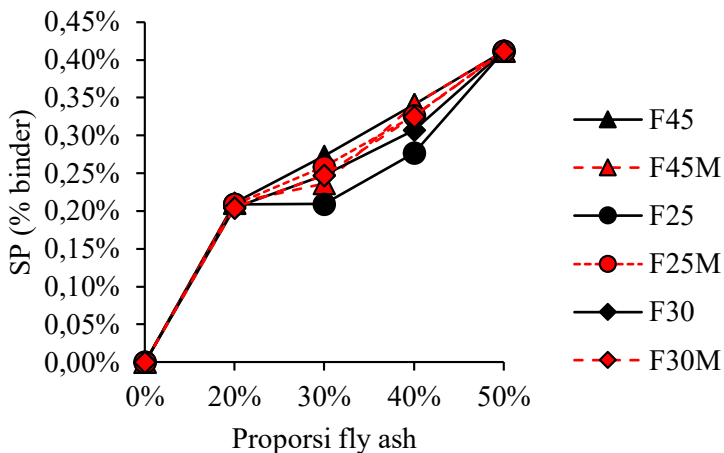


Gambar 4.35 Grafik hubungan slump beton terhadap kebutuhan *superplasticizer* ( $f'c = 30 \text{ MPa}$ ).



Gambar 4.36 Grafik hubungan slump beton terhadap kebutuhan *superplasticizer* ( $f'c = 45 \text{ MPa}$ ).

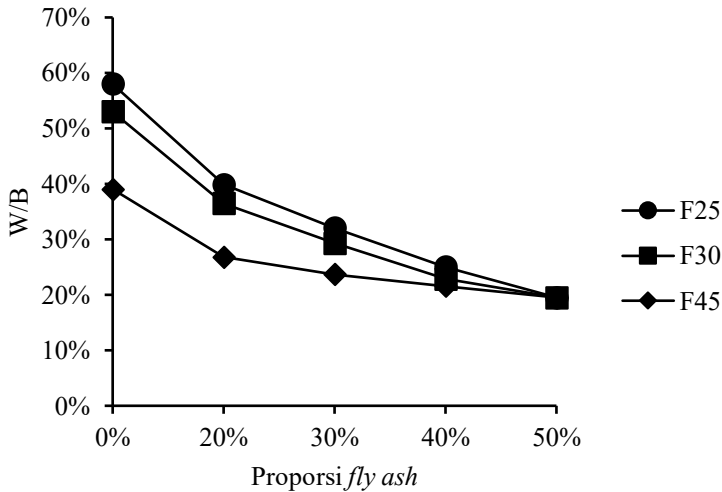
Dari Gambar 4.34 - 4.36, diketahui bahwa semakin tinggi penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton maka semakin rendah slump pada beton. Pada beton *fly ash* tanpa mikroba slumpnya lebih rendah dari pada pakai mikroba dan juga beton *fly ash* pakai mikroba membutuhkan *superplasticizer* lebih banyak. Hal ini dikarenakan mikroba menyerap air pada beton sehingga beton menjadi kering dan perlu ditambahkan *superplasticizer* untuk meningkatkan workability. Kegunaan *superplasticizer* melebihi batas tertentu menyebabkan slump menjadi naik secara signifikan dan membuat beton menjadi beton SCC. Pada penelitian ini didapat penggunaan *superplasticizer* sampai batas 3,25 kg/m<sup>3</sup> beton.



Gambar 4.37 Grafik hubungan kebutuhan *superplasticizer* terhadap variasi *fly ash*.

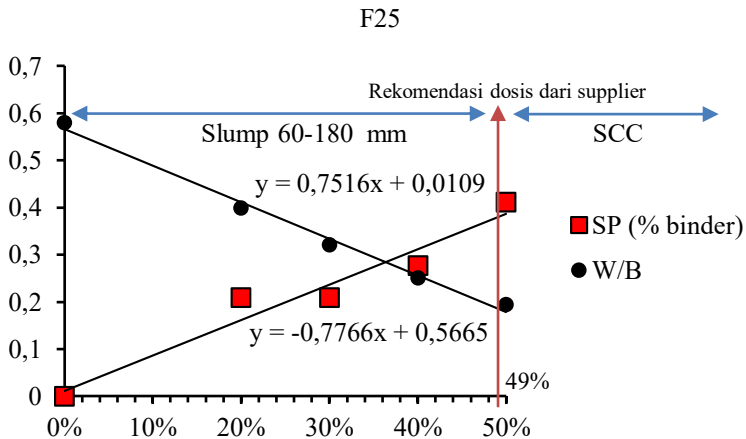
Dari Gambar 4.37, diketahui bahwa penambahan *fly ash* yang semakin banyak membuat *superplasticizer* yang dibutuhkan semakin banyak. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Nagrockienė dan Rutkauskas (2018) penggunaan *fly ash* dengan

kadar 25%, 35%, 45%, 55% dan 65% memiliki nilai plasticizer sebesar 0,05%, 0,1%, 0,15% dari berat binder. Hal ini disebabkan kebutuhan semen juga meningkat karena rasio w/b diturunkan.



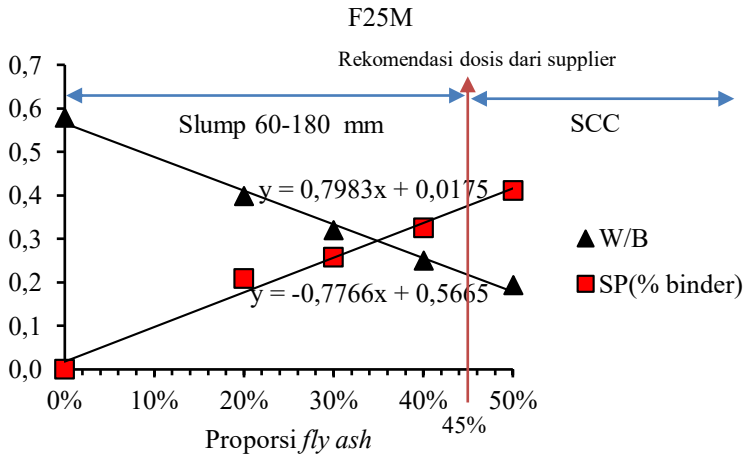
Gambar 4.38 Grafik hubungan w/b terhadap variasi *fly ash*

Dari Gambar 4.38, diketahui bahwa W/B (*water/binder*) menurun seiring bertambahnya penggunaan *fly ash* pada beton. Disebabkan volume penggunaan air yang sengaja diturunkan akibat penggunaan *fly ash* pada beton.



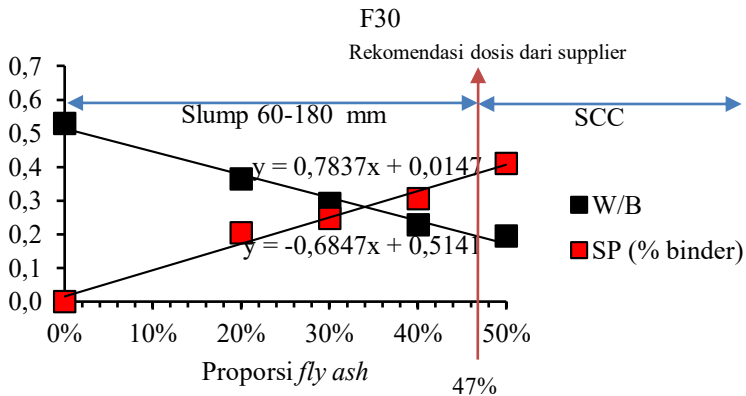
Gambar 4.39 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi *fly ash* (F25)

Dari Gambar 4.39, diketahui bahwa pada pembuatan beton dengan  $f'c = 25$  MPa tanpa mikroba batas penggunaan *fly ash* yang direkomendasikan oleh supplier SP adalah sebesar 49%, apabila melebihi batas tersebut maka kemungkinan besar beton menjadi SCC, karena membutuhkan SP yang berlebihan. Dan dosis yang direkomendasikan oleh supplier dalam penggunaan SP adalah sebesar 0,38% - 1% dari berat binder ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



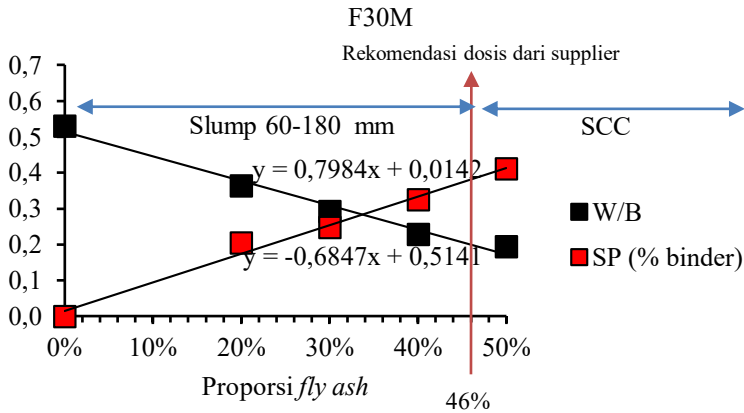
Gambar 4.40 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi *fly ash* (F25M)

Dari Gambar 4.40, diketahui bahwa pada pembuatan beton dengan  $f'_c = 25$  MPa dengan mikroba batas penggunaan *fly ash* yang direkomendasikan oleh supplier SP adalah sebesar 45%, apabila melebihi batas tersebut maka kemungkinan besar beton menjadi SCC, karena membutuhkan SP yang berlebihan. Dan dosis yang direkomendasikan oleh supplier dalam penggunaan SP adalah sebesar 0,38% - 1% dari berat binder ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



Gambar 4.41 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi *fly ash* (F30)

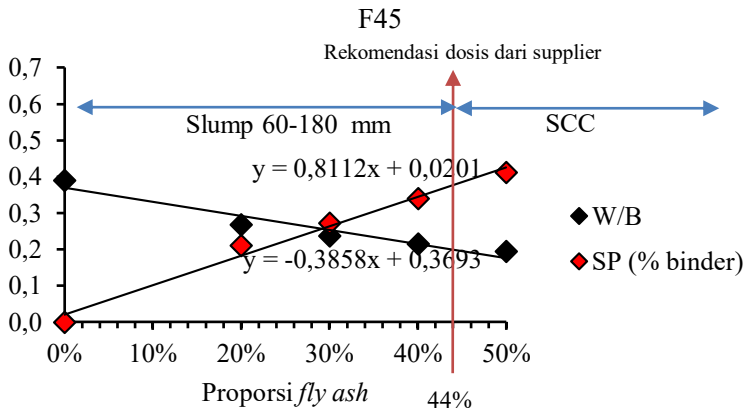
Dari Gambar 4.41, diketahui bahwa pada pembuatan beton dengan  $f'c = 30$  MPa tanpa mikroba batas penggunaan *fly ash* yang direkomendasikan oleh supplier SP adalah sebesar 47%, apabila melebihi batas tersebut maka kemungkinan besar beton menjadi SCC, karena membutuhkan SP yang berlebihan. Dan dosis yang direkomendasikan oleh supplier dalam penggunaan SP adalah sebesar 0,38% - 1% dari berat binder ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



Gambar 4.42 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi *fly ash* (F30M)

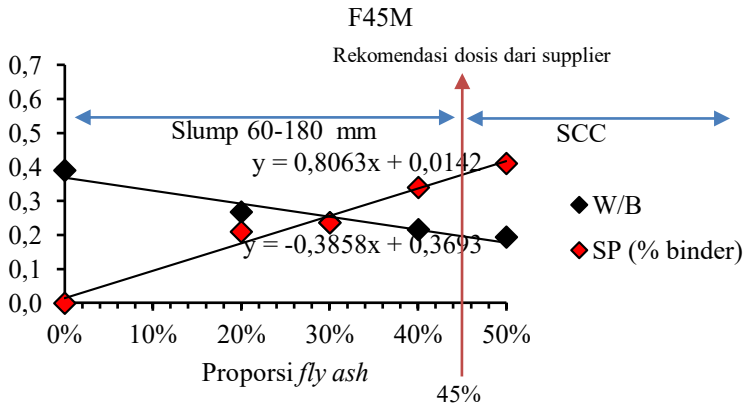
Dari Gambar 4.42, diketahui bahwa pada pembuatan beton dengan  $f'_c = 30$  MPa dengan mikroba batas penggunaan *fly ash* yang direkomendasikan oleh supplier SP adalah sebesar 46%, apabila melebihi batas tersebut maka kemungkinan besar beton menjadi SCC, karena membutuhkan SP yang berlebihan. Dan dosis yang direkomendasikan oleh supplier dalam penggunaan SP adalah sebesar 0,38% - 1% dari berat binder ( $\text{kg/m}^3$ ).





Gambar 4.43 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi *fly ash* (F45)

Dari Gambar 4.43, diketahui bahwa pada pembuatan beton dengan  $f^c = 45$  MPa tanpa batas penggunaan *fly ash* yang direkomendasikan oleh supplier SP adalah sebesar 44%, apabila melebihi batas tersebut maka kemungkinan besar beton menjadi SCC, karena membutuhkan SP yang berlebihan. Dan dosis yang direkomendasikan oleh supplier dalam penggunaan SP adalah sebesar 0,38% - 1% dari berat binder ( $\text{kg/m}^3$ ).



Gambar 4.44 Grafik hubungan w/b dan SP (% binder) terhadap variasi *fly ash* (F45M)

Dari Gambar 4.44, diketahui bahwa pada pembuatan beton dengan  $f'c = 45$  MPa dengan mikroba batas penggunaan *fly ash* yang direkomendasikan oleh supplier SP adalah sebesar 45%, apabila melebihi batas tersebut maka kemungkinan besar beton menjadi SCC, karena membutuhkan SP yang berlebihan. Dan dosis yang direkomendasikan oleh supplier dalam penggunaan SP adalah sebesar 0,38% - 1% dari berat binder ( $\text{kg/m}^3$ ).

#### 4.4.6 Hasil pengukuran suhu pada benda uji

Keterangan :

XFY – B

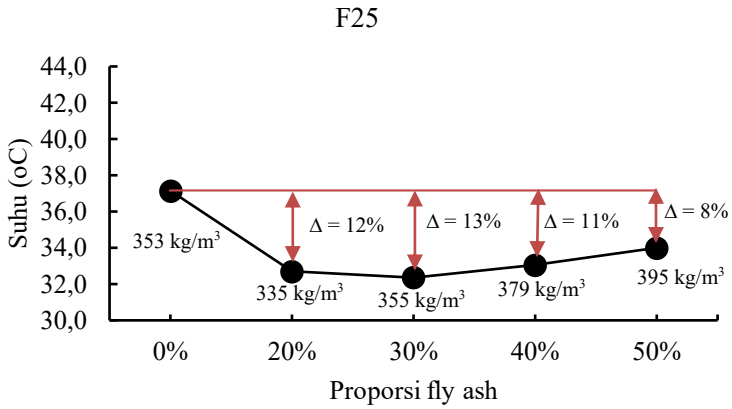
- |   |  |
|---|--|
| X | : % <i>Fly ash</i> terhadap berat semen. |
| F | : <i>Fly ash</i> .                       |
| Y | : Kuat tekan rencana.                    |
| B | : Nomor urut benda uji.                  |

Dibuat 2 benda uji kubus untuk diukur suhu didalamnya dengan menggunakan thermocouple. Hasil dari pengukuran suhu dianalisis dan ditampilkan dalam tabel dan grafik lalu di tarik kesimpulan.

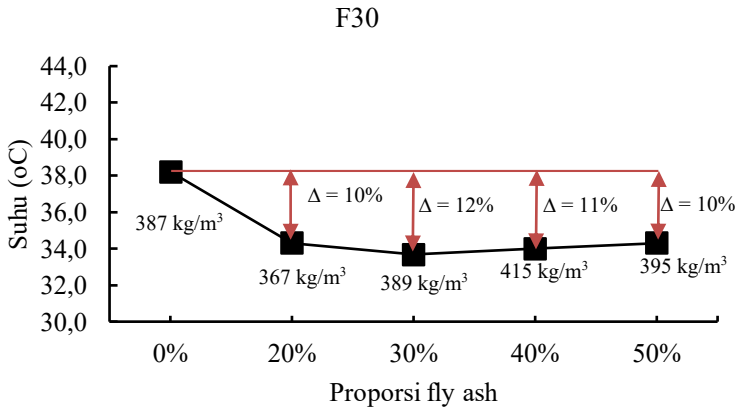
Pada uji suhu dilakukan 1 hari untuk mendapatkan suhu tertinggi dari setiap komposisi. Untuk grafik dapat dilihat di lampiran hasil uji pengukuran panas hidrasi beton. Berikut hasil dilampirkan dalam Tabel 4.28.

Tabel 4.31 Hasil pengukuran suhu beton

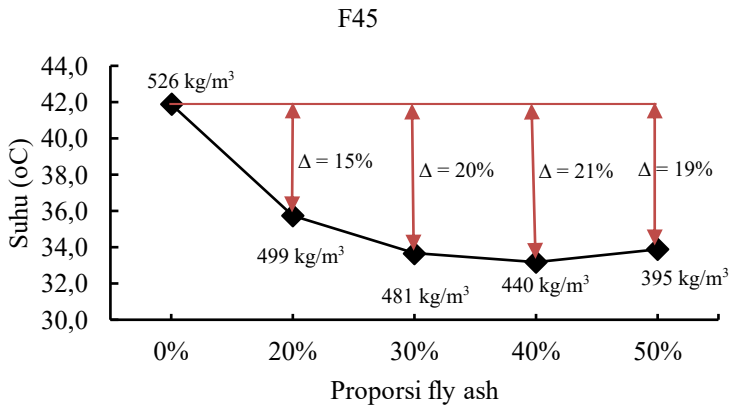
No.	Kode Benda Uji	Suhu	Rata-rata
		(Celcius)	
1	0F25-1	36.8	37.2
2	0F25-2	37.5	
3	20F25-1	33.2	32.7
4	20F25-2	32.2	
5	30F25-1	32.6	32.4
6	30F25-2	32.2	
7	40F25-1	32.9	33.1
8	40F25-2	33.2	
9	50F25-1	33.6	34.0
10	50F25-2	34.4	
11	0F30-1	38.2	38.2
12	0F30-2	-	
13	20F30-1	34.3	34.3
14	20F30-2	-	
15	30F30-1	33.7	33.7
16	30F30-2	33.7	
17	40F30-1	33.6	34.0
18	40F30-2	34.4	
19	50F30-1	34.3	34.3
20	50F30-2	34.3	
21	0F45-1	41.9	41.9
22	0F45-2	-	
23	20F45-1	36.1	35.8
24	20F45-2	35.4	
25	30F45-1	33.9	33.7
26	30F45-2	33.5	
27	40F45-1	33.3	33.2
28	40F45-2	33.1	
29	50F45-1	33.9	33.9
30	50F45-2	33.9	



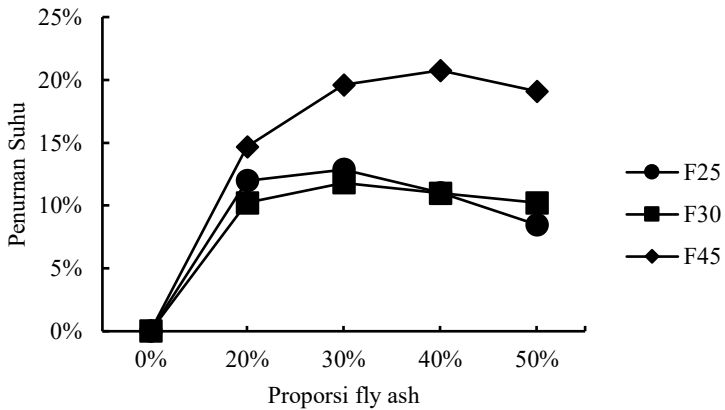
Gambar 4.45 Grafik hubungan suhu beton dengan kadar *fly ash* (F25)



Gambar 4.46 Grafik hubungan suhu beton dengan kadar *fly ash* (F30)



Gambar 4.47 Grafik hubungan suhu beton dengan kadar fly ash (F45)



Gambar 4.48 Grafik penurunan suhu dengan kadar fly ash

Dari Gambar 4.45 - 4.48 diketahui bahwa penggunaan *fly ash* dalam beton dapat menurunkan suhu dari tinggi ke rendah. Dapat dilihat bahwa penurunan suhu mulai turun pada *fly ash* 20% dan suhu terendah pada *fly ash* 30% dan setelah 30% *fly ash*, suhu beton menjadi lebih naik dikarenakan jumlah semen yang digunakan lebih banyak. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wang dkk (2017) menyatakan untuk suhu paparan yang diberikan sebesar (150, 250, 350, 450, 500 °C) pada beton *fly ash*. Setelah 85 menit terjadi penurunan pada beton *fly ash* utk masing-masing suhu yang diberikan menjadi sebesar (111,172,192,248,321 °C). Dapat dilihat untuk  $f'c = 25$  MPa dengan proporsi *fly ash* (0%, 20%, 30%, 40%, 50%) memiliki suhu berurutan sebesar (37,2; 32,7; 32,4; 33,1; 34,0 °C) dan untuk  $f'c = 30$  MPa dengan proporsi *fly ash* (0%, 20%, 30%, 40%, 50%) memiliki suhu berurutan sebesar (38,2; 34,3; 33,7; 34,0; 34,3 °C), sedangkan untuk  $f'c = 45$  MPa dengan proporsi *fly ash* (0%, 20%, 30%, 40%, 50%) memiliki suhu berurutan sebesar (41,9; 35,8; 33,7; 33,2; 33,9 °C). Untuk suhu terendah  $f'c = 25$  dan 30 MPa pada kadar *fly ash* 30% sedangkan untuk suhu terendah  $f'c = 45$  MPa pada kadar *fly ash* 40%. Pada Gambar 4.45, diketahui untuk  $f'c = 25$  MPa apabila menggunakan *fly ash* dapat menurunkan suhu beton sampai 13% dari suhu beton normal (*fly ash* 30%). Untuk  $f'c = 30$  MPa apabila menggunakan *fly ash* dapat menurunkan suhu beton sampai 12% dari suhu beton normal (*fly ash* 30%) dan untuk  $f'c = 45$  MPa apabila menggunakan *fly ash* dapat menurunkan suhu beton sampai 21% dari suhu beton normal (*fly ash* 40%). Terdapat keterkaitan penurunan panas hidrasi juga mempengaruhi kuat tekan beton karena kadar *fly ash* optimum yang sama.

