

**SKRIPSI**

**PENGARUH KADAR ABU TERBANG KELAS-C  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**



**Disusun Oleh :**

**ALWI MAKMUR**

**45 13 041 166**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA  
MAKASSAR  
2017**



# UNIVERSITAS BOSOWA

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Telp (0411) 452 901-452 789

Fax. (0411) 424 568 Website: [www.universitasbosowa.ac.id](http://www.universitasbosowa.ac.id)

Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

## LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

Tugas Akhir :

**"PENGARUH KADAR ABU TERBANG KELAS-C  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON"**

Disusun dan diajukan oleh :

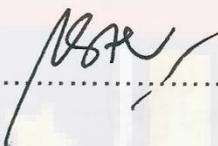
Nama Mahasiswa : ALWI MAKMUR

No. Stambuk : 45 13 041 166

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

**Telah Disetujui Komisi Pembimbing**

Pembimbing I : Ir. Syahrul Sariman, MT. (.....)

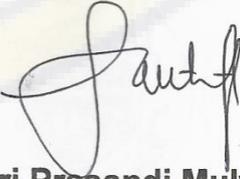
Pembimbing II : Arman Setiawan, ST. MT. (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Bosowa Makassar

Ketua Jurusan Teknik  
Universitas Bosowa Makassar

  
(Dr. Hamsina, ST, Msi)  
NIDN : 09 2406 7601

  
(Savitri Prasandi Mulyani, ST. MT)  
NIDN : 09 0508 7304



# UNIVERSITAS BOSOWA

Jl. Urip Sumoharjo KM.4 Telp. 452901 – 452789  
Fax. (0411) 424568 Website : www.universitas bosowa.ac.id  
Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

## LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.334/SK/FT/UNIBOS/IX/2017 Tanggal 11 September 2017 perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka:

Pada Hari/Tanggal : Kamis / 14 September 2017  
Nama : Alwi Makmur  
No. Stambuk : 45 13 041 166  
Judul : Pengaruh Kadar Abu Terbang Kelas-C Terhadap Kuat Tekan Beton

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

### Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua (Ex Office 1) : Ir. H. Syahrul Sariman, MT. (.....)  
Sekertaris (Ex Office 2) : Arman Setiawan, ST. MT. (.....)  
Anggota : Dr. Ir. Muh. Natsir Abduh, M.Si. (.....)  
Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

  
(Dr. Hamina, ST, M.Si.)  
NIDN : 09-240676-01

Ketua Jurusan Sipil

  
(Savitri Prasandi Mulyani, ST, MT.)  
NIDN : 09-050873-04



# UNIVERSITAS BOSOWA

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Telp (0411) 452 901-452 789

Fax. (0411) 424 568 Website: [www.universitaspbosowa.ac.id](http://www.universitaspbosowa.ac.id)

Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Alwi Makmur**  
Nomor Stambuk : **4513041166**  
Program Studi : **Teknik Sipil**  
Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Kadar Abu Terbang Kelas-C Terhadap Kuat Tekan Beton**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkanya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 01 Juni 2017

Yang Menyatakan



**Alwi Makmur**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas segala berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh Kadar Abu Terbang Kelas-C Terhadap Kuat Tekan Beton”**.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa Makassar.

Penulis menyadari selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, penyusun telah banyak mendapat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. HM. Saleh Pallu, M. Eng., selaku Rektor Universitas Bosowa Makassar.
2. Bapak DR. Hamsina, ST.,Msi., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
3. Ibu Savitri Prasandi Mulyani, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.
4. Bapak Ir. Syahrul Sariman, MT., selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Arman Setiawan, ST. MT., selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Bapak Drs. Markus Rappun, MT., selaku dosen pembimbing di Universitas Negeri Makassar yang telah banyak memberikan bantuan dan masukan dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium.
7. Seluruh Dosen dan Asisten serta staf pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar atas ilmu serta pengetahuan selama menempuh pendidikan dari awal sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan baik moral maupun materil dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan Mahasiswa Universitas Bosowa Makassar yang turut membantu dan telah memberikan semangat serta inspirasi selama dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan waktu serta kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun sebagai masukan demi penyempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Makassar, Juli 2017

Penulis

## ABSTRAK

**ALWI MAKMUR, 2017.** Pengaruh Kadar Abu Terbang Kelas-C Terhadap Kuat Tekan Beton”. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Pembimbing. Ir. Syahrul Sariman, MT. dan Arman Setiawan, ST, MT.

