

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Untuk beton pada umur 28 hari (sebelum dibakar) terlihat beton *fly ash* mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,34% dari beton normal, sedangkan pada umur 56 hari terlihat beton *fly ash* mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 12,46%.
2. Untuk beton normal umur 56 hari (pasca bakar) pada suhu 200°C, 400°C, dan 500°C mengalami penurunan kuat tekan secara berturut-turut sebesar 4,19%, 13,24%, 28,24%.
3. Untuk beton *fly ash* umur 56 hari (pasca bakar) pada suhu 200°C, 400°C, dan 500°C mengalami penurunan kuat tekan secara berturut-turut sebesar 19,81%, 31,27%, 31,42%.
4. Penggunaan *fly ash* dalam beton normal dapat meningkatkan kuat tekan namun dalam beton pasca bakar beton yang menggunakan *fly ash* sebagai substitusi semen sebanyak 20% mengalami presentasi penurunan kuat tekan yang lebih besar dari beton normal.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat, antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Beton dengan substitusi sebagian semen oleh *fly ash* tidak disarankan untuk penggunaannya dalam material konstruksi beton dikarenakan mengalami penurunan kuat tekan yang lebih besar pada suhu 200°C, 400°C, dan 500°C dibandingkan dengan beton normal
2. Dalam proses pencampuran beton diharapkan menggunakan mesin molen agar beton dapat tercampur dengan homogen.
3. Dalam proses pembakaran beton, api yang dihasilkan oleh *burner* diharapkan dapat merata sehingga pemanasannya juga dapat merata.
4. Lingkup dari penelitian yang dilakukan hanya mencakup sifat mekanik beton saja, masih perlu penelitian lebih lanjut mengenai sifat kimiawi dan lainnya.
5. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan suhu dan waktu yang lebih tinggi untuk pembakaran beton.
6. Bahan-bahan penyusun beton, terutama agregat yang akan digunakan dalam pembuatan beton harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu untuk memastikan apakah agregat tersebut memenuhi persyaratan.
7. Cetakan silinder beton sebaiknya diberi oli secukupnya. Jangan terlalu banyak karena dapat membuat beton berongga dan tidak rata serta menjadi licin pada saat dipegang. Selain itu juga dapat menyebabkan beton segar menjadi lama pengeringannya sebelum dilakukan pengujian. Jangan pula terlalu sedikit karena dapat menyebabkan beton menjadi sulit atau tidak dapat dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I.A., 2001, *Tinjauan Kelayakan Balok Beton Bertulang Pascabakar Secara Analisis dan Eksperimen*, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ahmad, I.A. dan Taufieq, N.A.S., 2006, *Tinjauan Kelayakan Forensic Engineering Dalam Menganalisis Kekuatan Sisa Bangunan Pasca Kebakaran*, Laporan Penelitian Dosen Muda. Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makasar, Makasar.
- Ahmad, I.A., Taufieq, N.A.S., dan Aras, A.H., 2009, *Analisis Pengaruh Terhadap Kuat Tekan Beton*, Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil (Universitas Negeri Makassar), Vol 16 No.2.
- Andoyo, 2013, *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Mortar*, Semarang : Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- Anggraini, R., *Porositas Beton Mutu Tinggi Pasca Bakar*, Jurnal Rekayasa Perencanaan (Universitas Brawijaya), Vol. 4 No. 3.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SK SNI M-09-1989-F)*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SK SNI M-10-1989-F)*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat (SK SNI M-11-1989-F)*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SK SNI M-08-1989-F)*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SK SNI M-02-1990-F)*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SK SNI M-16-1990-03)*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar dan Beton* (SK SNI M-60-1990-03), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Adukan Beton Normal* (SK SNI T-15-1990-03), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Belviso, C., et al., 2011, *The Red Mud Dust and Fly ash Case Studies*, Instituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale.
- Lianasari, A. E., *Perilaku dan Rehabilitasi Struktur Beton Pasca Kebakaran*, Sigma Edisi 22/Tahun XXII/Agustus 1999, ISSN 0216-3977.
- Mardiono, *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Teknik Sipil (Universitas Gunadarma Jakarta).
- Munaf dan siahaan, 2003. *Diagnosa dan Perbaikan Untuk Peningkatan Kinerja Struktur Beton*. Concrete Repair & Maintenance.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 2003, *Bahan dan Praktek Beton*, Jakarta: Cetakan Ketiga, Erlangga.
- Mulyono, T., 2006, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- PBI, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N-I-2*, Cetakan ke-7, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Ciptakarya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Rahmah, S.N., 2000, *Analisis Material Beton Pasca Bakar (Tinjauan Sifat Mekanik dan Kimiawi)*, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sagel, R., Kole, P. dan Kusuma. G., 1994, *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03*, Cetakan Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Suarnita, I. W., *Kuat Tekan Beton dengan Aditif Fly Ash Ex. PLTU MPANAU TAVALELI*, Jurnal SMARTex (Universitas Tadulako Palu), Vol. 9 N0. 1.
- Sumardi, P.C., 2000, *Aspek Kimia Beton Pasca Bakar*, Yogyakarta: Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton yang Rusak Akibat Kebakaran dan Gempa, 24-25 Maret.