#### 4.4.7 Harga satuan

Dalam membuat beton dari hasil *mix design* yang dirancang, Dibuat harga satuan dari setiap material yang dibutuhkan dan dibuat HPP (harga produk penjualan) untuk setiap *mix design*, sehingga dapat dianalisis HPP dengan membandingkan satu sama lain dan mendapatkan harga HPP yang paling murah. Untuk tabel

HPP untuk semua *mix design* bisa dilihat pada lampiran tabel HPP. Berikut hasil dari harga satuan untuk setiap material pada pembuatan beton pada Tabel 4.29

Tabel 4.32 Harga survey material pembuatan beton per m<sup>3</sup> beton (Maret, 2019).

No	Bahan Baku	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Volume real (m <sup>3</sup> )	Harga real	Berat real	Harga satuan
1	Semen (Indocement Tiga Roda)	2,98	2980	1	Rp44.000	40 kg	Rp1.100
2	<i>Fly Ash</i> (PT. Petrokimia Gresik)	2,37	2370	1	Rp0	400 kg	Rp0
3	Air	1	1000	1	Rp100	6610 kg	Rp100
4	Pasir Lumajang	2,59	2590	6	Rp2.250.000	15540 kg	Rp145
5	Kerikil ( $\phi = 20$ mm)	2,69	2690	1,43	Rp270.000	3847 kg	Rp70
6	Mikroba (Bioconc)	0	0	1	Rp67.500	8 L	Rp67.500
7	SP (Tancem 60 RP)	0	0	1	Rp25.000	49939 kg	Rp25.000

Dalam pembuatan harga HPP untuk seluruh rancangan *mix design*, maka dibuat kelompok (*clustering*) berdasarkan kuat tekan 28 hari yang dicapai pada setiap *mix design*. Didapatkan kuat tekan tertinggi sebesar 54,01 MPa dengan kode benda uji (30F45M) dan kuat tekan terendah sebesar 23,4 MPa dengan kode benda uji (0F25M). berdasarkan kuat tekan dapat dibuat kelompok (*clustering*) sebagai berikut :

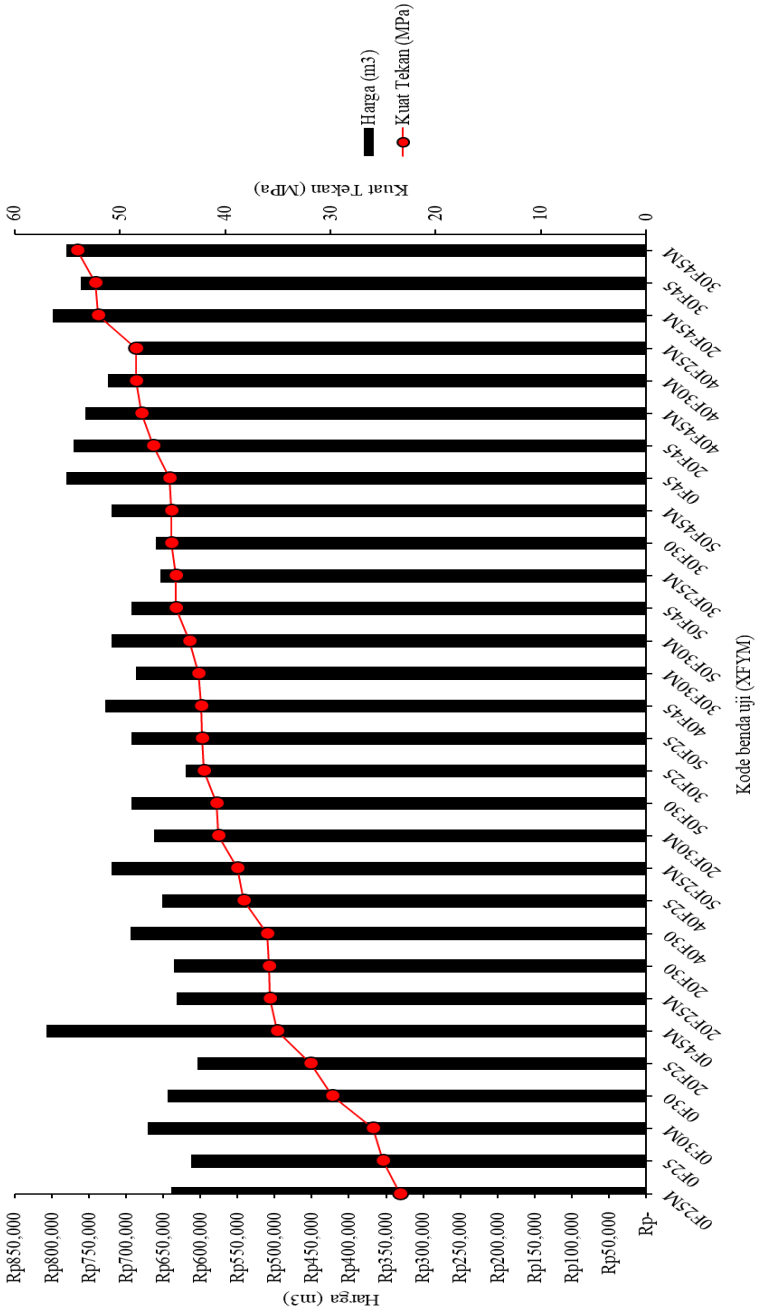
1. Kelompok kuat tekan 20-25 MPa : 0F25M, 0F25.
2. Kelompok kuat tekan 25-30 MPa : 0F30M, 0F30.
3. Kelompok kuat tekan 30-35 MPa : 20F25.
4. Kelompok kuat tekan 35-40 MPa : 0F45M, 20F25M, 20F30, 40F30, 40F25, 50F25M.
5. Kelompok kuat tekan 40-45 MPa : 20F30M, 50F30, 30F25, 50F25, 40F45, 30F30M, 50F30M, 50F45, 30F25M.
6. Kelompok kuat tekan 45-50 MPa : 30F30, 50F45M, 0F45, 20F45, 40F45M, 40F30M, 40F25M.
7. Kelompok kuat tekan 50-55 MPa : 20F45M, 30F45, 30F45M.

Kemudian dibuat tabel yang beurutan dari kuat tekan terkecil sampai dengan kuat tekan terbesar, berikut Tabel 4.30

Tabel 4.33 Rekapitulasi HPP per *mix design*

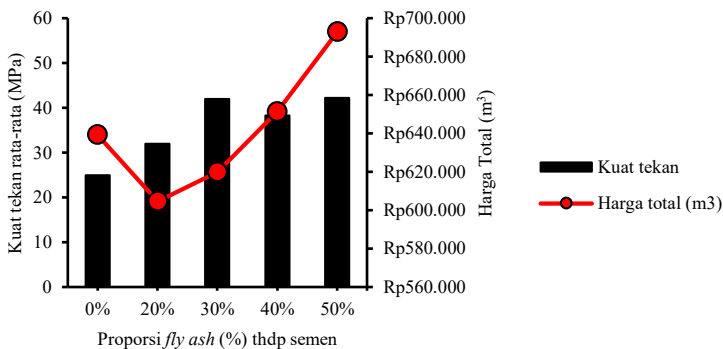
No	Kode	Kuat tekan (MPa)	Harga Total (m <sup>3</sup> )
1	0F25M	23,4	Rp639.216
2	0F25	24,98	Rp612.216
3	0F30M	25,98	Rp670.864
4	0F30	29,85	Rp643.864
5	20F25	31,92	Rp604.406
6	0F45M	35,02	Rp807.189
7	20F25M	35,77	Rp631.406
8	20F30	35,81	Rp635.281
9	40F30	35,98	Rp694.475
10	40F25	38,23	Rp651.405
11	50F25M	38,85	Rp719.923
12	20F30M	40,64	Rp662.281
13	50F30	40,85	Rp692.923
14	30F25	42,02	Rp619.962
15	50F25	42,2	Rp692.923
16	40F45	42,27	Rp727.481
17	30F30M	42,56	Rp686.617
18	50F30M	43,43	Rp719.923
19	50F45	44,66	Rp692.923
20	30F25M	44,72	Rp653.606
21	30F30	45,1	Rp659.617
22	50F45M	45,1	Rp719.923
23	0F45	45,29	Rp780.189
24	20F45	46,83	Rp770.964
25	40F45M	47,97	Rp754.481
26	40F30M	48,47	Rp724.797
27	40F25M	48,48	Rp686.710
28	20F45M	52,03	Rp797.964
29	30F45	52,35	Rp760.334
30	30F45M	54,01	Rp780.690





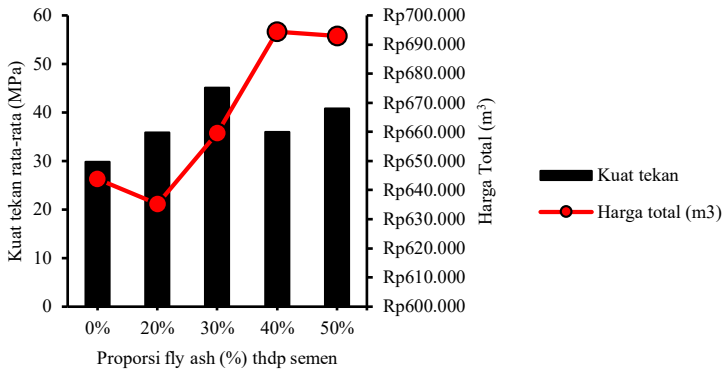
Gambar 4.49 Grafik korelasi HPP ( $m^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari)

Dari Gambar 4.49, diketahui bahwa didapat *mix design* yang optimal dilihat dari kuat tekan yang tinggi dan harga yang murah pada kode benda uji (40F25M) dengan kuat tekan 48,48 MPa dengan harga Rp. 686.710, dibandingkan benda uji (40F30M) yang memiliki kuat tekan yang hampir sama yaitu 48,47 MPa dengan harga Rp. 724.797. Selain itu didapatkan juga harga termahal terdapat pada benda uji (0F45M) dengan harga Rp 807.189 dan kuat tekan sebesar 35,02 MPa dan didapatkan harga termurah terdapat pada benda uji (20F25) dengan harga Rp 604.406. dengan kuat tekan 31,92 MPa. Dapat dilihat bahwa faktor yang mempengaruhi naik dan turunnya harga dari suatu benda uji adalah dari penggunaan semen dan *superplasticizer* yang banyak ditambah juga penggunaan mikroba. Untuk harga list dapat dilihat pada lampiran.



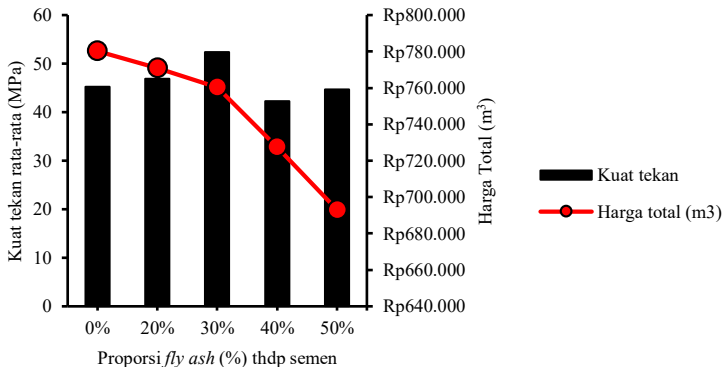
Gambar 4.50 Grafik korelasi harga total ( $\text{m}^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk  $f'c = 25$  MPa

Dari Gambar 4.50, diketahui bahwa variasi *fly ash* dilihat dari segi harga dan kuat tekan pada  $f'c = 25$  MPa yang paling optimum sebesar 30%.



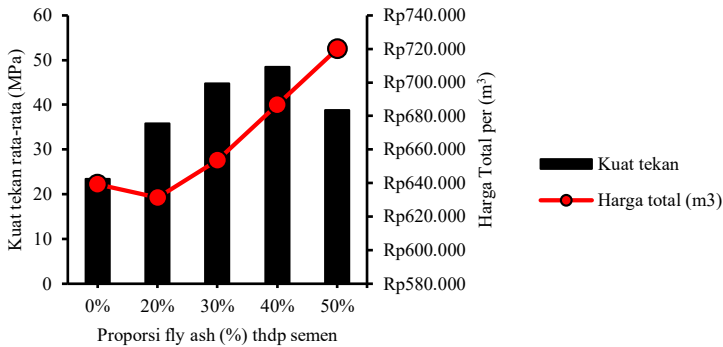
Gambar 4.51 Grafik korelasi harga total ( $\text{m}^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk  $f'c = 30 \text{ MPa}$

Dari Gambar 4.51, diketahui bahwa variasi *fly ash* dilihat dari segi harga dan kuat tekan pada  $f'c = 30 \text{ MPa}$  yang paling optimum sebesar 30%.



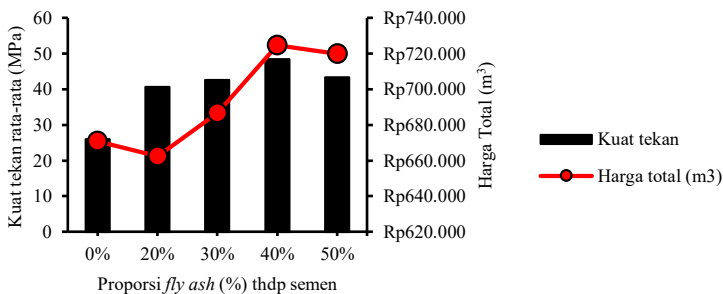
Gambar 4.52 Grafik korelasi harga total ( $\text{m}^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk  $f'c = 45 \text{ MPa}$

Dari Gambar 4.52, diketahui bahwa variasi *fly ash* dilihat dari segi harga dan kuat tekan pada  $f^c = 45$  MPa yang paling optimum sebesar 50%.



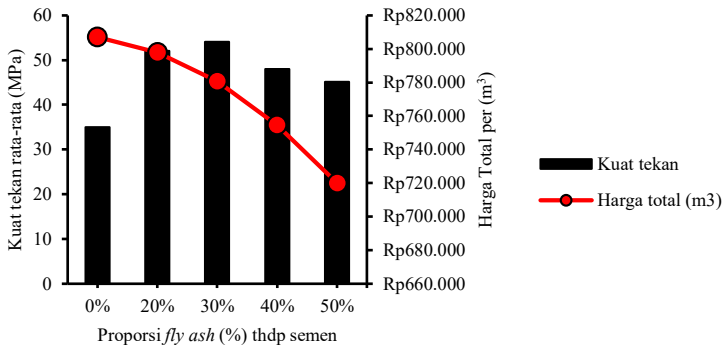
Gambar 4.53 Grafik korelasi harga total ( $m^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk  $f^c = 25$  MPa (mikroba)

Dari Gambar 4.53, diketahui bahwa variasi *fly ash* yang ditambahkan mikroba dilihat dari segi harga dan kekuatan pada  $f^c = 25$  MPa yang paling optimum sebesar 40%.



Gambar 4.54 Grafik korelasi harga total ( $m^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk  $f^c = 30$  MPa (mikroba)

Dari Gambar 4.54, diketahui bahwa variasi *fly ash* yang ditambahkan mikroba dilihat dari segi harga dan kekuatan pada  $f'c = 30$  MPa yang paling optimum sebesar 30%.



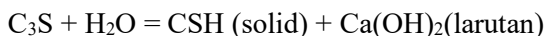
Gambar 4.55 Grafik korelasi harga total ( $m^3$ ) dengan kuat tekan beton (28 hari) untuk  $f'c = 45$  MPa (mikroba)

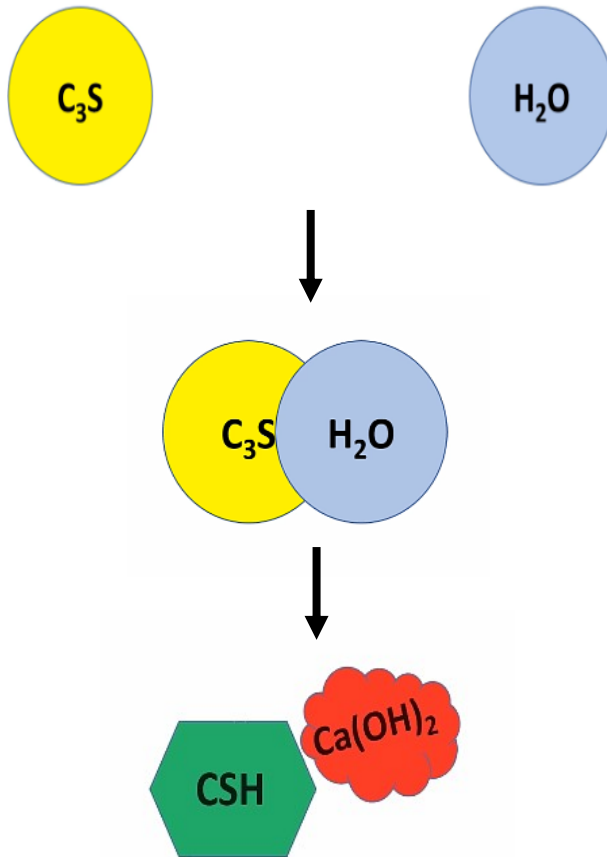
Dari Gambar 4.55, diketahui bahwa variasi *fly ash* yang ditambahkan mikroba dilihat dari segi harga dan kekuatan pada  $f'c = 45$  MPa yang paling optimum sebesar 50%.

#### 4.4.8 Mekanisme *fly ash* dan mikroba

Pada penelitian ini akan menjelaskan bagaimana *fly ash* dan mikroba dapat meningkatkan kuat tekan beton.

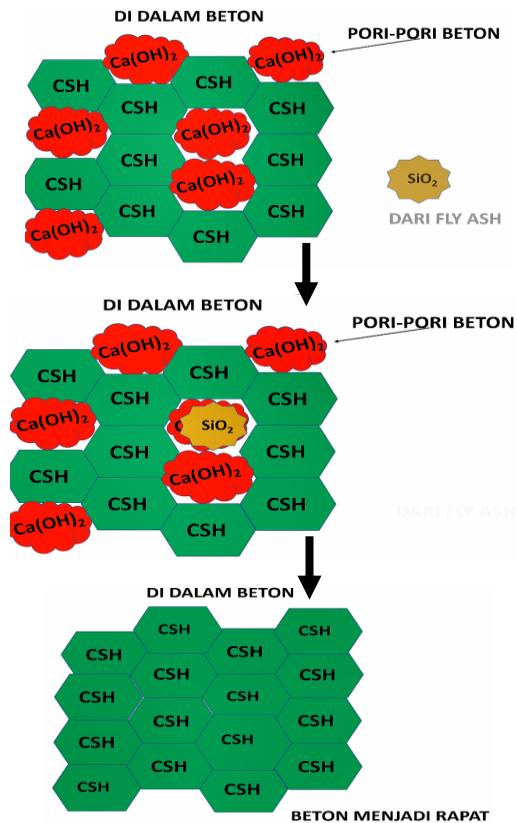
- Reaksi semen dan *fly ash*  
Pada saat terjadi hidrasi semen yaitu senyawa  $C_3S$  bereaksi dengan air ( $H_2O$ ). bisa dilihat Gambar 4.56





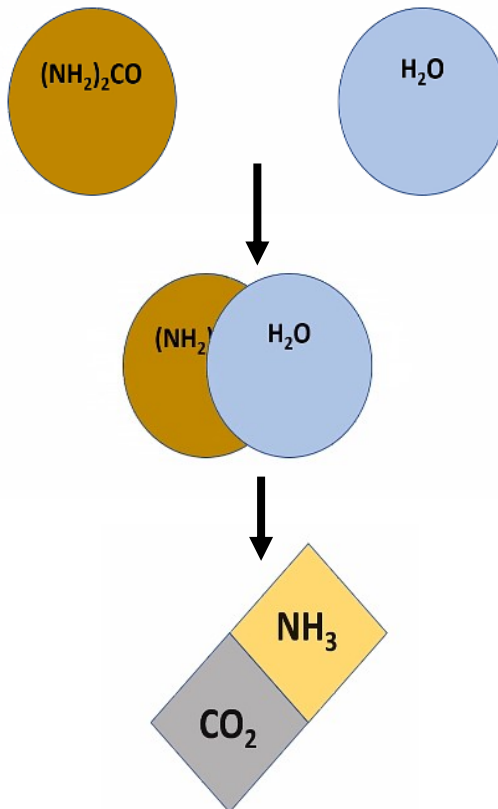
Gambar 4.56 Reaksi hidrasi semen

Dimana CSH adalah bahan perekat dari semen yang akan mengeras, sedangkan  $\text{Ca(OH)}_2$  adalah larutan mengisi pori-pori pada beton. Pada saat *fly ash* masuk terjadi reaksi pozzolanic dari hasil semen dan senyawa *fly ash* yaitu  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  (*fly ash*). reaksi tersebut menghasilkan senyawa CSH baru. Lihat Gambar 4.57



Gambar 4.57 Reaksi *fly ash* pada beton.