Beton terbentuk dari dua bagian utama yaitu pasta semen dan agregat. Pasta semen terdiri dari semen Portland, air dan bahan tambah jika diperlukan. Sedangkan agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Pemilihan bahan-bahan dalam pembuatan beton sangat penting untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan sesuai dengan kegunaan beton itu sendiri dan tentunya dengan biaya seekonomis mungkin. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambah yang ada diantaranya adalah abu terbang

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang terhadap kuat tekan beton. Komposisi variasi penambahan abu terbang sebanyak 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat semen. Mutu beton yang direncanakan 20 MPa yang diuji pada umur 28 hari, dengan benda uji selinder sebanyak 20 sampel dan terdiri dari 5 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 4 sampel. Dari penelitian ini diperoleh bahwa akibat penggantian sebagian semen dengan abu terbang kuat tekan beton mengalami peningkatan. Nilai kuat tekan beton rata-rata yang tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian abu terbang 10% yaitu sebesar 23.44 MPa dan kuat tekan beton rata-rata yang terendah terdapat pada campuran beton penggantian abu terbang 40% yaitu sebesar 14,81 MPa.

Kata Kunci : abu terbang kelas c, kuat tekan beton

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>PERYATAAN KEASLIAN PENELITIAN</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	I-4
1.2.1. Maksud Penelitian	I-4
1.2.2. Tujuan Penelitian	I-4
1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I-4
1.3.1. Ruang Lingkup	I-4
1.3.2. Batasan Masalah	I-5
1.4. Gambaran Umum Penelitian	I-5
1.5. Sistematika Penulisan	I-6

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1.	Pengertian Beton .....	II-1
2.1.1.	Sifat-Sifat Beton .....	II-2
2.1.2.	Keunggulan Beton .....	II-3
2.1.3.	Kerugian Beton .....	II-4
2.2.	Material Penyusun Beton .....	II-4
2.2.1.	Semen .....	II-5
2.2.2.	Agregat .....	II-7
2.2.3.	Air .....	II-21
2.3.	Prosedur Pemeriksaan Pengujian Bahan .....	II-22
2.3.1.	Agregat Halus (Pasir) .....	II-22
2.3.2.	Agregat Kasar (Batu Pecah) .....	II-28
2.4.	Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	II-34
2.4.1.	Sifat-Sifat Fisik Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	II-36
2.4.2.	Sifat-Sifat Kimia Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	II-37
2.4.3.	Klasifikasi Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	II-38
2.5	Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan .....	II-39
2.6.	Mix Design .....	II-41
2.7.	Kuat Tekan Beton .....	II-53

## **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1.	Skema Penelitian .....	III-1
3.2.	Persiapan Bahan dan Alat Penelitian .....	III-2

3.2.1.	Bahan Sampel Penelitian .....	III-2
3.2.2.	Alat Pemeriksaan dan Pengujian dalam Penelitian .....	III-4
3.3.	Prosedur Penelitian .....	III-6

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1.	Hasil Penelitian .....	IV-1
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus .....	IV-1
4.1.2.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar .....	IV-2
4.1.3.	Rencana Campuran Adukan Beton .....	IV-2
4.2.	Pembahasan .....	IV-4
4.2.1.	Pengaruh Kadar <i>Fly Ash</i> Terhadap Berat Beton .....	IV-4
4.2.2.	Pengaruh Kadar <i>Fly Ash</i> Terhadap Nilai <i>Slump</i> .....	IV-5
4.2.3.	Pengaruh Kadar <i>Fly Ash</i> Terhadap Kuat Tekan Beton ..	IV-7

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1.	Kesimpulan .....	V-1
5.2.	Saran .....	V-2

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Gradasi Agregat Halus .....	II - 14
Tabel 2.2. Gradasi Agregat Kasar .....	II - 19
Tabel 2.3. Komposisi Kimia Abu Terbang Batubara .....	II - 37
Tabel 2.4. Faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji jika Jumlah pengujian kurang dari 30 .....	II - 43
Tabel 2.5. Kekuatan tekan rata-rata perlu bila data tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji .....	II - 43
Tabel 2.6. Kekuatan tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji .....	II - 44
Tabel 2.7. Perkiraan kekuatan tekan beton (MPa) dengan Faktor Air Semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia .....	II - 45
Tabel 2.8. Persyaratan faktor air-semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus .....	II - 48
Tabel 2.9. Perkiraan kadar air bebas (kg/m <sup>3</sup> ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan beton .....	II - 49
Tabel 2.10. Batasan susunan butiran agregat halus .....	II - 51
Tabel 3.1. Komposisi <i>Fly Ash</i> Hasil Analisa SEM-EDS .....	III - 4
Tabel 3.2. Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus .....	III - 6
Tabel 3.3. Spesifikasi Karakteristik Agregat Kasar .....	III - 7