Tilik, L. F., *Pengaruh Abu Terbang dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton*, Jurnal Teknik (Politeknik Negeri Sriwijaya), Vol. XXXII, No. 1, ISSN 0854-3143.

Tjokrodinuljo, K.I., 2007, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit, Yogyakarta.

Triwiyono, A., 24-25 Maret 2000, *Kerusakan Struktur Gedung Pasca Kebakaran*. Disampaikan dalam Kursus Singkat Evaluasi Dan Penanganan Struktur Beton Yang Rusak Akibat Kebakaran dan Gempa . Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Sirait, 2009, *Kajian Perilaku Beton Bertulang Pasca Bakar, Studi Penelitian*, diakses pada 14 Februari 2013,
<http://bppft.brawijaya.ac.id/?hlm=bpenelitian&view=full&thnid=2005&p=1153962006>

SNI 03-2460-1991, *Abu Terbang Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton Spesifikasi*.

Zacoeb, A. dan Anggraini, R., 2005, *Kuat Tekan Beton Pasca Bakar*, diakses pada 14 Februari 2013,
<http://bppft.brawijaya.ac.id/?hlm=bpenelitian&view=full&thnid=2005&pid=1153962006>.



LAMPIRAN



A. PENGUJIAN BAHAN

PEMERIKSAAN GRADASI BESAR BUTIRAN PASIR

Bahan : Pasir
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 23 Maret 2013

DAFTAR AYAKAN

No. Saringan	Berat Pan Kosong (gram)	Berat Setelah Ayak (gram)	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (gram)	Persentase Berat Tertahan (%)	Persentase Lolos (%)	Syarat ASTM
4	533	539	6	6	0,60	99,4	95-100
8	329	355	26	32	3,20	96,8	80-100
30	295	701	406	438	43,80	56,2	25-60
50	295	561	266	704	70,40	29,6	10-30
100	287	486	199	903	90,30	9,70	2-10
200	340	419	79	982	98,20	1,80	0-2
Pan	379	397	18	1000	100,00	0	-

Total 1000 306,50

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{306,5}{100} = 3,065$$

Kesimpulan: MHB pasir 1,5 3,065 3,1 Syarat terpenuhi (OK)

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. Haryanto Y.W., M.T.
(Kepala Lab. SBB UAJY)

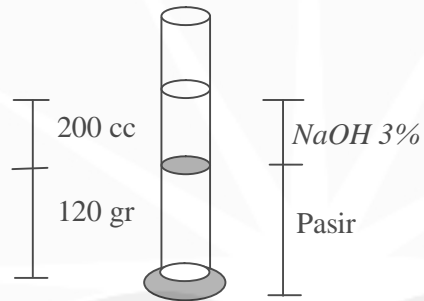


UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN KANDUNGAN ZAT ORGANIK DALAM PASIR

- I. Waktu Pemeriksaan: 25 Maret 2013
- II. Bahan
 - a. Pasir kering tungku, Asal: Kali Progo, Volume: 120 gram
 - b. Larutan NaOH 3%
- III. Alat
Gelas ukur, ukuran: 250cc
- IV. Sketsa



- V. Hasil
Setelah didiamkan selama 24 jam, warna larutan di atas pasir sesuai dengan warna *Gardner Standard Color* No. 8.

Yogyakarta, 5 April 2013
Mengetahui,

Ir. Haryanto Y.W., M.T.
(Kepala Lab. SBB UAJY)

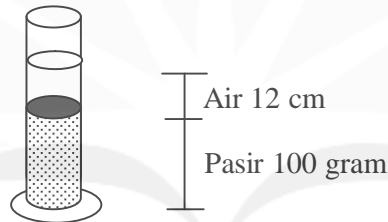


UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

- I. Waktu Pemeriksaan: 25 Maret 2013
- II. Bahan
- Pasir kering tungku, Asal : Kali Progo, Berat: 100 gram
 - Air jernih asal : LSBB Prodi TS FT-UAJY
- III. Alat
- Gelas ukur, ukuran: 250cc
 - Timbangan
 - Tungku (*oven*), suhu dibuat antara 105-110°C
 - Air tetap jernih setelah 5 kali pengocokan
 - Pasir+piring masuk tungku tanggal 25 Maret jam 09.48 WIB
- IV. Sketsa