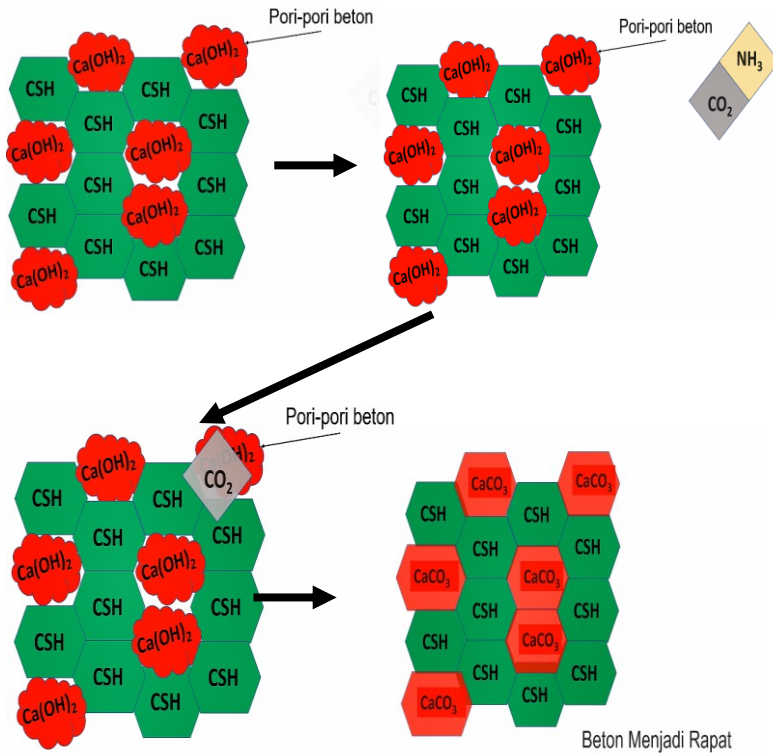
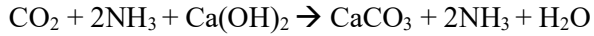
- Reaksi semen dan bakteri  
Pada bakteri *sporosarcina pasteurii* memproduksi enzim urease  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , lalu bertemu air dan menghasilkan  $\text{CO}_2$  dan amonia. Lihat pada Gambar 4.58



Gambar 4.58 Reaksi semen dan bakteri



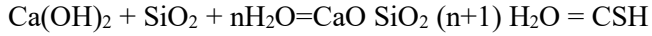
Saat dalam beton terdapat  $\text{Ca(OH)}_2$  dan terjadi reaksi dengan  $\text{CO}_2$  dan menghasilkan  $\text{CaCO}_3$ . sehingga pori-pori beton terisi oleh endapan  $\text{CaCO}_3$  dan meningkatkan kuat tekan beton. Lihat pada Gambar 4.59



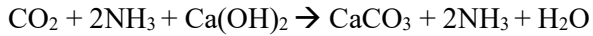
Gambar 4.59 Reaksi bakteri di dalam beton

- Reaksi semen + *fly ash* + bakteri

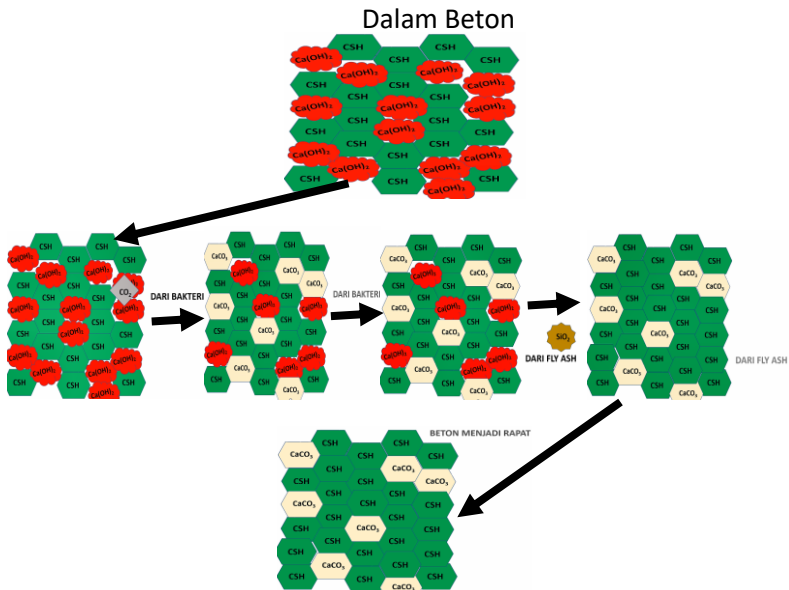
Reaksi pada semen dan *fly ash* :



Reaksi pada semen dan bakteri :



Dapat dilihat di antara 2 reaksi tersebut mengurangi  $\text{Ca(OH)}_2$  sehingga pori-pori pada beton benar-benar tertutup sehingga beton menjadi kuat. Lihat pada Gambar 4.60



Gambar 4.60 Reaksi gabungan semen, *fly ash* dan bakteri

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian diatas yang sudah di analisis, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan *mix design* beton ( $m^3$ ) berbahan *fly ash* sebagai berikut, untuk *mix design* detail dapat dilihat pada lampiran:

-  $f'_c = 25 \text{ MPa}$

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (0,4 kg)	Berat Per l benda uji (kg)	SP realisasi (kg)
1	0F25	25	353	0	195	985	872	0	2406	0.00
2	20F25	25	335	84	158	902	942	0	2421	0.88
3	30F25	25	355	152	154	827	936	0	2426	1.06
4	40F25	25	379	253	150	766	880	0	2430	1.75
5	50F25	25	395	395	146	699	803	0	2441	3.25
6	0F25M	25	353	0	195	985	872	0.4	2406	0.00
7	20F25M	25	335	84	158	902	942	0.4	2421	0.88
8	30F25M	25	355	152	154	827	936	0.4	2427	1.31
9	40F25M	25	379	253	150	766	880	0.4	2430	2.06
10	50F25M	25	395	395	146	699	803	0.4	2442	3.25

-  $f'_c = 30 \text{ MPa}$

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (0,4 kg)	Berat Per l benda uji (kg)	SP realisasi (kg)
1	0F30	30	387	0	195	949	875	0	2406	0.00
2	20F30	30	367	92	158	864	939	0	2421	0.94
3	30F30	30	389	167	154	798	917	0	2426	1.38
4	40F30	30	415	277	150	738	848	0	2430	2.13
5	50F30	30	395	395	146	699	803	0	2441	3.25
6	0F30M	30	387	0	195	949	875	0.4	2406	0.00
7	20F30M	30	367	92	158	864	939	0.4	2421	0.94
8	30F30M	30	389	167	154	798	917	0.4	2427	1.38
9	40F30M	30	415	277	150	738	848	0.4	2431	2.25
10	50F30M	30	395	395	146	699	803	0.4	2442	3.25

-  $f'c = 45 \text{ MPa}$

No	Kode	Kuat tekan (Mpa)	Semen (kg)	Fly ash (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)	Mikroba (0,4 kg)	Berat Per 1 benda uji (kg)	SP realisasi (kg)
1	0F45	45	526	0	196	860	825	0	2406	0.00
2	20F45	45	499	125	159	762	876	0	2421	1.31
3	30F45	45	481	206	155	737	846	0	2427	1.88
4	40F45	45	440	293	150	719	826	0	2431	2.50
5	50F45	45	395	395	146	699	803	0	2441	3.25
6	0F45M	45	526	0	196	860	825	0.4	2406	0.00
7	20F45M	45	499	125	159	762	876	0.4	2422	1.31
8	30F45M	45	481	206	155	737	846	0.4	2427	1.63
9	40F45M	45	440	293	150	719	826	0.4	2431	2.50
10	50F45M	45	395	395	146	699	803	0.4	2442	3.25

2. Efisiensi penggunaan *fly ash* dalam mengurangi semen pada *mix design* beton, bahwa penggunaan proporsi *fly ash* secara berturut (20%, 30%, 40%, 50%) dari berat semen. Didapatkan penggantian semen secara berturut sebesar (8%, 13%, 20%, 30%) dari berat semen.
3. Pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton dapat mengurangi panas hidrasi beton, yaitu pada  $f'c = 25 \text{ MPa}$  suhu beton dapat turun sampai 13% dari suhu beton kontrol,  $f'c = 30 \text{ MPa}$  suhu beton dapat turun sampai 12% dari suhu beton kontrol,  $f'c = 45 \text{ MPa}$  suhu beton dapat turun sampai 21% dari suhu beton kontrol.
4. Pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25 \text{ MPa}$  dapat meningkat sebesar 70% dari pada beton kontrol dengan kadar *fly ash* 30%. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30 \text{ MPa}$  dapat meningkat sebesar 51% dari pada beton kontrol. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45 \text{ MPa}$  dapat meningkat sebesar 16% dari pada beton normal.

5. Pengaruh penambahan kadar mikroba sebesar  $400 \text{ ml/m}^3$  dapat meningkatkan kuat tekan dan tarik belah pada beton *fly ash*.
6. Pengaruh penambahan mikroba pada beton mengandung *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25 \text{ MPa}$  dapat meningkat sebesar 94% dari pada beton kontrol dan meningkat sebesar 24% dari beton *fly ash*. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30 \text{ MPa}$  dapat meningkat sebesar 62% dari pada beton kontrol dan meningkat sebesar 11% dari beton *fly ash*. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45 \text{ MPa}$  dapat meningkat sebesar 19% dari pada beton kontrol dan meningkat sebesar 3% dari beton *fly ash*.
7. Namun pada beton normal dengan mikroba terjadi penurunan kuat tekan. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 25 \text{ MPa}$  menurun sebesar 6% dari pada beton normal. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 30 \text{ MPa}$  menurun sebesar 13% dari pada beton normal. Kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk  $f'c = 45 \text{ MPa}$  menurun sebesar 23% dari pada beton normal.
8. Penurunan suhu pada beton akibat penggunaan *fly ash* membuat beton yang ditambahkan mikroba bisa berkembang dan meningkatkan kuat tekan.
9. Semakin tinggi variasi *fly ash* (20%, 30%, 40%, 50%) maka pengaruh mikroba semakin berkurang, ini dikarenakan rongga udara yang ada pada beton terisi oleh partikel *fly ash* yang halus di samping jumlah ikut meningkat.
10. Didapat *mix design* yang optimal di lihat dari kuat tekan yang tinggi dan harga yang murah relatif lebih murah beton pada kode benda uji (40F25M) dengan kuat tekan sebesar 48,48 MPa dan harga Rp. 686.710 per  $\text{m}^3$  beton.

Untuk saran dari penelitian ini sebagai berikut ini:

1. Perlu dilakukan penelitian untuk lebih detail tentang perilaku beton seperti porositas beton dengan *fly ash* dan mikroba, penyusutan beton dengan *fly ash* dan mikroba dll.
2. Pengujian mengenai *long term* terutama untuk beton mutu tinggi.
3. Perlu dilakukan penelitian penggunaan mikroba dan *fly ash* secara bersamaan pada pekerjaan *mass concrete*.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai kadar optimum bakteri pada beton mengandung *fly ash*.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute*. 2011. *Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. Michigan. ACI Committee 214.
- Adrian Philip Marthinus, Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah*. 2015. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton*. Manado. *Jurnal Sipil Statik* Vol.3 No.11.
- Ali Rafeet, Raffaele Vinai, Marios Soutsos, Wei Sha*. 2017. *Guidelines for mix proportioning of fly ash/GGBS based alkali activated concretes*. Belfast. *Construction and Building Materials* 147.
- American Society for Testing and Materials*. 2004. *Section 4: Construction*. United States. ASTM International.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2000. *SNI-03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2013. *SNI 2847:2013: Persyaratan beton dturktural untuk bangunan gedung*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Džigita Nagrockienė, Aurimas Rutkauskas*. 2018. *The effect of fly ash additive on the resistnace of concrete to alkali silica reaction*. Vilnius. *Construction and Building Materials* 201.
- Harta Haryadi dan Meitha Suciyaniti*. 2018. *Analisis Perkiraan Kebutuhan Batubara untuk Industri Domestik Tahun 2020-2035 dalam Mendukung Kebijakan Domestic Market Obligation dan Kebijakan Energi Nasional*. Bandung. *Jurnal*

Teknologi Mineral dan Batubara Volume 14, Nomor 1 : 59-73.

*Januarti Jaya Ekaputri, Tetsuya Ishida, Koichi Maekawa.* 2010. Autogeneous Shrinkage of Mortars Made with Different Types of Slag Cement. Tokyo. JCI Annual Conferences, Vol.32, No.1.

*Kiki Dwi Wulandari, Januarti Jaya Ekaputri, Triwulan, Chikako Fujiyama, Davin H. E. Setiamarga.* 2018. *Effects of Microbial Agents to The Properties of Fly Ash-Based Paste.* Surabaya. MATEC Web of Conferences 195.

*Makno Basoeki, Arifien Nursandah.* 2016. *Perfoma Bioconc dalam Peningkatan Kualitas Beton.* Surabaya. AGREGAT Volume 1, No.1.

*Maknoe Basoeki, Arifien Nursandah.* 2017. *Perfoma Bioconc Expired dalam Kuat Tekan Beton.* Surabaya. AGREGAT Volume 2, No.1.

*Maknoe Basoeki, Koespiadi.* 2019. *The Engineering and Economic Feasibility Application of Bioconc on Concrete Quality Treatment in Low Heat Concrete.* Surabaya. International Journal of Intergrated Education, Engineering and Business (IJIEEB) Volume 1 Number 1.

*Mengmeng Li, Chaolin Fang, Satoru Kawasaki, Varenyam Achal.* 2018. *Fly ash incorporated with biocement to improve strength of expansive soil.* Shanghai. Scientific Reports 8:2565.

*Miloš Šešlija, Aleksandra Rosić, Nebojša Radović, Milinko Vasić, Mitar Đogo, Milovan Jotić.* 2016. *Laboratory Testing of Fly Ash.* Novi Sad. Tehnički vjesnik 23, 6.



- Mohammad Asgharzadeh, Hossein Samadi Kafil, Ahmad Fahmi, Mehdi Yousefi, Mohammad Aghazadeh, Gholam Reza Hanifi, Mahya Pourostadi.* 2016. *Optimizing The Use of Sporsarcina Pasteurii Bacteria for The Stiffening of Sand.* Tabriz. Asian Jr. of Microbial. Biotech. Enc. Sc, Vol 18 No.(2)
- Mustafa Azeez Bahedh, Mohd Saleh Jaafar.* 2018. *Ultra High-Performance Concrete Utilizing Fly Ash as Cement Replacement under Autoclaving Technique.* Selangor. CSCM 202.
- Nele De Belie.* 2016. *Application of bacteria in concrete: a critical review.* Ghent. RILEM Technical Letters 1: 56-61.
- Nidhi Nain, R Surabhi, Yathish N.V., V. Krishnamurthy, T. Deepa, Seema Tahrannum.* 2019. *Enhancement in strength parameters of concrete by application of Bacillus bacteria.* Bangalore. India. Construction and Building Materials 202 904-908.
- P Jagannathan, K S Satya Narayanan, Kantha Devi Arunachalam, Sathesh Kumar Annamalai.* 2018. *Studies on the mechanical properties of bacterial concrete with two bacterial species.* Kattankulathur. Materials Today: Proceedings 5.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia.* 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I.-2.* Bandung. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Petr Hlaváček, Rostislav Šulc, Vít Šmilauer, Christiane Rößler, Roman Snop.* 2018. *Ternary binder made of CFBC fly ash, conventional fly ash, and calcium hydroxide: Phase and strength evolution.* Prague. Cement and Concrete Composites Volume 90.

- Phuong Trinh Bui, Yuko Ogawa, Kenji Kawai.* 2018. *Long-term pozzolanic reaction of fly ash in hardened cement-based paste internally activated by natural injection of saturated  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  solution.* Ho Chi Minh City. Materials and Structures 51:144.
- Pujo Santosa, Sarman, Ajar Priyanto.* 2009. *Pengujian Bahan Aditif Semen untuk Aplikasi Konversi dan Pemugaran Candi.* Jawa Tengah. Departemen Kebudayaan dan Parawisara Direktorat Jenderal Sejarah dan Purbakala.
- Rafat Siddique, Abir Jameel, Malkit Singh, Danuta Barnat-Hunek, Kunal, Abdelkarim Ait-Mokhtar, Rafik Belarbi, Anita Rajor.* 2017. *Effect of bacteria on strength, permeation characteristics and micro-structure of silica fume concrete.* Punjab. Construction and Building Materials 142.
- Ramin Andalib, Muhd Zaimi Abd Majid, Mohd Warid Hussin, Mohanadoss Ponraj, Ali Keyvanfar, Jahangir Mirza, Han-Seung Lee.* 2016. *Optimum concentration of Bacillus megaterium for strengthening structural concrete.* Johor baru. Construction and Building Materials Volume 118.
- Salain, I Made Alit Karyawan.* 2009. *Pengaruh Jenis Semen dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton.* Majalah Teknologi dan Kejuruan 32(1): 63.
- Santhosh R, Dr.P. Shivananda.* 2017. *A review of Concrete Mix Designs.* Bangalore. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) Volume 5.
- SRPS. B. C1. 018.* 2001. *Non-metallic mineral raws- pozzolanic materials- constituents for cement production- Classification, Technical conditions and test methods.* Belgrade.

- Tony Hartono Bagio, Makno Basoeki, Sofyan Ali Pradana.* 2017. *Optimum Concrete Compression Strength Using Bio Enzyme.* Seoul. The 6th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF).
- Triwulan, Khorin Agus Priadana, Januarti Jaya Ekaputri.* 2018. *Methods to Characterize Fly Ash Quality in the Field.* Surabaya. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology Volume 8 No. 3.
- Wei Wang, Caifeng Lu, Yunxia Li, Qingtao Li.* 2017. *An investigation on thermal conductivity of fly ash concrete after elevated temperature exposure.* Xuzhou. Construction and Building Materials 148.
- Winter B Nicholas.* 2014. *Understanding Cement, Low Concrete Strength, Ten Potential Cement-Related Causes.* United Kingdom. Copyright WHD Microanalysis Consultan Ltd.
- Xiaoya Xu, Xiaorui Liu, Yong Li, Yu Ran, Yapeng Liu, Qichun Zhang, Zheng Li, Yan He, Jianming Xu, Hongjie Di.* 2017. *High temperatures inhibited the growth of soil bacteria and archaea but not that of fungi and altered nitrous oxide production mechanisms from different nitrogen sources in an acidic soil.* Changzou. Soil Biology & Biochemistry 107.
- Zhao Youcai.* 2017. *Chapter Seven - Utilization of Fly Ash in Ceramic Brickmaking.* Shanghai. Pollution Control and Resource Recovery: Municipal Solid Wastes Incineration Bottom Ash and Fly Ash.
- Zhifang Zhao, Kejin Wang, David A. Lange, Hougui Zhou, Weilun Wang, Dongming Zhu.* 2019. *Creep and thermal cracking of ultra-high volume fly ash mass concrete at early age.* Hangzhou. CECO 3256.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **LAMPIRAN**

## DESCRIPTION



TamCem 60 RP is a new generation superplasticiser for high early strength concrete. It contains state of the art polycarboxylate ether polymers and it is specially formulated to give high water reduction, enhanced workability and offers superior early age strength development. It is a non-chloride liquid admixture which has been formulated to comply with the requirements of ASTM C 494 Type F High Range Water Reducer. TamCem 60 RP is compatible with all cements meeting recognised international standard. It also contains components capable of increasing the rate of early age hardening of the concrete at ambient and low temperatures.

## KEY BENEFITS

- > High water reduction which provides high early and ultimate strength, low permeability and high durability of the concrete.
- > Provides good workability characteristic.
- > High early strength can be obtained even at low temperatures.

## TYPICAL APPLICATIONS

- > High Performance Concrete
- > High Strength Concrete
- > Readymix and Precast Concrete
- > Non Steam Curing Concrete
- > Concrete Road Construction

## TECHNICAL DATA

TamCem 60RP	
Form	Liquid
Colour	Yellowish Clear
Density	1.070 ± 0.020
All at 25°C	

All technical data stated is based on tests carried out under laboratory condition.

## APPLICATION GUIDELINES

Dosage can be adjusted to meet mix design requirements or to meet specific job site conditions. Trial concrete mixes must be carried out to determine the appropriate dosage.

Typical dosage is 0.4 – 1.4 Lt / 100 kg of cementitious binder. Should application condition require a higher dosage rate, consult your local Normet representative.

TamCem 60RP is liquid admixture to be added to the concrete during the mixing process. Optimal water reducer if TamCem 60RP is added into the concrete mix right after the addition of 80-90% of mixing water design. Do not use with other superplasticiser and/or water reduced even if diluted with water already in the mix.

An independent dispenser and feed line must be used during the application. TamCem 60RP can be added to the mixed concrete or into the mixing water but addition to any dry concrete mix is not recommended.

---

**PACKAGING**

---

TamCem 60RP is supplied in 205 litre drums and 1000 litre bulk tanks. Packaging size may vary subject to local regulations and requirements. Please contact your local Normet representative for more details.

---

**STORAGE**

---

TamCem 60RP should be kept dry and out of direct sunlight, stored at room temperature above 5°. If these conditions are maintained and the product packaging remains sealed, then a shelf life of one year can be expected.

---

**SAFETY & HEALTH**

---

TamCem 60RP should only be used as directed. We always recommend that the Safety & Health data sheet is carefully read prior to application of the material. Our recommendations for protective equipment should be strictly adhered to for your personal protection. The Safety & Health datasheet is available upon request from your Normet representative.

---

**YOUR LOCAL CONTACT DETAILS**

---

**PT Normet Indonesia**  
Cilandak Commercial Estate Building #403AE  
Jl. Raya Cilandak KKO Pasar Minggu  
Jakarta Selatan 12560, Indonesia  
Phone : +62.21.7801414  
Fax : +62.21.7801411

1. Hasil mix design Metode DOE (beton normal) setelah analisa material.

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan (10% x no.1)	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	no.1+ no.3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC (Semen Tiga Roda)
6	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
7	FAS bebas	Gambar 3.1	0,58
8	FAS maksimum	Tabel 3.7	0,6
9	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
10	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	no.11/no.7	353 kg/m <sup>3</sup>
13	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
14	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
15	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	53%
16	prosentase agregat kasar	100%- no.15	47%
17	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.15 + Berat jenis kasar x no.16	2,64
18	Berat beton	Gambar 3.3	2406 kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agregat gabungan	no.18 - no.12 - no.11	1847,6 kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agregat halus	no.19 x no.15	979,2 kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agregat kasar	no.19 x no.16	868 kg/m <sup>3</sup>



no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan (10% x no.1)	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	no.1+ no.3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC (Semen Tiga Roda)
6	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
7	FAS bebas	Gambar 3.1	0,53
8	FAS maksimum	Tabel 3.7	0,6
9	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
10	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	no.11/no.7	387 kg/m <sup>3</sup>
13	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
14	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
15	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	52,0%
16	prosentase agregat kasar	100%- no.15	48,0%
17	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.15 + Berat jenis kasar x no.16	2,64
18	Berat beton	Gambar 3.3	2406 kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agregat gabungan	no.18 - no.12 - no.11	1814 kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agregat halus	no.19 x no.15	943,4 kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agregat kasar	no.19 x no.16	870,8 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan (10% x no.1)	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	no.1+ no.3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC (Semen Tiga Roda)
6	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
7	FAS bebas	Gambar 3.1	0,39
8	FAS maksimum	Tabel 3.7	0,6
9	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
10	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	no.11/no.7	525,6 kg/m <sup>3</sup>
13	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
14	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
15	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	51%
16	prosentase agregat kasar	100%- no.15	49%
17	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.15 + Berat jenis kasar x no.16	2,64
18	Berat beton	Gambar 3.3	2406 kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agregat gabungan	no.18 - no.12 - no.11	1675,4 kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agregat halus	no.19 x no.15	854 kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agregat kasar	no.19 x no.16	820,9 kg/m <sup>3</sup>

## 2. Hasil *mix design* metode DOE (beton *fly ash*).

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas (w/(c+0,3f))	Gambar 3.1	0,58
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,46
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	20 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	15 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	190 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	167 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	360 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	335 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	84 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	419 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,40
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	presentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	48,9%
26	presentase agregat kasar	100%- no.25	51,1%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2420 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1834 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	896 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	938 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	pasal 5.3.2.1)	
4		1+3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas (w/(c+0,3f))	Gambar 3.1	0,58
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,41
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	30 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m3
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	20 kg/m3
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	185 kg/m3
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	0,88% x no.16 (ASTM C494)	162,8 kg/m3
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	401,0 kg/m3
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	355 kg/m3
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	152,3 kg/m3
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	507,6 kg/m3
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m3
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,32
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,9%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,1%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2425 kg/m3
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1755 kg/m3
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	822,5 kg/m3
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	932,1 kg/m3

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,58
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,35
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	40 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	25 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	180 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	158,4 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	455,2 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	379,3 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	252,9 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	632,2 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,25
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2428 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1637,4 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	761,4 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	876,0 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	2,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	3,35 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	28,35 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,58
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,3
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	50 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	30 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	175 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	154 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	513,3 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	394,9 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	394,9 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	789,7 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,20
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	presentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	presentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2438 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1494 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	694,8 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	799,4 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,53
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,42
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	20 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	15 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	190 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	167,2 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	394,3 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	366,8 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	92 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	458,5 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,36
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	47,9%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	52,1%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2420 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1794 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	859,0 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	935,3 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,53
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,37
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	30 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	20 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	185 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	162,8 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	438,8 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	388,8 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	166,6 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	555,5 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,29
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2425 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1706,7 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	793,6 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	913 kg/m <sup>3</sup>



no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Type F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,53
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,32
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	40 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	25 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	180 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	158,4 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	498,1 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	415 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	277 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	692 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,23
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2428 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1577,8 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	734 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	844,1 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	30 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	3 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	4,02 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	34,02 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,53
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,3
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	50 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	30 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	175 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	154 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	513,3 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	395 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	395 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	790 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,20
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2438 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1494,3 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	694,8 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	799,4 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,39
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,31
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	20 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	15 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	190 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	167,2 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	535,9 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	499 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	124,6 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	623,1 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,27
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2420 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1630 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	757,8 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	871,9 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		batu pecah
	kasar :		pasir
	halus :		
9	FAS bebas (w/(c+0,3f))	Gambar 3.1	0,39
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,30
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	30 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	20 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	185 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	0,88% x no.16 (ASTM C494)	162,8 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	543 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	480,8 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	206 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	686,9 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,24
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2425 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1575,3 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	732,5 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	842,8 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	1,34 x Sr (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat		
	kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas (w/(c+0,3f))	Gambar 3.1	0,39
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,30
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	40 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	25 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	180 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	0,88% x no.16 (ASTM C494)	158,4 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	528,0 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	440,0 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	293,3 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	733,3 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,22
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2428 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1536,3 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	714,4 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	821,9 kg/m <sup>3</sup>

no	uraian	tabel/grafik/perhitungan	nilai
1	Kuat tekan karakteristik	ditetapkan	45 MPa
2	Deviasi standar (Sr)	ditetapkan 10% dari no.1	4,5 MPa
3	Nilai tambah (margin)	$1,34 \times Sr$ (SNI 2847:2013 pasal 5.3.2.1)	6,03 MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	51,03 MPa
5	Jenis semen	dari data	PCC
7	Jenis <i>fly ash</i>	dari data	Tipe F
8	Jenis Agregat kasar :		batu pecah
	halus :		pasir
9	FAS bebas ( $w/(c+0,3f)$ )	Gambar 3.1	0,39
10	FAS maksimum	Perkiraan	0,30
11	Slump	ditetapkan	60-180/120 mm
12	Ukuran agregat maksimum	dari data	20 mm
13	Proporsi <i>fly ash</i>	ditetapkan	50 %
14	Kadar air bebas 1	tabel 3.6	205 kg/m <sup>3</sup>
15	Water reduction (used <i>fly ash</i> )	dari tabel 3.8	30 kg/m <sup>3</sup>
16	Kadar air bebas 2	no.14 dikurang no.15	175 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar air bebas 3 (+SP)	$0,88\% \times \text{no.16}$ (ASTM C494)	154 kg/m <sup>3</sup>
18	Jumlah semen 1	no.17/no.10	513,3 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah semen 2	Persamaan 2.3 di BAB II	395 kg/m <sup>3</sup>
20	Jumlah <i>fly ash</i>	Persamaan 2.4 di BAB II	395 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah total semen+ <i>fly ash</i>	no.19+no.20	790 kg/m <sup>3</sup>
22	kadar semen minimum	Tabel 3.7	325 kg/m <sup>3</sup>
23	FAS modifikasi	no.17/no.21	0,20
24	susunan butiran agregat halus	dari data	zona 1
25	prosentase bahan yang lebih halus dari 4,8 mm	Gambar 3.2	46,5%
26	prosentase agregat kasar	100%- no.25	53,5%
27	berat jenis relatif agregat (SSD)	Berat jenis pasir x no.25 + Berat jenis kasar x no.26	2,64
28	Berat beton	Gambar 3.3	2438 kg/m <sup>3</sup>
29	kadar agregat gabungan	no.28 - no.21 - no.17	1494,3 kg/m <sup>3</sup>
30	kadar agregat halus	no.29 x no.25	695 kg/m <sup>3</sup>
31	kadar agregat kasar	no.29 x no.26	799,4 kg/m <sup>3</sup>

### 3. Hasil berat volume dan kuat tekan beton

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
0F25-3-1	25	12,19	12,37	0,80	Istimewa	0F25-3-1	3850	1570,8	2,451	2,455
0F25-3-2	25	13,24				0F25-3-2	3865	1570,8	2,461	
0F25-3-3	25	11,68				0F25-3-3	3855	1570,8	2,454	
0F25-7-1	25	16,87	16,92	0,40	Istimewa	0F25-7-1	3875	1570,8	2,467	2,461
0F25-7-2	25	17,35				0F25-7-2	3870	1570,8	2,464	
0F25-7-3	25	16,55				0F25-7-3	3850	1570,8	2,451	
0F25-14-1	25	21	20,54	0,42	Istimewa	0F25-14-1	3845	1570,8	2,448	2,458
0F25-14-2	25	20,18				0F25-14-2	3880	1570,8	2,470	
0F25-14-3	25	20,43				0F25-14-3	3860	1570,8	2,457	
0F25-21-1	25	23,39	23,3	0,81	Istimewa	0F25-21-1	3850	1570,8	2,451	2,455
0F25-21-2	25	22,45				0F25-21-2	3855	1570,8	2,454	
0F25-21-3	25	24,06				0F25-21-3	3865	1570,8	2,461	
0F25-28-1	25	25,48	24,98	0,45	Istimewa	0F25-28-1	3865	1570,8	2,461	2,464
0F25-28-2	25	24,61				0F25-28-2	3875	1570,8	2,467	
0F25-28-3	25	24,86				0F25-28-3	3870	1570,8	2,464	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
20F25-3-1	25	10,87	10,83	0,44	Istimewa	20F25-3-1	3775	1570,8	2,403	2,413
20F25-3-2	25	11,24				20F25-3-2	3825	1570,8	2,435	
20F25-3-3	25	10,37				20F25-3-3	3770	1570,8	2,400	
20F25-7-1	25	20,61	17,18	0,45	Istimewa	20F25-7-1	3765	1570,8	2,397	2,409
20F25-7-2	25	16,86				20F25-7-2	3770	1570,8	2,400	
20F25-7-3	25	17,5				20F25-7-3	3815	1570,8	2,429	
20F25-14-1	25	25,86	25,43	0,61	Istimewa	20F25-14-1	3780	1570,8	2,406	2,400
20F25-14-2	25	19,5				20F25-14-2	3785	1570,8	2,410	
20F25-14-3	25	25				20F25-14-3	3745	1570,8	2,384	
20F25-21-1	25	29,8	29,64	0,23	Istimewa	20F25-21-1	3810	1570,8	2,426	2,407
20F25-21-2	25	29,48				20F25-21-2	3715	1570,8	2,365	
20F25-21-3	25	27,17				20F25-21-3	3820	1570,8	2,432	
20F25-28-1	25	32,1	31,92	0,26	Istimewa	20F25-28-1	3805	1570,8	2,422	2,416
20F25-28-2	25	31,73				20F25-28-2	3800	1570,8	2,419	
20F25-28-3	25	28,48				20F25-28-3	3780	1570,8	2,406	



Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
30F25-3-1	25	16,00	16,58	1,00	Istimewa	30F25-3-1	3780	1570,8	2,406	2,381
30F25-3-2	25	17,74				30F25-3-2	3730	1570,8	2,375	
30F25-3-3	25	16,00				30F25-3-3	3710	1570,8	2,362	
30F25-7-1	25	32,36	31,94	0,62	Istimewa	30F25-7-1	3785	1570,8	2,410	2,395
30F25-7-2	25	31,23				30F25-7-2	3795	1570,8	2,416	
30F25-7-3	25	32,23				30F25-7-3	3705	1570,8	2,359	
30F25-14-1	25	34,54	35,83	1,12	Istimewa	30F25-14-1	3705	1570,8	2,359	2,377
30F25-14-2	25	36,54				30F25-14-2	3710	1570,8	2,362	
30F25-14-3	25	36,42				30F25-14-3	3785	1570,8	2,410	
30F25-21-1	25	37,48	39,06	1,37	Istimewa	30F25-21-1	3795	1570,8	2,416	2,391
30F25-21-2	25	39,72				30F25-21-2	3745	1570,8	2,384	
30F25-21-3	25	39,98				30F25-21-3	3725	1570,8	2,371	
30F25-28-1	25	42,73	42,35	0,45	Istimewa	30F25-28-1	3790	1570,8	2,413	2,426
30F25-28-2	25	41,85				30F25-28-2	3815	1570,8	2,429	
30F25-28-3	25	42,48				30F25-28-3	3825	1570,8	2,435	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
40F25-3-1	25	20,43	21,46	1,46	Sangat baik	40F25-3-1	3685	1570,8	2,346	2,368
40F25-3-2	25	22,49				40F25-3-2	3745	1570,8	2,384	
40F25-3-3	25	16,05				40F25-3-3	3730	1570,8	2,375	
40F25-7-1	25	27,3	23,77	0,04	Istimewa	40F25-7-1	3705	1570,8	2,359	2,359
40F25-7-2	25	23,8				40F25-7-2	3720	1570,8	2,368	
40F25-7-3	25	23,74				40F25-7-3	3690	1570,8	2,349	
40F25-14-1	25	29,98	29,05	1,32	Istimewa	40F25-14-1	3670	1570,8	2,336	2,371
40F25-14-2	25	28,11				40F25-14-2	3700	1570,8	2,355	
40F25-14-3	25	34,48				40F25-14-3	3805	1570,8	2,422	
40F25-21-1	25	34,4	34,30	1,15	Istimewa	40F25-21-1	3765	1570,8	2,397	2,368
40F25-21-2	25	33,1				40F25-21-2	3675	1570,8	2,340	
40F25-21-3	25	35,4				40F25-21-3	3720	1570,8	2,368	
40F25-28-1	25	38,6	38,23	1,23	Istimewa	40F25-28-1	3715	1570,8	2,365	2,383
40F25-28-2	25	39,23				40F25-28-2	3780	1570,8	2,406	
40F25-28-3	25	36,85				40F25-28-3	3735	1570,8	2,378	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
50F25-3-1	25	24,98	25,15	0,16	Istimewa	50F25-3-1	3630	1570,8	2,311	2,310
50F25-3-2	25	25,17				50F25-3-2	3625	1570,8	2,308	
50F25-3-3	25	25,3				50F25-3-3	3630	1570,8	2,311	
50F25-7-1	25	29,54	28,31	1,11	Istimewa	50F25-7-1	3575	1570,8	2,276	2,298
50F25-7-2	25	27,98				50F25-7-2	3635	1570,8	2,314	
50F25-7-3	25	27,4				50F25-7-3	3620	1570,8	2,305	
50F25-14-1	25	32,1	33,16	1,29	Istimewa	50F25-14-1	3620	1570,8	2,305	2,284
50F25-14-2	25	32,78				50F25-14-2	3585	1570,8	2,282	
50F25-14-3	25	34,6				50F25-14-3	3560	1570,8	2,266	
50F25-21-1	25	37,98	35,61	0,53	Istimewa	50F25-21-1	3565	1570,8	2,270	2,282
50F25-21-2	25	35,98				50F25-21-2	3615	1570,8	2,301	
50F25-21-3	25	35,23				50F25-21-3	3575	1570,8	2,276	
50F25-28-1	25	45,35	42,20	2,03	Baik	50F25-28-1	3640	1570,8	2,317	2,273
50F25-28-2	25	42,48				50F25-28-2	3570	1570,8	2,273	
50F25-28-3	25	38,78				50F25-28-3	3500	1570,8	2,228	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
0F30-3-1	30	15,06	14,46	0,75	Istimewa	0F30-3-1	3855	1570,8	2,454	2,481
0F30-3-2	30	14,71				0F30-3-2	3915	1570,8	2,492	
0F30-3-3	30	13,62				0F30-3-3	3920	1570,8	2,496	
0F30-7-1	30	20,36	20,14	0,51	Istimewa	0F30-7-1	3860	1570,8	2,457	2,481
0F30-7-2	30	19,55				0F30-7-2	3920	1570,8	2,496	
0F30-7-3	30	20,5				0F30-7-3	3910	1570,8	2,489	
0F30-14-1	30	25,61	25,53	0,63	Istimewa	0F30-14-1	3880	1570,8	2,470	2,483
0F30-14-2	30	24,86				0F30-14-2	3915	1570,8	2,492	
0F30-14-3	30	26,11				0F30-14-3	3905	1570,8	2,486	
0F30-21-1	30	27,07	28,63	0,57	Istimewa	0F30-21-1	3890	1570,8	2,476	2,488
0F30-21-2	30	28,22				0F30-21-2	3900	1570,8	2,483	
0F30-21-3	30	29,03				0F30-21-3	3935	1570,8	2,505	
0F30-28-1	30	30,1	29,85	0,54	Istimewa	0F30-28-1	3890	1570,8	2,476	2,491
0F30-28-2	30	29,23				0F30-28-2	3915	1570,8	2,492	
0F30-28-3	30	30,23				0F30-28-3	3935	1570,8	2,505	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
20F30-3-1	30	13,86	13,99	0,45	Istimewa	20F30-3-1	3785	1570,8	2,410	2,436
20F30-3-2	30	13,61				20F30-3-2	3845	1570,8	2,448	
20F30-3-3	30	14,49				20F30-3-3	3850	1570,8	2,451	
20F30-7-1	30	24,36	21,65	0,22	Istimewa	20F30-7-1	3790	1570,8	2,413	2,436
20F30-7-2	30	21,8				20F30-7-2	3850	1570,8	2,451	
20F30-7-3	30	21,49				20F30-7-3	3840	1570,8	2,445	
20F30-14-1	30	28,86	28,71	0,22	Istimewa	20F30-14-1	3810	1570,8	2,426	2,438
20F30-14-2	30	28,55				20F30-14-2	3845	1570,8	2,448	
20F30-14-3	30	25,74				20F30-14-3	3835	1570,8	2,441	
20F30-21-1	30	32,29	32,24	0,07	Istimewa	20F30-21-1	3820	1570,8	2,432	2,444
20F30-21-2	30	32,19				20F30-21-2	3830	1570,8	2,438	
20F30-21-3	30	34,92				20F30-21-3	3865	1570,8	2,461	
20F30-28-1	30	35,48	35,81	1,28	Istimewa	20F30-28-1	3820	1570,8	2,432	2,447
20F30-28-2	30	34,73				20F30-28-2	3845	1570,8	2,448	
20F30-28-3	30	37,23				20F30-28-3	3865	1570,8	2,461	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
30F30-3-1	30	12,57	12,39	0,17	Istimewa	30F30-3-1	3700	1570,8	2,355	2,382
30F30-3-2	30	12,24				30F30-3-2	3760	1570,8	2,394	
30F30-3-3	30	12,37				30F30-3-3	3765	1570,8	2,397	
30F30-7-1	30	29,98	28,86	1,07	Istimewa	30F30-7-1	3705	1570,8	2,359	2,382
30F30-7-2	30	28,73				30F30-7-2	3765	1570,8	2,397	
30F30-7-3	30	27,86				30F30-7-3	3755	1570,8	2,391	
30F30-14-1	30	34,92	34,64	0,40	Istimewa	30F30-14-1	3725	1570,8	2,371	2,384
30F30-14-2	30	34,36				30F30-14-2	3760	1570,8	2,394	
30F30-14-3	30	38,1				30F30-14-3	3750	1570,8	2,387	
30F30-21-1	30	38,1	38,04	1,16	Istimewa	30F30-21-1	3735	1570,8	2,378	2,389
30F30-21-2	30	36,85				30F30-21-2	3745	1570,8	2,384	
30F30-21-3	30	39,17				30F30-21-3	3780	1570,8	2,406	
30F30-28-1	30	44,97	45,10	0,18	Istimewa	30F30-28-1	3750	1570,8	2,387	2,400
30F30-28-2	30	45,22				30F30-28-2	3770	1570,8	2,400	
30F30-28-3	30	45,72				30F30-28-3	3790	1570,8	2,413	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
40F30-3-1	30	20,55	20,90	0,49	Istimewa	40F30-3-1	3615	1570,8	2,301	2,328
40F30-3-2	30	21,24				40F30-3-2	3675	1570,8	2,340	
40F30-3-3	30	-				40F30-3-3	3680	1570,8	2,343	
40F30-7-1	30	25,6	25,15	0,51	Istimewa	40F30-7-1	3620	1570,8	2,305	2,328
40F30-7-2	30	24,6				40F30-7-2	3680	1570,8	2,343	
40F30-7-3	30	25,24				40F30-7-3	3670	1570,8	2,336	
40F30-14-1	30	32,6	31,81	0,71	Istimewa	40F30-14-1	3695	1570,8	2,352	2,341
40F30-14-2	30	31,23				40F30-14-2	3660	1570,8	2,330	
40F30-14-3	30	31,6				40F30-14-3	3675	1570,8	2,340	
40F30-21-1	30	32,98	33,40	0,95	Istimewa	40F30-21-1	3640	1570,8	2,317	2,342
40F30-21-2	30	32,73				40F30-21-2	3690	1570,8	2,349	
40F30-21-3	30	34,48				40F30-21-3	3705	1570,8	2,359	
40F30-28-1	30	35,36	35,98	0,88	Istimewa	40F30-28-1	3635	1570,8	2,314	2,324
40F30-28-2	30	32,1				40F30-28-2	3635	1570,8	2,314	
40F30-28-3	30	36,6				40F30-28-3	3680	1570,8	2,343	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
50F30-3-1	30	25,92	26,69	1,23	Istimewa	50F30-3-1	3600	1570,8	2,292	2,253
50F30-3-2	30	26,05				50F30-3-2	3560	1570,8	2,266	
50F30-3-3	30	28,11				50F30-3-3	3455	1570,8	2,200	
50F30-7-1	30	28,25	28,20	0,55	Istimewa	50F30-7-1	3495	1570,8	2,225	2,247
50F30-7-2	30	28,72				50F30-7-2	3590	1570,8	2,285	
50F30-7-3	30	27,62				50F30-7-3	3505	1570,8	2,231	
50F30-14-1	30	31,11	31,77	0,63	Istimewa	50F30-14-1	3570	1570,8	2,273	2,289
50F30-14-2	30	32,36				50F30-14-2	3600	1570,8	2,292	
50F30-14-3	30	31,84				50F30-14-3	3615	1570,8	2,301	
50F30-21-1	30	34,23	34,95	0,69	Istimewa	50F30-21-1	3395	1570,8	2,161	2,229
50F30-21-2	30	35,6				50F30-21-2	3565	1570,8	2,270	
50F30-21-3	30	35,02				50F30-21-3	3545	1570,8	2,257	
50F30-28-1	30	40,85	40,85	0,00	Istimewa	50F30-28-1	3635	1570,8	2,314	2,220
50F30-28-2	30	40,85				50F30-28-2	3435	1570,8	2,187	
50F30-28-3	30	35,73				50F30-28-3	3390	1570,8	2,158	



Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)			(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	
0F45-3-1	45	22,48	22,55	1,22	Istimewa	0F45-3-1	3915	1570,8	2,492	2,490
0F45-3-2	45	21,36				0F45-3-2	3910	1570,8	2,489	
0F45-3-3	45	23,8				0F45-3-3	3910	1570,8	2,489	
0F45-7-1	45	28,92	28,44	1,11	Istimewa	0F45-7-1	3905	1570,8	2,486	2,488
0F45-7-2	45	27,17				0F45-7-2	3900	1570,8	2,483	
0F45-7-3	45	29,23				0F45-7-3	3920	1570,8	2,496	
0F45-14-1	45	34,95	34,01	0,89	Istimewa	0F45-14-1	3910	1570,8	2,489	2,492
0F45-14-2	45	33,92				0F45-14-2	3905	1570,8	2,486	
0F45-14-3	45	33,17				0F45-14-3	3930	1570,8	2,502	
0F45-21-1	45	40,98	41,81	1,23	Istimewa	0F45-21-1	3925	1570,8	2,499	2,497
0F45-21-2	45	43,22				0F45-21-2	3925	1570,8	2,499	
0F45-21-3	45	41,22				0F45-21-3	3915	1570,8	2,492	
0F45-28-1	45	44,35	45,29	1,13	Istimewa	0F45-28-1	3900	1570,8	2,483	2,483
0F45-28-2	45	46,54				0F45-28-2	3910	1570,8	2,489	
0F45-28-3	45	44,97				0F45-28-3	3890	1570,8	2,476	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
20F45-3-1	45	26,23	26,36	0,18	Istimewa	20F45-3-1	3840	1570,8	2,445	2,442
20F45-3-2	45	30,92				20F45-3-2	3835	1570,8	2,441	
20F45-3-3	45	26,49				20F45-3-3	3835	1570,8	2,441	
20F45-7-1	45	32,6	31,83	1,10	Istimewa	20F45-7-1	3830	1570,8	2,438	2,440
20F45-7-2	45	29,05				20F45-7-2	3825	1570,8	2,435	
20F45-7-3	45	31,05				20F45-7-3	3845	1570,8	2,448	
20F45-14-1	45	36,98	37,36	0,53	Istimewa	20F45-14-1	3835	1570,8	2,441	2,445
20F45-14-2	45	37,73				20F45-14-2	3830	1570,8	2,438	
20F45-14-3	45	22				20F45-14-3	3855	1570,8	2,454	
20F45-21-1	45	39,97	39,65	0,45	Istimewa	20F45-21-1	3850	1570,8	2,451	2,449
20F45-21-2	45	39,33				20F45-21-2	3850	1570,8	2,451	
20F45-21-3	45	44,16				20F45-21-3	3840	1570,8	2,445	
20F45-28-1	45	47,22	46,83	0,35	Istimewa	20F45-28-1	3825	1570,8	2,435	2,435
20F45-28-2	45	46,72				20F45-28-2	3835	1570,8	2,441	
20F45-28-3	45	46,54				20F45-28-3	3815	1570,8	2,429	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
30F45-3-1	45	21,23	20,65	0,81	Istimewa	30F45-3-1	3770	1570,8	2,400	2,398
30F45-3-2	45	21				30F45-3-2	3765	1570,8	2,397	
30F45-3-3	45	19,73				30F45-3-3	3765	1570,8	2,397	
30F45-7-1	45	32,06	31,79	0,38	Istimewa	30F45-7-1	3760	1570,8	2,394	2,396
30F45-7-2	45	31,52				30F45-7-2	3755	1570,8	2,391	
30F45-7-3	45	35,5				30F45-7-3	3775	1570,8	2,403	
30F45-14-1	45	43,73	40,98	0,80	Istimewa	30F45-14-1	3765	1570,8	2,397	2,400
30F45-14-2	45	40,41				30F45-14-2	3760	1570,8	2,394	
30F45-14-3	45	41,54				30F45-14-3	3785	1570,8	2,410	
30F45-21-1	45	46,6	46,68	0,26	Istimewa	30F45-21-1	3780	1570,8	2,406	2,404
30F45-21-2	45	46,97				30F45-21-2	3780	1570,8	2,406	
30F45-21-3	45	46,47				30F45-21-3	3770	1570,8	2,400	
30F45-28-1	45	52,47	52,35	0,18	Istimewa	30F45-28-1	3705	1570,8	2,359	2,398
30F45-28-2	45	54,97				30F45-28-2	3835	1570,8	2,441	
30F45-28-3	45	52,22				30F45-28-3	3760	1570,8	2,394	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volum e	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
40F45-3-1	45	25,93	24,91	1,27	Istimewa	40F45-3-1	3685	1570,8	2,346	2,344
40F45-3-2	45	25,3				40F45-3-2	3680	1570,8	2,343	
40F45-3-3	45	23,49				40F45-3-3	3680	1570,8	2,343	
40F45-7-1	45	29,78	29,69	1,16	Istimewa	40F45-7-1	3675	1570,8	2,340	2,342
40F45-7-2	45	28,48				40F45-7-2	3670	1570,8	2,336	
40F45-7-3	45	30,8				40F45-7-3	3690	1570,8	2,349	
40F45-14-1	45	35,36	36,81	1,26	Istimewa	40F45-14-1	3665	1570,8	2,333	2,323
40F45-14-2	45	37,6				40F45-14-2	3620	1570,8	2,305	
40F45-14-3	45	37,48				40F45-14-3	3660	1570,8	2,330	
40F45-21-1	45	41,23	40,81	1,06	Istimewa	40F45-21-1	3740	1570,8	2,381	2,359
40F45-21-2	45	39,6				40F45-21-2	3705	1570,8	2,359	
40F45-21-3	45	41,6				40F45-21-3	3670	1570,8	2,336	
40F45-28-1	45	41,85	42,27	0,36	Istimewa	40F45-28-1	3590	1570,8	2,285	2,297
40F45-28-2	45	42,48				40F45-28-2	3645	1570,8	2,320	
40F45-28-3	45	42,48				40F45-28-3	3590	1570,8	2,285	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volum e	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3 )	(gr/cm3 )
50F45-3-1	45	29,04	29,59	0,51	Istimewa	50F45-3-1	3595	1570,8	2,289	2,273
50F45-3-2	45	29,67				50F45-3-2	3590	1570,8	2,285	
50F45-3-3	45	30,05				50F45-3-3	3525	1570,8	2,244	
50F45-7-1	45	31,39	31,52	0,15	Istimewa	50F45-7-1	3485	1570,8	2,219	2,256
50F45-7-2	45	31,49				50F45-7-2	3550	1570,8	2,260	
50F45-7-3	45	31,69				50F45-7-3	3595	1570,8	2,289	
50F45-14-1	45	34,54	34,35	0,17	Istimewa	50F45-14-1	3390	1570,8	2,158	2,181
50F45-14-2	45	34,31				50F45-14-2	3465	1570,8	2,206	
50F45-14-3	45	34,21				50F45-14-3	3425	1570,8	2,180	
50F45-21-1	45	38,6	38,39	0,19	Istimewa	50F45-21-1	3380	1570,8	2,152	2,185
50F45-21-2	45	38,35				50F45-21-2	3520	1570,8	2,241	
50F45-21-3	45	38,23				50F45-21-3	3395	1570,8	2,161	
50F45-28-1	45	44,35	44,66	0,438406204	Istimewa	50F45-28-1	3605	1570,8	2,295	2,278
50F45-28-2	45	44,97				50F45-28-2	3460	1570,8	2,203	
50F45-28-3	45	41,35				50F45-28-3	3670	1570,8	2,336	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekanan	Rata-rata (Mpa)	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volum e	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)					(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
0F25M-3-1	25	7,25	7,06	0,27	Istimewa	0F25M-3-1	3620	1570,8	2,305	2,325
0F25M-3-2	25	7,18				0F25M-3-2	3670	1570,8	2,336	
0F25M-3-3	25	6,75				0F25M-3-3	3665	1570,8	2,333	
0F25M-7-1	25	18,24	17,66	0,90	Istimewa	0F25M-7-1	3645	1570,8	2,320	2,332
0F25M-7-2	25	18,11				0F25M-7-2	3665	1570,8	2,333	
0F25M-7-3	25	16,62				0F25M-7-3	3680	1570,8	2,343	
0F25M-14-1	25	18,98	19,61	0,88	Istimewa	0F25M-14-1	3805	1570,8	2,422	2,396
0F25M-14-2	25	20,61				0F25M-14-2	3700	1570,8	2,355	
0F25M-14-3	25	19,24				0F25M-14-3	3785	1570,8	2,410	
0F25M-21-1	25	22,49	22,28	0,84	Istimewa	0F25M-21-1	3655	1570,8	2,327	2,315
0F25M-21-2	25	21,36				0F25M-21-2	3620	1570,8	2,305	
0F25M-21-3	25	22,99				0F25M-21-3	3635	1570,8	2,314	
0F25M-28-1	25	21,99	23,40	1,25	Istimewa	0F25M-28-1	3650	1570,8	2,324	2,324
0F25M-28-2	25	23,86				0F25M-28-2	3650	1570,8	2,324	
0F25M-28-3	25	24,36				0F25M-28-3	3650	1570,8	2,324	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	
20F25M-3-1	25	14	13,62	0,33	Istimewa	20F25M-3-1	3830	1570,8	2,438	2,447
20F25M-3-2	25	13,37				20F25M-3-2	3845	1570,8	2,448	
20F25M-3-3	25	13,49				20F25M-3-3	3855	1570,8	2,454	
20F25M-7-1	25	21,86	20,84	0,22	Istimewa	20F25M-7-1	3860	1570,8	2,457	2,454
20F25M-7-2	25	19,11				20F25M-7-2	3855	1570,8	2,454	
20F25M-7-3	25	21,55				20F25M-7-3	3850	1570,8	2,451	
20F25M-14-1	25	22,24	22,15	0,13	Istimewa	20F25M-14-1	3865	1570,8	2,461	2,450
20F25M-14-2	25	22,05				20F25M-14-2	3835	1570,8	2,441	
20F25M-14-3	25	19,67				20F25M-14-3	3845	1570,8	2,448	
20F25M-21-1	25	31,86	31,11	1,06	Istimewa	20F25M-21-1	3840	1570,8	2,445	2,455
20F25M-21-2	25	34,1				20F25M-21-2	3870	1570,8	2,464	
20F25M-21-3	25	30,36				20F25M-21-3	3860	1570,8	2,457	
20F25M-28-1	25	34,98	35,77	0,81	Istimewa	20F25M-28-1	3880	1570,8	2,470	2,467
20F25M-28-2	25	35,73				20F25M-28-2	3870	1570,8	2,464	
20F25M-28-3	25	36,6				20F25M-28-3	3875	1570,8	2,467	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
30F25M-3-1	25	21,8	22,53	0,91	Istimewa	30F25M-3-1	3745	1570,8	2,384	2,393
30F25M-3-2	25	23,55				30F25M-3-2	3760	1570,8	2,394	
30F25M-3-3	25	22,24				30F25M-3-3	3770	1570,8	2,400	
30F25M-7-1	25	37,71	38,10	0,54	Istimewa	30F25M-7-1	3775	1570,8	2,403	2,400
30F25M-7-2	25	40,74				30F25M-7-2	3770	1570,8	2,400	
30F25M-7-3	25	38,48				30F25M-7-3	3765	1570,8	2,397	
30F25M-14-1	25	40,22	40,19	0,39	Istimewa	30F25M-14-1	3780	1570,8	2,406	2,396
30F25M-14-2	25	40,56				30F25M-14-2	3750	1570,8	2,387	
30F25M-14-3	25	39,78				30F25M-14-3	3760	1570,8	2,394	
30F25M-21-1	25	43,98	43,27	0,65	Istimewa	30F25M-21-1	3755	1570,8	2,391	2,401
30F25M-21-2	25	43,1				30F25M-21-2	3785	1570,8	2,410	
30F25M-21-3	25	42,72				30F25M-21-3	3775	1570,8	2,403	
30F25M-28-1	25	43,48	44,72	1,08	Istimewa	30F25M-28-1	3800	1570,8	2,419	2,391
30F25M-28-2	25	45,47				30F25M-28-2	3720	1570,8	2,368	
30F25M-28-3	25	45,22				30F25M-28-3	3745	1570,8	2,384	



Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	
40F25M-3-1	25	20,3	23,02	1,02	Istimewa	40F25M-3-1	3705	1570,8	2,359	2,368
40F25M-3-2	25	23,74				40F25M-3-2	3720	1570,8	2,368	
40F25M-3-3	25	22,3				40F25M-3-3	3735	1570,8	2,378	
40F25M-7-1	25	27,49	28,43	1,32	Istimewa	40F25M-7-1	3715	1570,8	2,365	2,374
40F25M-7-2	25	30,23				40F25M-7-2	3745	1570,8	2,384	
40F25M-7-3	25	29,36				40F25M-7-3	3725	1570,8	2,371	
40F25M-14-1	25	35,6	35,48	0,17	Istimewa	40F25M-14-1	3715	1570,8	2,365	2,379
40F25M-14-2	25	35,36				40F25M-14-2	3750	1570,8	2,387	
40F25M-14-3	25	30,86				40F25M-14-3	3745	1570,8	2,384	
40F25M-21-1	25	45,22	45,06	0,28	Istimewa	40F25M-21-1	3785	1570,8	2,410	2,385
40F25M-21-2	25	44,73				40F25M-21-2	3710	1570,8	2,362	
40F25M-21-3	25	45,22				40F25M-21-3	3745	1570,8	2,384	
40F25M-28-1	25	48,1	48,48	0,53	Istimewa	40F25M-28-1	3725	1570,8	2,371	2,375
40F25M-28-2	25	48,85				40F25M-28-2	3730	1570,8	2,375	
40F25M-28-3	25	43,73				40F25M-28-3	3735	1570,8	2,378	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
50F25M-3-1	25	18,74	19,99	1,25	Istimewa	50F25M-3-1	3650	1570,8	2,324	2,340
50F25M-3-2	25	21,24				50F25M-3-2	3670	1570,8	2,336	
50F25M-3-3	25	19,99				50F25M-3-3	3705	1570,8	2,359	
50F25M-7-1	25	24,09	24,58	0,44	Istimewa	50F25M-7-1	3640	1570,8	2,317	2,330
50F25M-7-2	25	24,7				50F25M-7-2	3655	1570,8	2,327	
50F25M-7-3	25	24,95				50F25M-7-3	3685	1570,8	2,346	
50F25M-14-1	25	32,54	32,38	0,58	Istimewa	50F25M-14-1	3590	1570,8	2,285	2,334
50F25M-14-2	25	32,87				50F25M-14-2	3705	1570,8	2,359	
50F25M-14-3	25	31,74				50F25M-14-3	3705	1570,8	2,359	
50F25M-21-1	25	36,85	36,68	0,66	Istimewa	50F25M-21-1	3560	1570,8	2,266	2,331
50F25M-21-2	25	37,23				50F25M-21-2	3735	1570,8	2,378	
50F25M-21-3	25	35,95				50F25M-21-3	3690	1570,8	2,349	
50F25M-28-1	25	38,6	38,850	0,35	Istimewa	50F25M-28-1	3780	1570,8	2,406	2,326
50F25M-28-2	25	39,1				50F25M-28-2	3605	1570,8	2,295	
50F25M-28-3	25	44,6				50F25M-28-3	3575	1570,8	2,276	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
0F30M-3-1	30	7,62	8,24	1,03	Istimewa	0F30M-3-1	3720	1570,8	2,368	2,381
0F30M-3-2	30	9,43				0F30M-3-2	3755	1570,8	2,391	
0F30M-3-3	30	7,68				0F30M-3-3	3745	1570,8	2,384	
0F30M-7-1	30	20,99	20,49	0,71	Istimewa	0F30M-7-1	3765	1570,8	2,397	2,382
0F30M-7-2	30	15,62				0F30M-7-2	3730	1570,8	2,375	
0F30M-7-3	30	19,99				0F30M-7-3	3730	1570,8	2,375	
0F30M-14-1	30	22,11	22,81	0,67	Istimewa	0F30M-14-1	3700	1570,8	2,355	2,382
0F30M-14-2	30	22,86				0F30M-14-2	3720	1570,8	2,368	
0F30M-14-3	30	23,45				0F30M-14-3	3805	1570,8	2,422	
0F30M-21-1	30	23,99	23,78	0,84	Istimewa	0F30M-21-1	3640	1570,8	2,317	2,318
0F30M-21-2	30	22,86				0F30M-21-2	3650	1570,8	2,324	
0F30M-21-3	30	24,49				0F30M-21-3	3635	1570,8	2,314	
0F30M-28-1	30	25,61	25,98	0,65	Istimewa	0F30M-28-1	3625	1570,8	2,308	2,312
0F30M-28-2	30	25,61				0F30M-28-2	3650	1570,8	2,324	
0F30M-28-3	30	26,73				0F30M-28-3	3620	1570,8	2,305	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
20F30M-3-1	30	14,24	16,49	1,24	Istimewa	20F30M-3-1	3885	1570,8	2,473	2,462
20F30M-3-2	30	17,37				20F30M-3-2	3840	1570,8	2,445	
20F30M-3-3	30	15,61				20F30M-3-3	3875	1570,8	2,467	
20F30M-7-1	30	26,86	24,02	0,49	Istimewa	20F30M-7-1	3865	1570,8	2,461	2,459
20F30M-7-2	30	24,36				20F30M-7-2	3870	1570,8	2,464	
20F30M-7-3	30	23,67				20F30M-7-3	3855	1570,8	2,454	
20F30M-14-1	30	28,48	29,29	0,71	Istimewa	20F30M-14-1	3890	1570,8	2,476	2,470
20F30M-14-2	30	29,67				20F30M-14-2	3880	1570,8	2,470	
20F30M-14-3	30	29,73				20F30M-14-3	3870	1570,8	2,464	
20F30M-21-1	30	36,85	36,77	0,50	Istimewa	20F30M-21-1	3885	1570,8	2,473	2,462
20F30M-21-2	30	37,23				20F30M-21-2	3850	1570,8	2,451	
20F30M-21-3	30	36,23				20F30M-21-3	3865	1570,8	2,461	
20F30M-28-1	30	40,6	40,64	1,19	Istimewa	20F30M-28-1	3860	1570,8	2,457	2,456
20F30M-28-2	30	41,85				20F30M-28-2	3845	1570,8	2,448	
20F30M-28-3	30	39,48				20F30M-28-3	3870	1570,8	2,464	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
30F30M-3-1	30	15,11	15,36	0,29	Istimewa	30F30M-3-1	3805	1570,8	2,422	2,411
30F30M-3-2	30	15,3				30F30M-3-2	3760	1570,8	2,394	
30F30M-3-3	30	15,68				30F30M-3-3	3795	1570,8	2,416	
30F30M-7-1	30	27,65	28,12	0,53	Istimewa	30F30M-7-1	3785	1570,8	2,410	2,409
30F30M-7-2	30	28				30F30M-7-2	3790	1570,8	2,413	
30F30M-7-3	30	28,7				30F30M-7-3	3775	1570,8	2,403	
30F30M-14-1	30	33,14	33,88	0,73	Istimewa	30F30M-14-1	3810	1570,8	2,426	2,419
30F30M-14-2	30	33,9				30F30M-14-2	3800	1570,8	2,419	
30F30M-14-3	30	34,6				30F30M-14-3	3790	1570,8	2,413	
30F30M-21-1	30	37,73	38,21	0,44	Istimewa	30F30M-21-1	3805	1570,8	2,422	2,411
30F30M-21-2	30	38,6				30F30M-21-2	3770	1570,8	2,400	
30F30M-21-3	30	38,29				30F30M-21-3	3785	1570,8	2,410	
30F30M-28-1	30	43,23	42,56	0,85	Istimewa	30F30M-28-1	3770	1570,8	2,400	2,392
30F30M-28-2	30	41,6				30F30M-28-2	3755	1570,8	2,391	
30F30M-28-3	30	42,85				30F30M-28-3	3745	1570,8	2,384	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
40F30M-3-1	30	24,99	25,18	0,26	Istimewa	40F30M-3-1	3720	1570,8	2,368	2,369
40F30M-3-2	30	22,31				40F30M-3-2	3730	1570,8	2,375	
40F30M-3-3	30	25,36				40F30M-3-3	3715	1570,8	2,365	
40F30M-7-1	30	30,73	31,44	0,62	Istimewa	40F30M-7-1	3700	1570,8	2,355	2,348
40F30M-7-2	30	31,73				40F30M-7-2	3675	1570,8	2,340	
40F30M-7-3	30	31,86				40F30M-7-3	3690	1570,8	2,349	
40F30M-14-1	30	42,6	42,04	0,80	Istimewa	40F30M-14-1	3695	1570,8	2,352	2,363
40F30M-14-2	30	41,47				40F30M-14-2	3710	1570,8	2,362	
40F30M-14-3	30	27,48				40F30M-14-3	3730	1570,8	2,375	
40F30M-21-1	30	47,47	44,66	0,08	Istimewa	40F30M-21-1	3790	1570,8	2,413	2,364
40F30M-21-2	30	44,6				40F30M-21-2	3650	1570,8	2,324	
40F30M-21-3	30	44,72				40F30M-21-3	3700	1570,8	2,355	
40F30M-28-1	30	48,47	48,47	0,50	Istimewa	40F30M-28-1	3675	1570,8	2,340	2,348
40F30M-28-2	30	47,97				40F30M-28-2	3700	1570,8	2,355	
40F30M-28-3	30	48,97				40F30M-28-3	3690	1570,8	2,349	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
50F30M-3-1	30	20,24	20,78	0,83	Istimewa	50F30M-3-1	3635	1570,8	2,314	2,311
50F30M-3-2	30	20,36				50F30M-3-2	3595	1570,8	2,289	
50F30M-3-3	30	21,74				50F30M-3-3	3660	1570,8	2,330	
50F30M-7-1	30	27,68	27,61	0,56	Istimewa	50F30M-7-1	3640	1570,8	2,317	2,315
50F30M-7-2	30	28,13				50F30M-7-2	3655	1570,8	2,327	
50F30M-7-3	30	27,02				50F30M-7-3	3615	1570,8	2,301	
50F30M-14-1	30	35,4	35,32	0,72	Istimewa	50F30M-14-1	3705	1570,8	2,359	2,337
50F30M-14-2	30	36				50F30M-14-2	3685	1570,8	2,346	
50F30M-14-3	30	34,57				50F30M-14-3	3625	1570,8	2,308	
50F30M-21-1	30	37,85	37,76	0,76	Istimewa	50F30M-21-1	3620	1570,8	2,305	2,316
50F30M-21-2	30	38,47				50F30M-21-2	3645	1570,8	2,320	
50F30M-21-3	30	36,95				50F30M-21-3	3650	1570,8	2,324	
50F30M-28-1	30	44,35	43,43	0,94	Istimewa	50F30M-28-1	3615	1570,8	2,301	2,319
50F30M-28-2	30	42,47				50F30M-28-2	3645	1570,8	2,320	
50F30M-28-3	30	43,48				50F30M-28-3	3670	1570,8	2,336	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
0F45M-3-1	45	17,93	17,68	0,60	Istimewa	0F45M-3-1	3740	1570,8	2,381	2,392
0F45M-3-2	45	17				0F45M-3-2	3750	1570,8	2,387	
0F45M-3-3	45	18,11				0F45M-3-3	3780	1570,8	2,406	
0F45M-7-1	45	28,98	29,86	1,24	Istimewa	0F45M-7-1	3760	1570,8	2,394	2,397
0F45M-7-2	45	27,23				0F45M-7-2	3770	1570,8	2,400	
0F45M-7-3	45	30,73				0F45M-7-3	3765	1570,8	2,397	
0F45M-14-1	45	32,98	33,48	0,58	Istimewa	0F45M-14-1	3715	1570,8	2,365	2,374
0F45M-14-2	45	33,36				0F45M-14-2	3735	1570,8	2,378	
0F45M-14-3	45	34,11				0F45M-14-3	3735	1570,8	2,378	
0F45M-21-1	45	33,73	33,78	0,68	Istimewa	0F45M-21-1	3705	1570,8	2,359	2,357
0F45M-21-2	45	34,48				0F45M-21-2	3675	1570,8	2,340	
0F45M-21-3	45	33,13				0F45M-21-3	3725	1570,8	2,371	
0F45M-28-1	45	35,35	35,02	0,31	Istimewa	0F45M-28-1	3700	1570,8	2,355	2,371
0F45M-28-2	45	34,73				0F45M-28-2	3705	1570,8	2,359	
0F45M-28-3	45	34,98				0F45M-28-3	3770	1570,8	2,400	



Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
20F45M-3-1	45	22,61	23,14	0,78	Istimewa	20F45M-3-1	3825	1570,8	2,435	2,447
20F45M-3-2	45	23,86				20F45M-3-2	3855	1570,8	2,454	
20F45M-3-3	45	22,42				20F45M-3-3	3850	1570,8	2,451	
20F45M-7-1	45	36,23	35,20	1,46	Istimewa	20F45M-7-1	3870	1570,8	2,464	2,455
20F45M-7-2	45	31				20F45M-7-2	3865	1570,8	2,461	
20F45M-7-3	45	34,16				20F45M-7-3	3835	1570,8	2,441	
20F45M-14-1	45	40,98	41,73	1,06	Istimewa	20F45M-14-1	3845	1570,8	2,448	2,456
20F45M-14-2	45	42,48				20F45M-14-2	3860	1570,8	2,457	
20F45M-14-3	45	34,04				20F45M-14-3	3870	1570,8	2,464	
20F45M-21-1	45	44,73	43,92	1,75	Istimewa	20F45M-21-1	3895	1570,8	2,480	2,469
20F45M-21-2	45	43,1				20F45M-21-2	3875	1570,8	2,467	
20F45M-21-3	45	41,23				20F45M-21-3	3865	1570,8	2,461	
20F45M-28-1	45	47,6	52,03	1,33	Istimewa	20F45M-28-1	3840	1570,8	2,445	2,458
20F45M-28-2	45	51,09				20F45M-28-2	3855	1570,8	2,454	
20F45M-28-3	45	52,97				20F45M-28-3	3890	1570,8	2,476	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volum e	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
30F45M-3-1	45	22,3	23,24	0,88	Istimewa	30F45M-3-1	3760	1570,8	2,394	2,405
30F45M-3-2	45	24,05				30F45M-3-2	3790	1570,8	2,413	
30F45M-3-3	45	23,36				30F45M-3-3	3785	1570,8	2,410	
30F45M-7-1	45	36,75	38,17	1,35	Istimewa	30F45M-7-1	3805	1570,8	2,422	2,414
30F45M-7-2	45	39,44				30F45M-7-2	3800	1570,8	2,419	
30F45M-7-3	45	38,31				30F45M-7-3	3770	1570,8	2,400	
30F45M-14-1	45	45,57	45,90	0,30	Istimewa	30F45M-14-1	3780	1570,8	2,406	2,415
30F45M-14-2	45	46,16				30F45M-14-2	3795	1570,8	2,416	
30F45M-14-3	45	45,98				30F45M-14-3	3805	1570,8	2,422	
30F45M-21-1	45	49,97	50,09	0,45	Istimewa	30F45M-21-1	3830	1570,8	2,438	2,428
30F45M-21-2	45	50,59				30F45M-21-2	3810	1570,8	2,426	
30F45M-21-3	45	49,72				30F45M-21-3	3800	1570,8	2,419	
30F45M-28-1	45	53,1	54,01	0,80	Istimewa	30F45M-28-1	3750	1570,8	2,387	2,406
30F45M-28-2	45	54,34				30F45M-28-2	3805	1570,8	2,422	
30F45M-28-3	45	54,6				30F45M-28-3	3785	1570,8	2,410	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
40F45M-3-1	45	25,36	25,46	0,13	Istimewa	40F45M-3-1	3650	1570,8	2,324	2,325
40F45M-3-2	45	25,55				40F45M-3-2	3625	1570,8	2,308	
40F45M-3-3	45	19,86				40F45M-3-3	3680	1570,8	2,343	
40F45M-7-1	45	31,48	32,90	1,23	Istimewa	40F45M-7-1	3675	1570,8	2,340	2,349
40F45M-7-2	45	33,48				40F45M-7-2	3695	1570,8	2,352	
40F45M-7-3	45	33,73				40F45M-7-3	3700	1570,8	2,355	
40F45M-14-1	45	44,1	44,35	0,35	Istimewa	40F45M-14-1	3705	1570,8	2,359	2,326
40F45M-14-2	45	44,6				40F45M-14-2	3635	1570,8	2,314	
40F45M-14-3	45	47,47				40F45M-14-3	3620	1570,8	2,305	
40F45M-21-1	45	44,1	47,16	0,27	Istimewa	40F45M-21-1	3675	1570,8	2,340	2,359
40F45M-21-2	45	46,97				40F45M-21-2	3695	1570,8	2,352	
40F45M-21-3	45	47,35				40F45M-21-3	3745	1570,8	2,384	
40F45M-28-1	45	48,22	47,97	0,25	Istimewa	40F45M-28-1	3610	1570,8	2,298	2,323
40F45M-28-2	45	47,72				40F45M-28-2	3635	1570,8	2,314	
40F45M-28-3	45	47,97				40F45M-28-3	3700	1570,8	2,355	

Kode Benda Uji	Kuat Rencana	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Keterangan	Kode Benda Uji	Berat	volume	Berat volume	rata-rata
	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)				(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(gr/cm3)
50F45M-3-1	45	21,86	22,20	0,32	Istimewa	50F45M-3-1	3645	1570,8	2,320	2,345
50F45M-3-2	45	22,24				50F45M-3-2	3705	1570,8	2,359	
50F45M-3-3	45	22,49				50F45M-3-3	3700	1570,8	2,355	
50F45M-7-1	45	28	28,36	0,93	Istimewa	50F45M-7-1	3665	1570,8	2,333	2,328
50F45M-7-2	45	29,42				50F45M-7-2	3670	1570,8	2,336	
50F45M-7-3	45	27,65				50F45M-7-3	3635	1570,8	2,314	
50F45M-14-1	45	36,16	36,36	1,14	Istimewa	50F45M-14-1	3680	1570,8	2,343	2,343
50F45M-14-2	45	37,58				50F45M-14-2	3705	1570,8	2,359	
50F45M-14-3	45	35,33				50F45M-14-3	3655	1570,8	2,327	
50F45M-21-1	45	37,73	37,94	1,19	Istimewa	50F45M-21-1	3700	1570,8	2,355	2,351
50F45M-21-2	45	39,22				50F45M-21-2	3690	1570,8	2,349	
50F45M-21-3	45	36,87				50F45M-21-3	3690	1570,8	2,349	
50F45M-28-1	45	39,22	45,10	0,18	Istimewa	50F45M-28-1	3705	1570,8	2,359	2,330
50F45M-28-2	45	44,97				50F45M-28-2	3610	1570,8	2,298	
50F45M-28-3	45	45,23				50F45M-28-3	3665	1570,8	2,333	

#### 4. SAI (*Strength activity index*)

<i>Strength Activity Index (SAI)</i>											
Patokan nilai (Beton Normal)											
Kode Benda Uji	Keterangan Benda Uji	Tes Kuat Tekan umur X hari (Mpa)									
		3	SAI (%)	7	SAI (%)	14	SAI (%)	21	SAI (%)	28	SAI (%)
0F25	Normal	12,37	100%	16,92	100%	20,54	100%	23,3	100%	24,98	100%
20F25	<i>Fly Ash</i> (20%)	10,83	88%	17,18	102%	25,43	124%	29,64	127%	31,92	128%
30F25	<i>Fly Ash</i> (30%)	16,58	134%	31,94	189%	35,83	174%	39,06	168%	42,35	170%
40F25	<i>Fly Ash</i> (40%)	21,46	173%	23,77	140%	29,05	141%	34,30	147%	38,23	153%
50F25	<i>Fly Ash</i> (50%)	25,15	203%	28,31	167%	33,16	161%	35,61	153%	42,20	169%
0F25M	Normal + Mikroba	7,06	57%	17,66	104%	19,61	95%	22,28	96%	23,40	94%
20F25M	<i>Fly Ash</i> (20%) + Mikroba	13,62	110%	20,84	123%	22,15	108%	31,11	134%	35,77	143%
30F25M	<i>Fly Ash</i> (30%) + Mikroba	22,53	182%	38,10	225%	40,19	196%	43,27	186%	44,72	179%
40F25M	<i>Fly Ash</i> (40%) + Mikroba	23,02	186%	28,43	168%	35,48	173%	45,06	193%	48,48	194%
50F25M	<i>Fly Ash</i> (50%) + Mikroba	19,99	162%	24,58	145%	32,38	158%	36,68	157%	38,85	156%
0F30	Normal	14,46	100%	20,14	100%	25,53	100%	28,63	100%	29,85	100%
20F30	<i>Fly Ash</i> (20%)	13,99	97%	21,65	107%	28,71	112%	32,24	113%	35,81	120%
30F30	<i>Fly Ash</i> (30%)	12,39	86%	28,86	143%	34,64	136%	38,04	133%	45,10	151%
40F30	<i>Fly Ash</i> (40%)	20,90	144%	25,15	125%	31,81	125%	33,397	117%	35,98	121%

50F30	<i>Fly Ash (50%)</i>	26,69	185%	28,2	140%	31,77	124%	34,95	122%	40,85	137%
0F30M	Normal + Mikroba	8,24	57%	20,49	102%	22,81	89%	23,78	83%	25,98	87%
20F30M	<i>Fly Ash (20%) + Mikroba</i>	16,49	114%	24,02	119%	29,29	115%	36,77	128%	40,64	136%
30F30M	<i>Fly Ash (30%) + Mikroba</i>	15,36	106%	28,12	140%	33,88	133%	38,21	133%	42,56	143%
40F30M	<i>Fly Ash (40%) + Mikroba</i>	25,18	174%	31,44	156%	42,04	165%	44,66	156%	48,47	162%
50F30M	<i>Fly Ash (50%) + Mikroba</i>	20,78	144%	27,61	137%	35,32	138%	37,76	132%	43,43	145%
0F45	Normal	22,55	100%	28,44	100%	34,01	100%	41,81	100%	45,29	100%
20F45	<i>Fly Ash (20%)</i>	26,36	117%	31,83	112%	37,36	110%	39,65	95%	46,83	103%
30F45	<i>Fly Ash (30%)</i>	20,65	92%	31,79	112%	40,98	120%	46,68	112%	52,35	116%
40F45	<i>Fly Ash (40%)</i>	24,91	110%	29,69	104%	36,81	108%	40,81	98%	42,27	93%
50F45	<i>Fly Ash (50%)</i>	29,59	131%	31,52	111%	34,35	101%	38,39	92%	44,66	99%
0F45M	Normal + Mikroba	17,68	78%	29,86	105%	33,48	98%	33,78	81%	35,02	77%
20F45M	<i>Fly Ash (20%) + Mikroba</i>	23,14	103%	35,20	124%	41,73	123%	43,92	105%	52,03	115%
30F45M	<i>Fly Ash (30%) + Mikroba</i>	23,24	103%	38,17	134%	45,90	135%	50,09	120%	54,01	119%
40F45M	<i>Fly Ash (40%) + Mikroba</i>	25,46	113%	32,90	116%	44,35	130%	47,16	113%	47,97	106%
50F45M	<i>Fly Ash (50%) + Mikroba</i>	22,20	98%	28,36	100%	36,36	107%	37,94	91%	45,10	100%

## 5. Hasil kuat tarik belah (*split*)

Kode Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Standar Deviasi	Ket.
0F25-28-4	1,09			
0F25-28-5	1,9	1,95	0,07	Istimewa
0F25-28-6	2			
20F25-28-4	3,06			
20F25-28-5	2,5	2,50	0,00	Istimewa
20F25-28-6	2,5			
30F25-28-4	3,71			
30F25-28-5	3,96	3,84	0,18	Istimewa
30F25-28-6	3,21			
40F25-28-4	2,56			
40F25-28-5	2,79	2,65	0,13	Istimewa
40F25-28-6	2,59			
50F25-28-4	3,34			
50F25-28-5	2,93	3,13	0,21	Istimewa
50F25-28-6	3,12			
0F25M-28-4	2,06			
0F25M-28-5	2,06	2,07	0,02	Istimewa
0F25M-28-6	2,09			
20F25M-28-4	2,65			
20F25M-28-5	2,75	2,76	0,11	Istimewa
20F25M-28-6	2,87			
30F25M-28-4	3,93			
30F25M-28-5	4,25	4,16	0,20	Istimewa
30F25M-28-6	4,31			
40F25M-28-4	3,12			
40F25M-28-5	2,87	2,98	0,13	Istimewa
40F25M-28-6	2,95			
50F25M-28-4	2,28			
50F25M-28-5	2,75	2,52	0,24	Istimewa
50F25M-28-6	2,53			

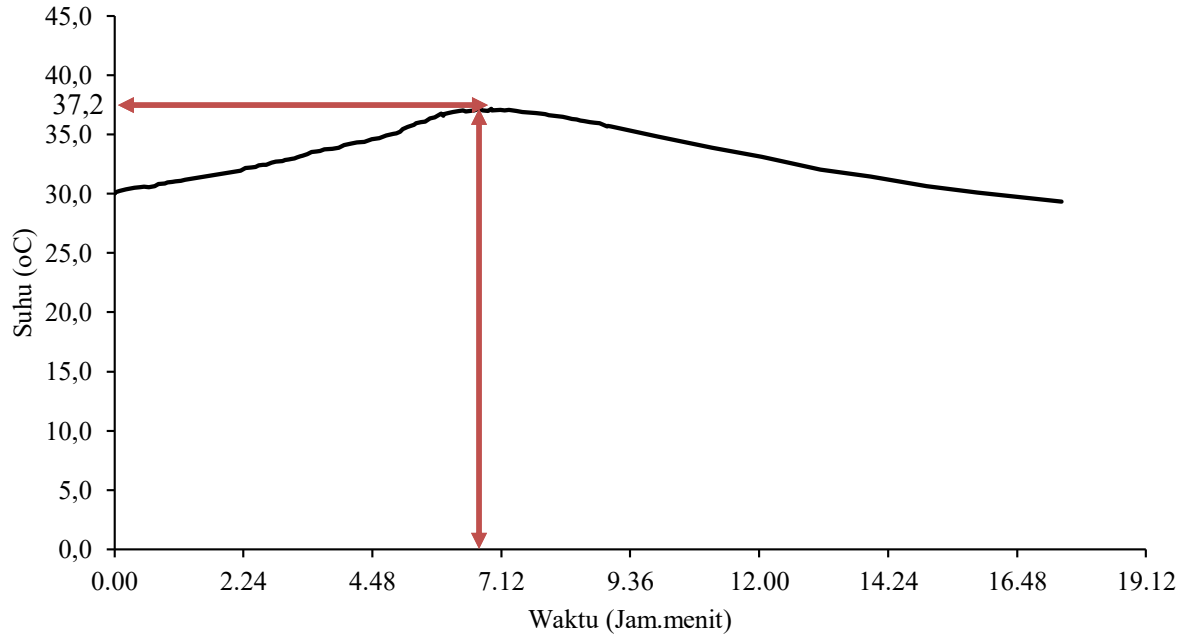
Kode Benda Uji	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi	Ket.
	(Mpa)	(Mpa)		
0F30-28-4	1,18			
0F30-28-5	1,47	1,18	0,01	Istimewa
0F30-28-6	1,17			
20F30-28-4	2,53			
20F30-28-5	2,43	2,48	0,07	Istimewa
20F30-28-6	2,68			
30F30-28-4	2,84			
30F30-28-5	2,93	2,89	0,06	Istimewa
30F30-28-6	2,5			
40F30-28-4	3,12			
40F30-28-5	3,15	3,14	0,02	Istimewa
40F30-28-6	3,59			
50F30-28-4	3			
50F30-28-5	2,97	3,03	0,08	Istimewa
50F30-28-6	3,12			
0F30M-28-4	1,81			
0F30M-28-5	2,06	2,14	0,11	Istimewa
0F30M-28-6	2,21			
20F30M-28-4	2,81			
20F30M-28-5	2,47	2,79	0,04	Istimewa
20F30M-28-6	2,76			
30F30M-28-4	2,27			
30F30M-28-5	3,4	3,32	0,11	Istimewa
30F30M-28-6	3,24			
40F30M-28-4	2,21			
40F30M-28-5	3,28	3,47	0,26	Istimewa
40F30M-28-6	3,65			
50F30M-28-4	2,72			
50F30M-28-5	2,75	2,59	0,25	Istimewa
50F30M-28-6	2,31			



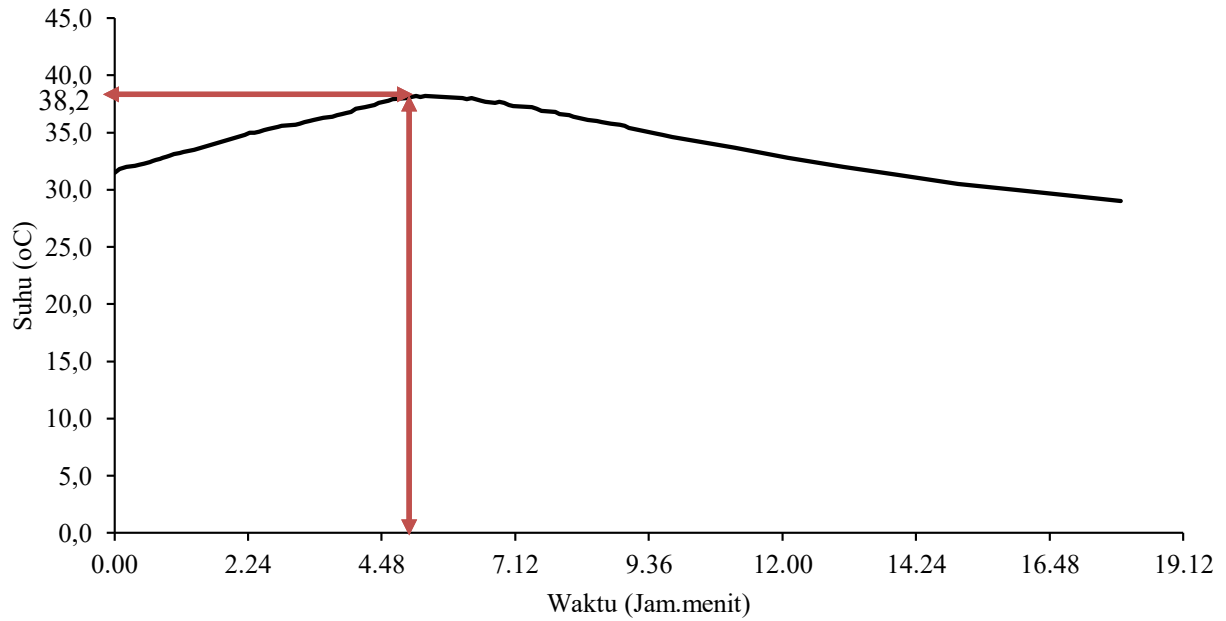
Kode Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Standar Deviasi	Ket.
0F45-28-4	2,83			
0F45-28-5	1,64	1,73	0,12	Istimewa
0F45-28-6	1,81			
20F45-28-4	3,34			
20F45-28-5	3,37	3,36	0,02	Istimewa
20F45-28-6	3,68			
30F45-28-4	5,57			
30F45-28-5	5,74	5,66	0,12	Istimewa
30F45-28-6	5			
40F45-28-4	3,09			
40F45-28-5	3,21	3,12	0,02	Istimewa
40F45-28-6	3,06			
50F45-28-4	2,93			
50F45-28-5	2,9	2,98	0,16	Istimewa
50F45-28-6	3,12			
0F45M-28-4	2,31			
0F45M-28-5	3,06	2,90	0,23	Istimewa
0F45M-28-6	2,74			
20F45M-28-4	3,43			
20F45M-28-5	3,15	3,61	0,57	Istimewa
20F45M-28-6	4,25			
30F45M-28-4	5,33			
30F45M-28-5	5,65	5,55	0,19	Istimewa
30F45M-28-6	5,68			
40F45M-28-4	3,4			
40F45M-28-5	3,47	3,44	0,05	Istimewa
40F45M-28-6	2,68			
50F45M-28-4	2,28			
50F45M-28-5	3,6	3,08	0,16	Istimewa
50F45M-28-6	3,37			