- V. Hasil
- Setelah pasir keluar tungku tanggal 26 Maret jam 10.00 WIB
- Berat piring+pasir = 218,7 gram
 - Berat piring kosong = 120,6 gram
 - Berat pasir = 98,1 gram

$$\text{Kandungan Lumpur} = \frac{100 - 98,1}{100} \times 100\% \\ = 1,9 \%$$

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. Haryanto Y.W., M.T.
(Kepala Lab. SBB UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM *SPLIT*

- I. Waktu Pemeriksaan: 26 Maret 2013
- II. Bahan
- Split* kering tungku asal : Kali Progo, Berat: 100 gram
 - Air jernih asal : LSBB Prodi TS FT-UAJY
- III. Alat
- Pan
 - Timbangan
 - Tungku (*oven*), suhu dibuat antara 105-110°C
 - Air tetap jernih setelah 5 kali pencucian dalam air
 - Split*+pan masuk tungku tanggal 26 Maret jam 08.45 WIB
- IV. Hasil
- Setelah pasir keluar tungku tanggal 27 Maret jam 08.45 WIB
- Berat pan+*split* = 360 gram
 - Berat piring kosong = 263 gram
 - Berat *split* = 99,2 gram

$$\text{KandunganLumpur} = \frac{100 - 99,2}{100} \times 100\% \\ = 0,8\%$$

Kesimpulan: Kandungan lumpur 0,8 1, Syarat terpenuhi (OK)

Yogyakarta, 5 April 2013
Mengetahui,

Ir. Haryanto Y.W., M.T.
(Kepala Lab. SBB UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN PASIR

Bahan : Pasir
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 23 Maret 2013

	Nomor Pemeriksaan	I
A	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD) – (500)	500 gram
B	Berat Contoh Kering	497 gram
C	Berat Labu+Air, Temperatur 25°C	712 gram
D	Berat Labu+Contoh (SSD) + Air, Temperatur 25°C	1035 gram
E	Berat Jenis <i>Bulk</i> = $\frac{(A)}{(C + 500 - D)}$	2,8249
F	BJ Jenuh Kering Permukaan (SSD) = $\frac{(B)}{(C + 500 - D)}$	2,8079
G	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) = $\frac{(B)}{(C + B - D)}$	2,8563
H	Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\frac{(500 - B)}{(B)} \times 100\%$	0,6036%

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. JF.Soandrijanie Linggo, M.T.
(Kepala Lab. Transportasi UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN *SPLIT*

Bahan : Batu Pecah (*Split*)

Asal : Kali Progo

Diperiksa : 25 Maret 2013

	Nomor Pemeriksaan	I
A	Berat Contoh Kering	974 gram
B	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD)	986 gram
C	Berat Contoh Dalam Air	620 gram
D	Berat Jenis <i>Bulk</i> = $\frac{(A)}{(B) - (C)}$	2,6612
E	BJ Jenuh Kering Permukaan (SSD) = $\frac{(B)}{(B) - (C)}$	2,6940
F	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) = $\frac{(A)}{(A) - (C)}$	2,7514
G	Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\frac{(B) - (A)}{(A)} \times 100\%$	1,2320%

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. JF. Soandrijanie Linggo, M.T.
(Kepala Lab. Transportasi UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086

Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FLY ASH*

Bahan : *Fly Ash*
Asal : PT. Holcim.tbk Cilacap
Diperiksa : 25 Maret 2013

A	No. <i>Picnometer</i>	16 (gram)	16 (gram)
B	Berat <i>Picnometer</i>	31,876	31,716
C	Berat <i>Picnometer</i> + air penuh	82,033	82,010
D	Berat air (C – B)	50,157	50,294
E	Berat <i>Picnometer</i> + <i>fly ash</i>	32,912	32,697
F	Berat <i>Fly Ash</i> (E – B)	1,036	0,981
G	Berat <i>Picnometer</i> + <i>fly ash</i> + air	82,622	82,585
H	Isi air (G – E)	49,710	49,888
I	Isi Contoh (D – H)	0,447	0,406
J	Berat Jenis = F/I	2,3177	2,4126
	Berat Jenis Rata-rata	2,3010	

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. JF.Soandrijanie Linggo, M.T.
(Kepala Lab. Transportasi UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN LOS ANGELES ABRASION TEST

Bahan : Agregat kasar
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 25 Maret 2013