## 6. Hasil uji pengukuran panas hidrasi beton

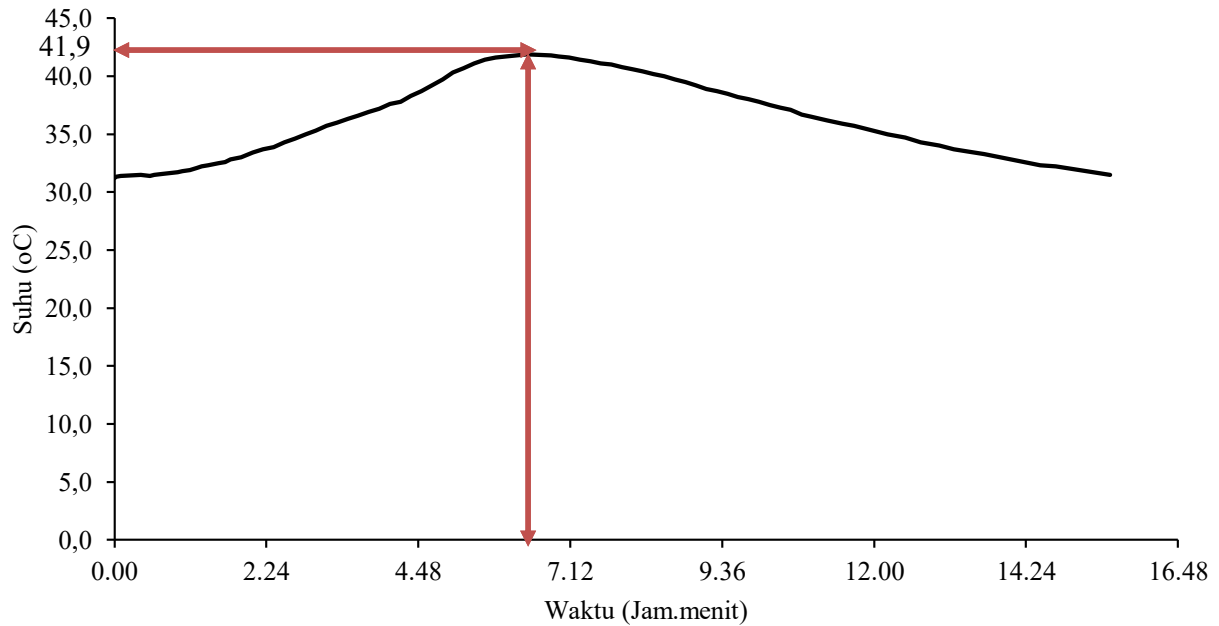
- 0F25 ( $f'c = 25$  MPa, 0% *fly ash* dari berat semen)



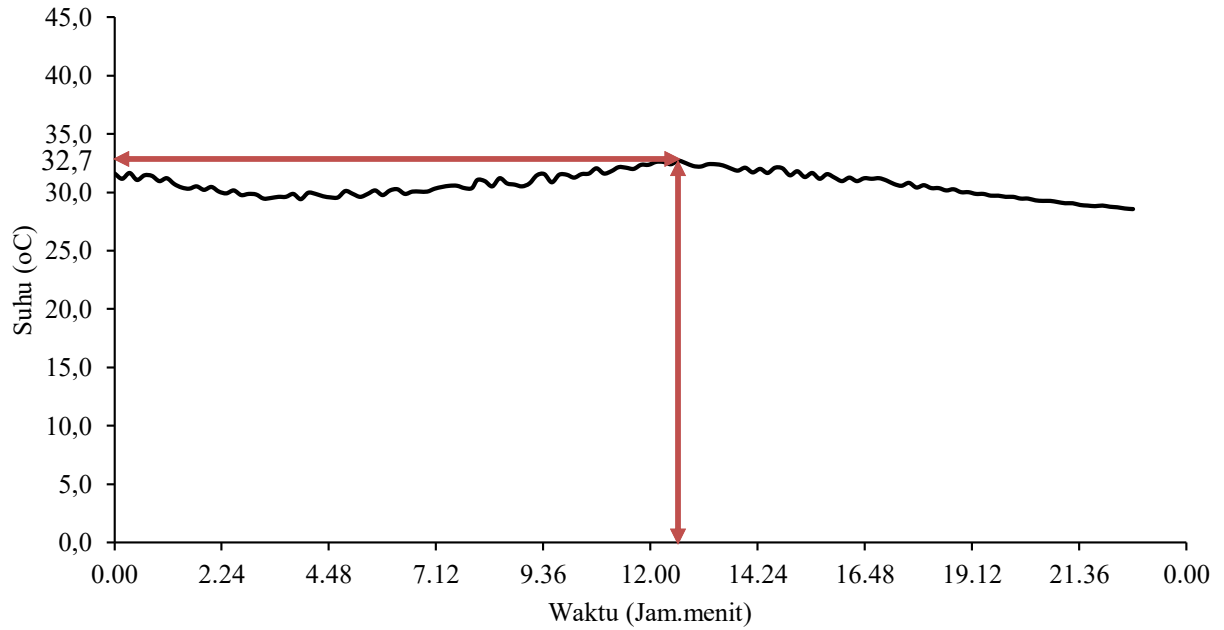
- 0F30 ( $f'c = 30$  MPa, 0% *fly ash* dari berat semen)



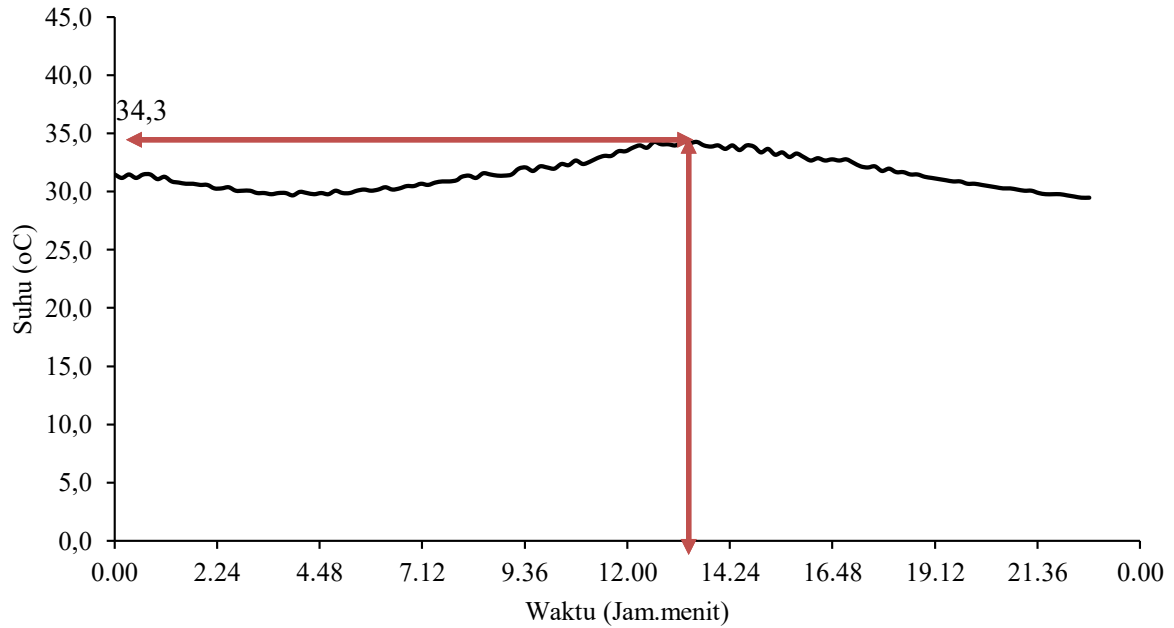
- 0F45 ( $f'_c = 45$  MPa, 0% *fly ash* dari berat semen)



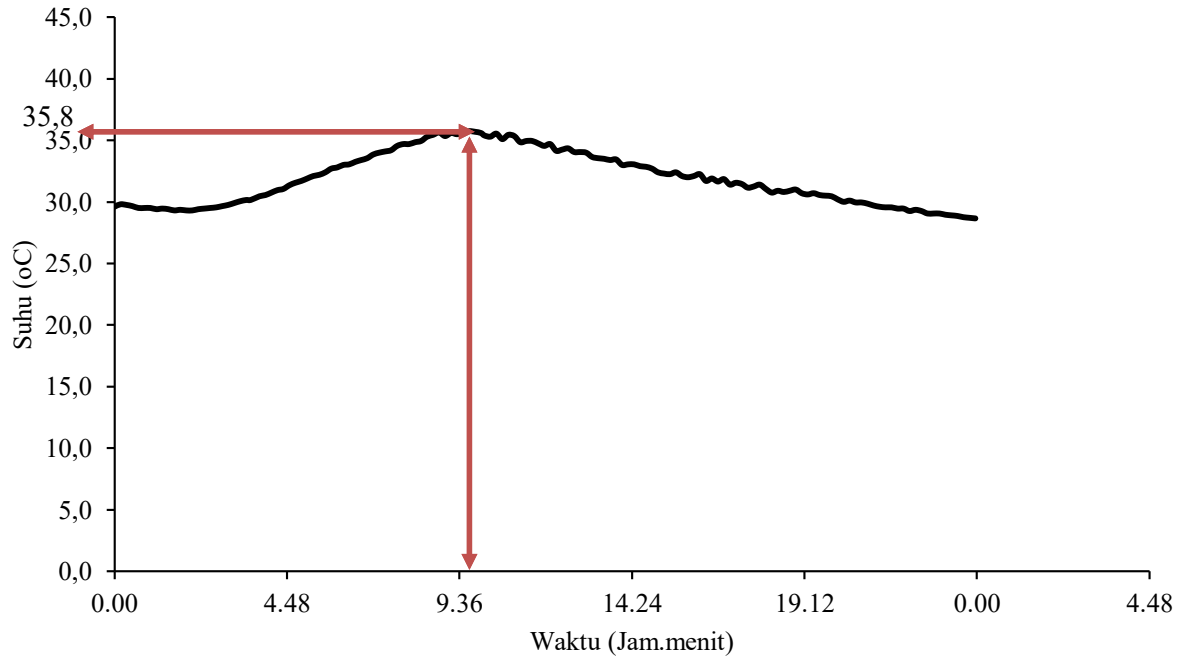
- 20F25 ( $f'_c = 25$  MPa, 20% *fly ash* dari berat semen)



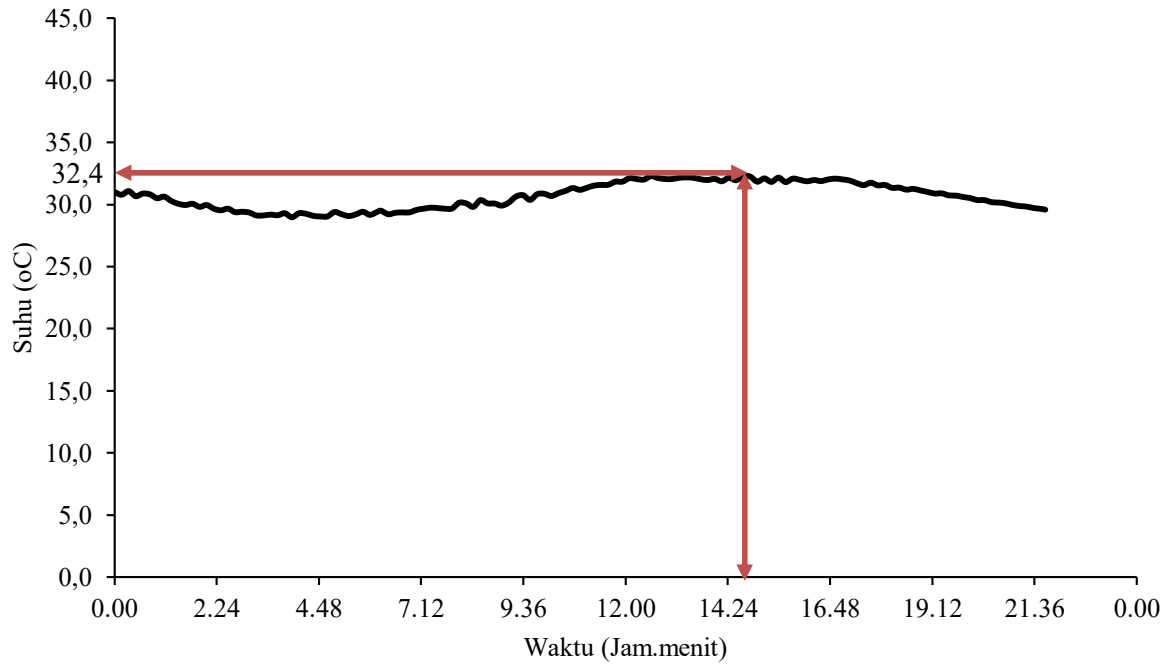
- 20F30 ( $f'_c = 30$  MPa, 20% *fly ash* dari berat semen)



- 20F45 ( $f'_c = 45 \text{ MPa}$ , 20% *fly ash* dari berat semen)

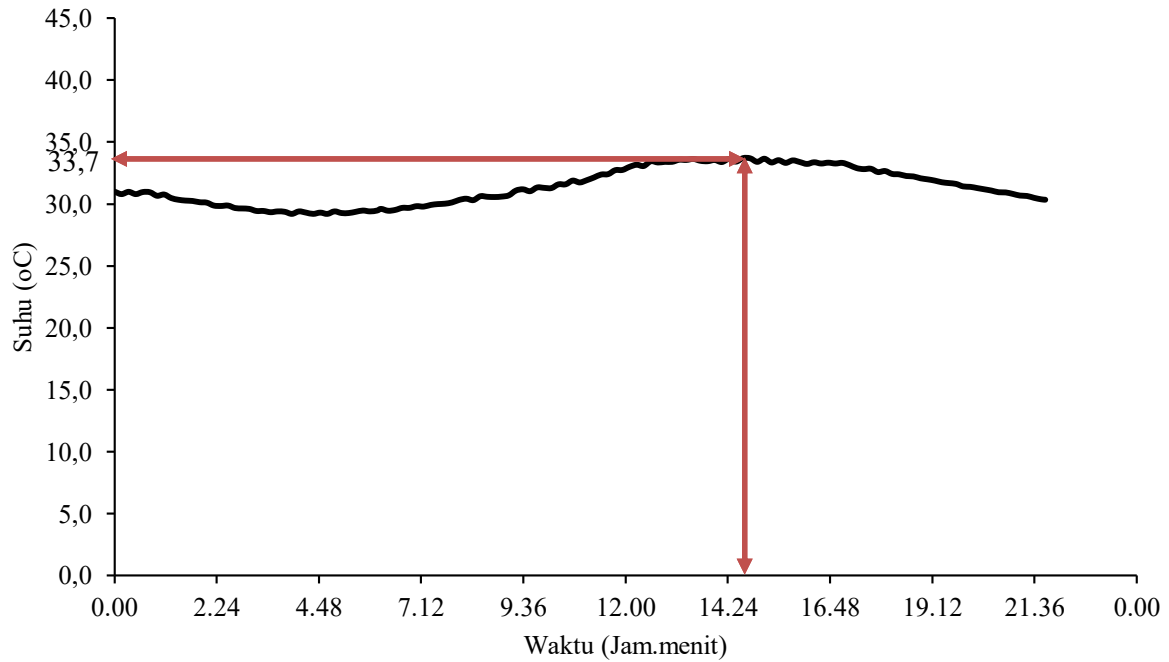


- 30F25 ( $f'c = 25$  MPa, 30% *fly ash* dari berat semen)

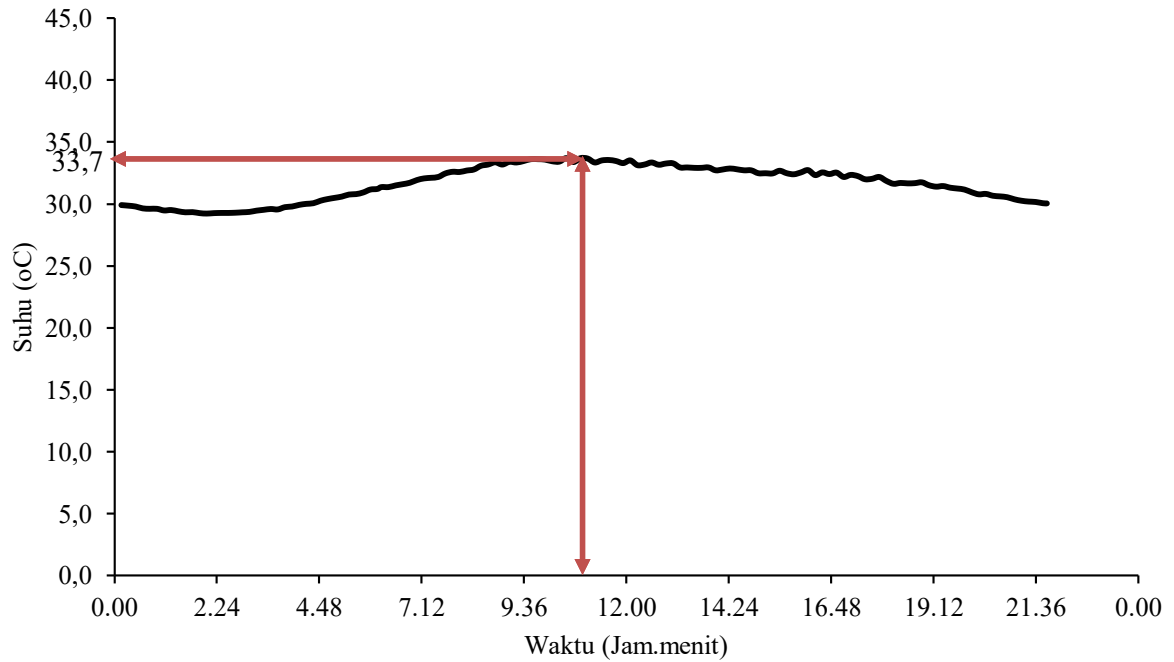




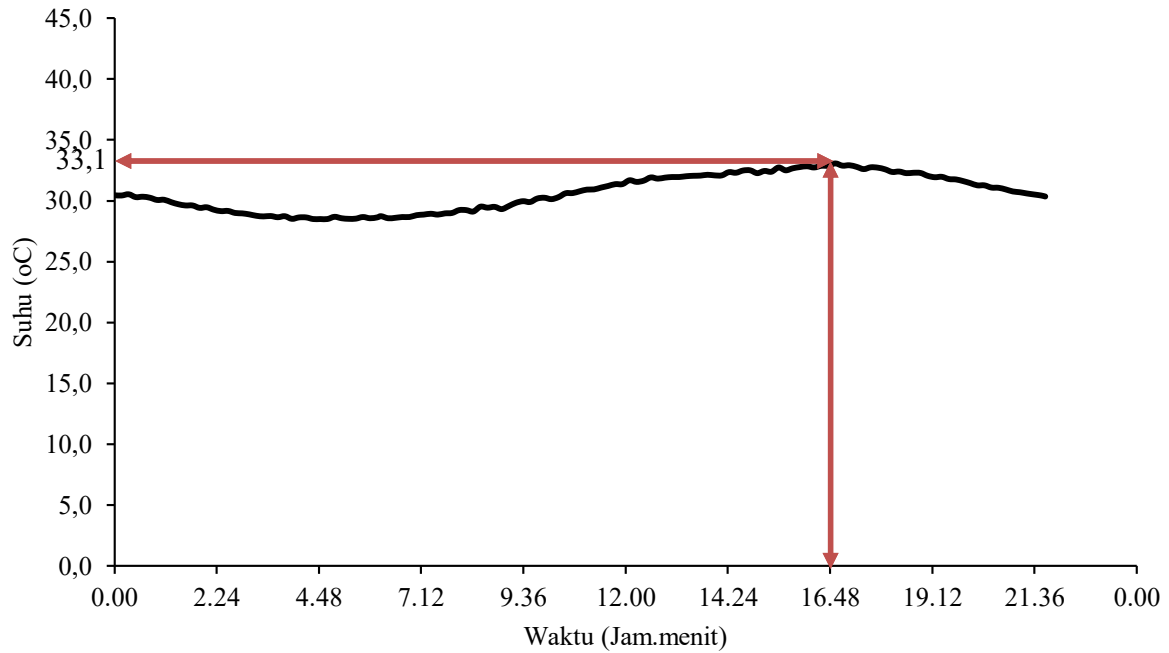
- 30F30 ( $f_c = 30$  MPa, 30% *fly ash* dari berat semen)



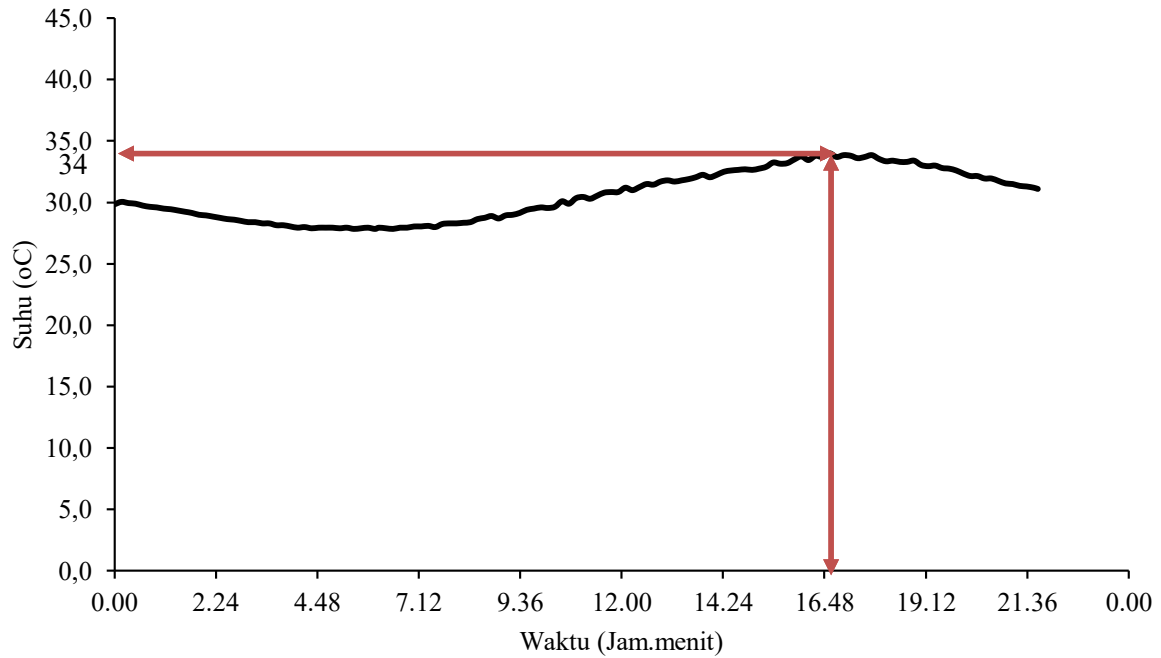
- 30F45 ( $f'_c = 45 \text{ MPa}$ , 30% *fly ash* dari berat semen)