Gradasi Saringan		Nomor Contoh
		I
<i>Lolos</i>	<i>Tertahan</i>	<i>Berat Masing-Masing Agregat</i>
$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	2500 gram
$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	2500 gram

Nomor Contoh	I
Berat sebelumnya (A)	5000 gram
Berat sesudah diayak saringan No. 12 (B)	3971 gram
Berat sesudah (A)-(B)	1029 gram
Keausan = $\frac{(A)-(B)}{(A)} \times 100\%$	20,58%
Keausan Rata-rata	20,58%

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. JF.Soandrijanie Linggo, M.T.
(Kepala Lab. Transportasi UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN KADAR AIR PADA PASIR

Bahan : Pasir
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 25 Maret 2013

No.	Pemeriksaan	H1	H2	H3
1.	Cawan gram	8,461	9,932	9,245
2.	Cawan+berat pasir basah gram	58,224	60,155	52,365
3.	Cawan+berat pasir kering gram	58,109	60,053	52,269
4.	Berat air = (2) - (3) gram	0,115	0,102	0,096
5.	Berat contoh kering = (3) - (1) gram	49,648	50,121	43,024
6.	Kadar air (w) = $\frac{(4)}{(5)} \times 100\%$	0,232	0,204	0,223
Kadar Air Rerata		0,219%		

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. JF.Soandrijanie Linggo, M.T.
(Kepala Lab. Transportasi UAJY)



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Laboratorium Bahan dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp. +62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

PEMERIKSAAN KADAR AIR PADA *SPLIT*

Bahan : Split
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 25 Maret 2013

No.	Pemeriksaan	K1	K2	K3
1.	Cawan gram	9,684	8,484	10,410
2.	Cawan+berat <i>split</i> basah gram	76,406	77,853	75,044
3.	Cawan+berat <i>split</i> kering gram	76,072	77,379	74,055
4.	Berat air = (2) - (3) gram	0,334	0,474	0,989
5.	Berat contoh kering = (3) - (1) gram	66,388	68,895	63,645
6.	Kadar air (w) = $\frac{(4)}{(5)} \times 100\%$	0,5031%	0,6880%	1,5539%
Kadar Air Rerata		0,9150%		

Yogyakarta, 5 April 2013

Mengetahui,

Ir. JF.Soandrijanie Linggo, M.T.
(Kepala Lab. Transportasi UAJY)

B. RENCANA CAMPURAN ADUKAN BETON SNI

1. $f'c = 25 \text{ MPa}$

2. Kuat desak rencana:

$$f'_{cr} = 25 + 7 = 32 \text{ MPa}$$

3. Tipe semen: semen tipe I

4. Agregat halus: pasir alam

Agregat kasar: batu pecah

5. fas (grafik): 0,49

6. fas max: 0,6

untuk beton dalam ruangan bangunan sekeliling non korosif, beton di luar ruangan bangunan terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.

Diambil fas = 0,49

7. slump:

minimum: 7,5 cm

maksimum: 15 cm

untuk pelat, balok, kolom dan dinding.

8. Besar butir maksimum agregat yang diambil: 40 mm

9. Jumlah air yang digunakan untuk per- m^3 beton:

$$\begin{aligned} \text{Air} &= (0,67 \times A_h) + (0,33 \times A_k) \\ &= (0,67 \times 175) + (0,33 \times 205) \\ &= 184,9 \text{ L/m}^3 \end{aligned}$$

10. Berat semen yang dibutuhkan:

$$= A/fas = 184,9/0,49 = 377,35 \text{ kg/m}^3$$

11. Perbandingan agregat halus dan kasar:

Jenis gradasi pasir = golongan 2

Proporsi pasir = 36%

12. Berat jenis agregat campuran:

$$= (P/100) \times \text{BJ agregat halus} + (K/100) \times \text{BJ agregat kasar}$$

$$= (36/100) \times 2,8079 + (64/100) \times 2,6940$$

$$= 2,7350 \text{ kg/m}^3$$

13. Berat jenis beton: 2375 kg/m^3

14. Keperluan agregat campuran:

Per- m^3 beton

$$= \text{berat beton tiap } \text{m}^3 - \text{keperluan air dan semen}$$

$$= 2375 - (184,9 + 377,35)$$

$$= 1812,75 \text{ kg/m}^3$$

15. Berat agregat halus:

Per- m^3 beton

$$= 36\% \times 1812,75$$

$$= 652,59 \text{ kg/m}^3$$

16. Berat agregat kasar:

Per- m^3 beton

$$= 1812,75 - 652,59$$

$$= 1160,16 \text{ kg/m}^3$$

17. Kebutuhan *fly ash* 20%

$$= 377,35 \times 20\% = 75,47 \text{ kg / m}^3$$