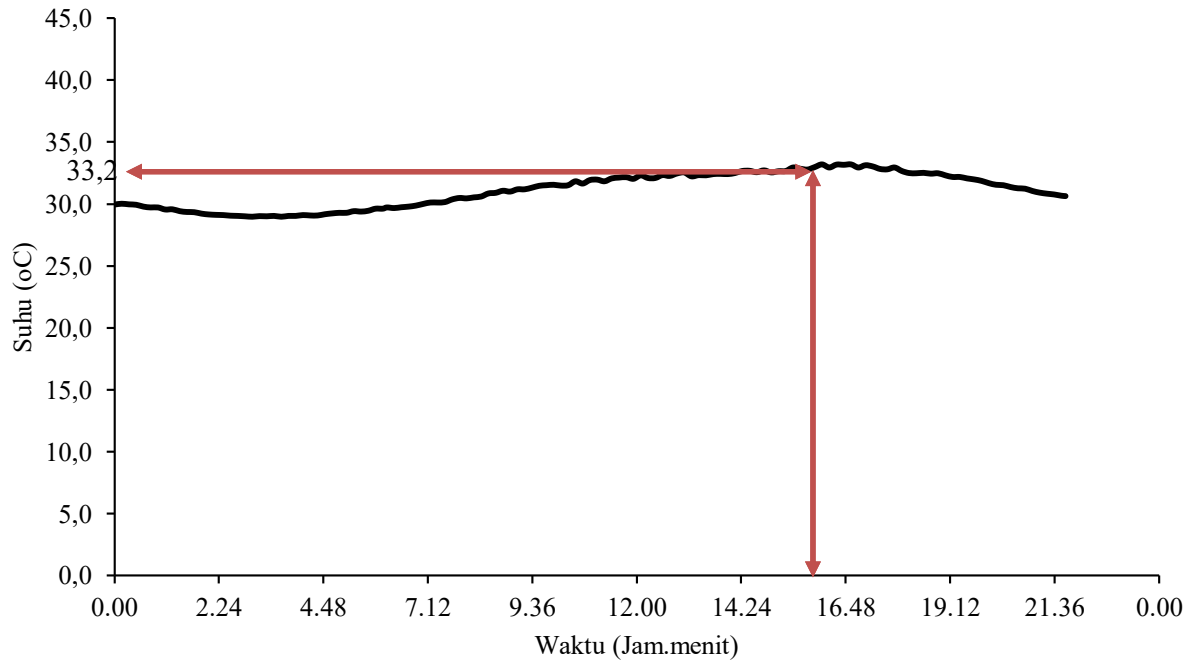
- 40F25 ( $f'_c = 25$  MPa, 40% *fly ash* dari berat semen)



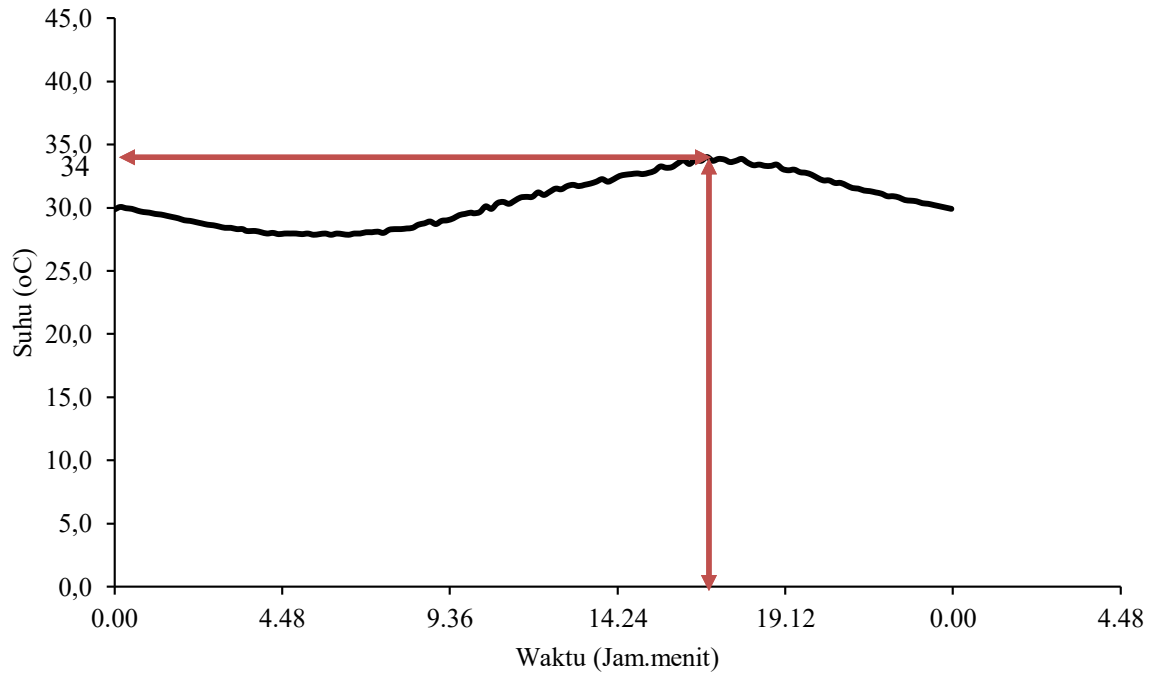
- 40F30 ( $f'_c = 30$  MPa, 40% *fly ash* dari berat semen)



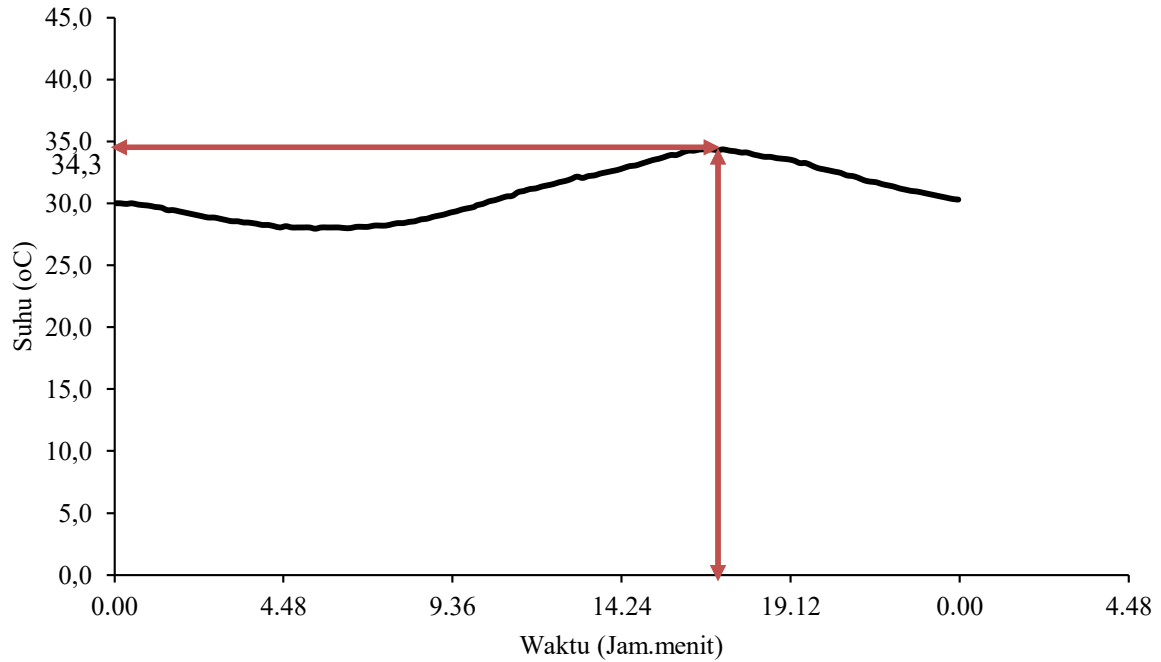
- 40F45 ( $f'_c = 45 \text{ MPa}$ , 40% *fly ash* dari berat semen)



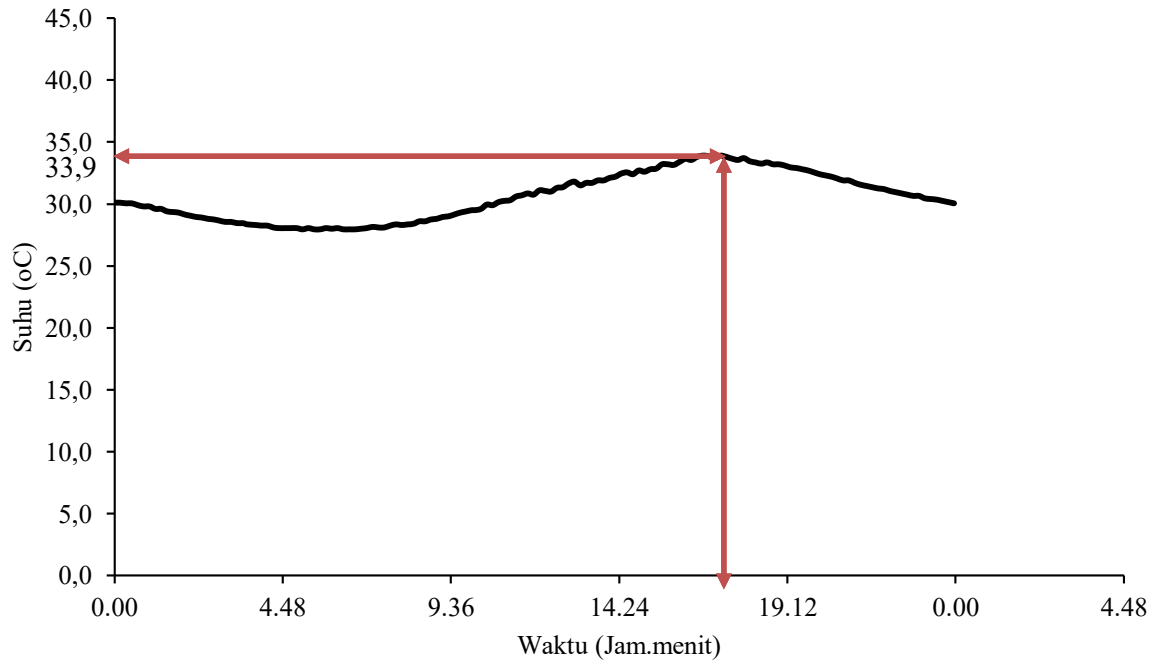
- 50F25 ( $f'_c = 25$  MPa, 50% *fly ash* dari berat semen)



- 50F30 ( $f'_c = 30$  MPa, 50% *fly ash* dari berat semen)



- 50F45 ( $f'_c = 45 \text{ MPa}$ , 50% *fly ash* dari berat semen)





7. Tabel HPP.

f <sub>c</sub> (25 Mpa)																								
No	Material	Satuan	Komposisi (Kg)										Harga Satuan (per kg)	Harga Total/m <sup>3</sup>										
			Normal	FA 20%	FA 30%	FA 40%	FA 50%	Normal + mikroba	FA 20% + mikroba	FA 30% + mikroba	FA 40% + mikroba	FA 50% + mikroba		Normal	FA 20%	FA 30%	FA 40%	FA 50%	Normal + mikroba	FA 20% + mikroba	FA 30% + mikroba	FA 40% + mikroba	FA 50% + mikroba	
1	Semen	Kg	353	335	355	379	395	353	335	355	379	395	Rp 1.100	Rp 388.793	Rp 368.725	Rp 390.834	Rp 417.241	Rp 434.359	Rp 388.793	Rp 368.725	Rp 390.834	Rp 417.241	Rp 434.359	
2	Fly Ash	Kg	0	84	152	253	395	0	84	152	253	395	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
3	Pasir	Kg	985	902	827	766	699	985	902	827	766	699	Rp 145	Rp 142.850	Rp 130.751	Rp 119.987	Rp 111.076	Rp 101.365	Rp 142.850	Rp 130.751	Rp 119.987	Rp 111.076	Rp 101.365	
4	Batu Pecah	Kg	872	942	936	880	803	872	942	936	880	803	Rp 70	Rp 61.052	Rp 65.916	Rp 65.537	Rp 61.591	Rp 56.206	Rp 61.052	Rp 65.916	Rp 65.537	Rp 61.591	Rp 56.206	
5	Air	Kg	195	158	154	150	146	195	158	154	150	146	Rp 100	Rp 19.521	Rp 15.761	Rp 15.368	Rp 14.990	Rp 14.624	Rp 19.521	Rp 15.761	Rp 15.368	Rp 14.990	Rp 14.624	
6	Mikroba 400 mL 1 botol	L	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	Rp 67.500	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	
7	Superplazticiser	L	0,00	0,93	1,13	1,86	3,45	0,00	0,93	1,40	2,19	3,45	Rp 25.000	Rp -	Rp 23.253	Rp 28.236	Rp 46.506	Rp 86.369	Rp -	Rp 23.253	Rp 34.880	Rp 54.811	Rp 86.369	
<b>Harga Total</b>													Rp 612.216	Rp 604.406	Rp 619.962	Rp 651.405	Rp 692.923	Rp 639.216	Rp 631.406	Rp 653.606	Rp 686.710	Rp 719.923		
<b>Kuat Tekan (MPa) Umur 28 hari</b>													24,98	31,92	42,02	38,23	42,2	23,4	35,77	44,72	48,48	38,85		
<b>Kuat Split (MPa) Umur 28 Hari</b>													1,95	2,5	3,84	2,65	3,13	2,07	2,76	4,16	2,98	2,52		

f <sub>c</sub> (30 Mpa)																								
No	Material	Satuan	Komposisi (Kg)										Harga Satuan (per kg)	Harga Total/m <sup>3</sup>										
			Normal	FA 20%	FA 30%	FA 40%	FA 50%	Normal + mikroba	FA 20% + mikroba	FA 30% + mikroba	FA 40% + mikroba	FA 50% + mikroba		Normal	FA 20%	FA 30%	FA 40%	FA 50%	Normal + mikroba	FA 20% + mikroba	FA 30% + mikroba	FA 40% + mikroba	FA 50% + mikroba	
1	Semen	Kg	387	367	389	415	395	387	367	389	415	395	Rp 1.100	Rp 425.472	Rp 403.510	Rp 427.705	Rp 456.604	Rp 434.359	Rp 425.472	Rp 403.510	Rp 427.705	Rp 456.604	Rp 434.359	
2	Fly Ash	Kg	0	92	167	277	395	0	92	167	277	395	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
3	Pasir	Kg	949	864	798	738	699	949	864	798	738	699	Rp 145	Rp 137.626	Rp 125.315	Rp 115.779	Rp 107.030	Rp 101.365	Rp 137.626	Rp 125.315	Rp 115.779	Rp 107.030	Rp 101.365	
4	Batu Pecah	Kg	875	939	917	848	803	875	939	917	848	803	Rp 70	Rp 61.226	Rp 65.756	Rp 64.199	Rp 59.348	Rp 56.206	Rp 61.226	Rp 65.756	Rp 64.199	Rp 59.348	Rp 56.206	
5	Air	Kg	195	158	154	150	146	195	158	154	150	146	Rp 100	Rp 19.541	Rp 15.784	Rp 15.394	Rp 15.021	Rp 14.624	Rp 19.541	Rp 15.784	Rp 15.394	Rp 15.021	Rp 14.624	
6	Mikroba 400 mL 1 botol	L	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	Rp 67.500	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	
7	Superplazticiser	L	0,00	1,00	1,46	2,26	3,45	0,00	1,00	1,46	2,39	3,45	Rp 25.000	Rp -	Rp 24.914	Rp 36.541	Rp 56.472	Rp 86.369	Rp -	Rp 24.914	Rp 36.541	Rp 59.794	Rp 86.369	
<b>Harga Total</b>													Rp 643.864	Rp 635.281	Rp 659.617	Rp 694.475	Rp 692.923	Rp 670.864	Rp 662.281	Rp 686.617	Rp 724.797	Rp 719.923		
<b>Kuat Tekan (MPa) Umur 28 hari</b>													29,85	35,81	45,1	35,98	40,85	25,98	40,64	42,56	48,47	43,43		
<b>Kuat Split (MPa) Umur 28 Hari</b>													1,18	2,48	2,89	3,14	3,03	2,14	2,79	3,32	3,47	2,59		

F'c (45 Mpa)																								
No	Material	Satuan	Komposisi (Kg/m3)										Harga Satuan (per kg)	Harga Total/m3										
			Normal	FA 20%	FA 30%	FA 40%	FA 50%	Normal + mikroba	FA 20% + mikroba	FA 30% + mikroba	FA 40% + mikroba	FA 50% + mikroba		Normal	FA 20%	FA 30%	FA 40%	FA 50%	Normal + mikroba	FA 20% + mikroba	FA 30% + mikroba	FA 40% + mikroba	FA 50% + mikroba	
1	Semen	Kg	526	499	481	440	395	526	499	481	440	395	Rp 1.100	Rp 578.205	Rp 548.360	Rp 528.928	Rp 484.000	Rp 434.359	Rp 578.205	Rp 548.360	Rp 528.928	Rp 484.000	Rp 434.359	
2	Fly Ash	Kg	0	125	206	293	395	0	125	206	293	395	Rp -	-	-	-							-	
3	Pasir	Kg	860	762	737	719	699	860	762	737	719	699	Rp 145	Rp 124.649	Rp 110.550	Rp 106.861	Rp 104.215	Rp 101.365	Rp 124.649	Rp 110.550	Rp 106.861	Rp 104.215	Rp 101.365	
4	Batu Pecah	Kg	825	876	846	826	803	825	876	846	826	803	Rp 70	Rp 57.718	Rp 61.299	Rp 59.254	Rp 57.786	Rp 56.206	Rp 57.718	Rp 61.299	Rp 59.254	Rp 57.786	Rp 56.206	
5	Air	Kg	196	159	155	150	146	196	159	155	150	146	Rp 100	Rp 19.618	Rp 15.874	Rp 15.462	Rp 15.043	Rp 14.624	Rp 19.618	Rp 15.874	Rp 15.462	Rp 15.043	Rp 14.624	
6	Mikroba 400 mL 1 botol	L	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	Rp 67.500	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	Rp 27.000	
7	Superplazticiser	L	0,00	1,40	1,99	2,66	3,45	0,00	1,40	1,73	2,66	3,45	Rp 25.000	Rp -	Rp 34.880	Rp 49.828	Rp 66.438	Rp 86.369	Rp -	Rp 34.880	Rp 43.184	Rp 66.438	Rp 86.369	
<b>Harga Total</b>														Rp 780.189	Rp 770.964	Rp 760.334	Rp 727.481	Rp 692.923	Rp 807.189	Rp 797.964	Rp 780.690	Rp 754.481	Rp 719.923	
<b>Kuat Tekan (MPa) Umur 28 Hari</b>														45,29	46,83	52,35	42,27	44,66	35,02	52,03	54,01	47,97	45,1	
<b>Kuat Split (MPa) Umur 28 Hari</b>														1,73	3,36	5,66	3,12	2,98	2,9	3,61	5,55	3,44	3,01	



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Eng. Janvarti Jaya Ekaputri, ST., MT. & Ir. Aman Subaletiana M.S.
NAMA MAHASISWA	: Adlize Rifkanda M
NRP	: 03111570000144
JUDUL TUGAS AKHIR	: Pengaruh Fly Ash dan Mikroba pada Mix Design Beton Normal dalam Peningkatan Mutu Beton.
TANGGAL PROPOSAL	: 6 Januari 2019.
NO. SP-MMTA	: 15197/ITS.VI.4/PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	26-03-19	Perhitungan Mix design, Gordanis cegocqat, Cara menguji media SP dan Bakteri pada Saat Pengambilan.	- Analisa data kuat tekan beton	M
2.	12-04-19	Analisa data kuat tekan Beton.	- pengubahanan SP - kuat tekan f'c 28 hr - SAI - pengaruh bakteri - slump	M
3.	8-05-19	Pengubahanan SP fly Ash - kuat tekan f'c 28 hr - SAI - pengaruh bakteri - slump	- Harga Sabuan, forte - kuat tekan nol ke fly Ash, - kuat tekan U7c belah, dan - P SCC.	M
4	21-05-19	- Analisa data kuat tekan Beton. - Harga sabuan - Slump SCC. - konsistensi normal - suhu	- grafik w/c dan % fly Ash - grafik SP (%) & fly Ash (%) - grafik Slump (cm) & u - Slump SCC.	M A
5.	23-05-19		- Aliran w/c dan kuat tekan	
6.	27-05-19	- Grafik HPP & kuat tekan	- grafik w/c (%) & fly Ash (%) - grafik SP (%) & fly Ash (%) - Data clustering & grafik kombo (HPP & kuat tekan) - <del>grafik</del> belah tekan & fly Ash (%). - Abstrak - porositas beton.	M

## BIODATA PENULIS



### **Adlizie Rifkianda Muhammad**

Lahir di Manchester, pada tanggal 14 Desember 1996, merupakan anak pertama dari 2 saudara pasangan Damris dan Silnayetti. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDIT Al-Azhar Kota Jambi, SMPN 7 Kota Jambi, dan MAN Insan Cendekia Jambi. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) Surabaya melalui Program Sarjana dan terdaftar dengan NRP. 03111510000144. Selama menempuh studi, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS-ITS) di bidang minat dan bakat mahasiswa sebagai koordinator. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur dengan mengambil judul tugas akhir “ **Pengaruh Mikroba dan Fly ash pada Mix Design Beton Normal dalam Peningkatan Mutu Beton**”.

Narahubung

Email : [adlazier@gmail.com](mailto:adlazier@gmail.com)