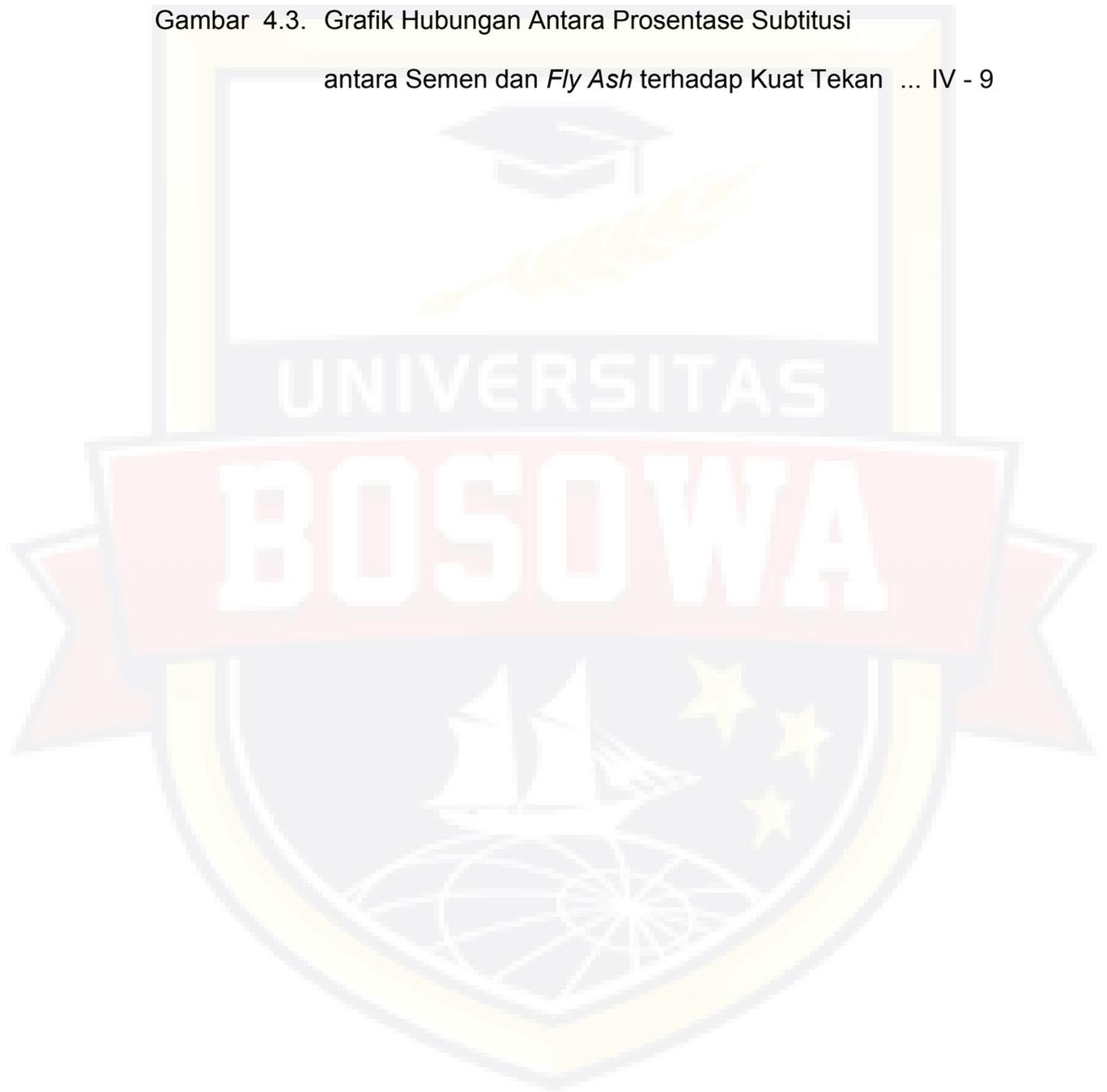
Tabel 3.4.	Notasi dan Jumlah Sampel .....	III - 8
Tabel 4.1.	Data Hasil pengujian Karakteristik Agregat Halus ...	IV - 1
Tabel 4.2.	Data Hasil pengujian Karakteristik Agregat Kasar ...	IV - 2
Tabel 4.3.	Proporsi Kebutuhan Bahan Campuran Beton Per kg/m <sup>3</sup> Untuk Tiap Kadar Substitusi antara Semen dan Fly Ash .....	IV - 3
Tabel 4.4.	Proporsi Kebutuhan Bahan Campuran Beton Variasi Untuk 20 Silinder Tiap Kadar Substitusi antara Semen dan Fly Ash .....	IV - 3
Tabel 4.5.	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata .....	IV - 4
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian <i>Slump</i> Rata-Rata .....	IV - 6
Tabel 4.7.	Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	IV - 8

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kondisi Agregat Terhadap Air .....	II - 10
Gambar 2.2. Gradasi Agregat Halus Zona I .....	II - 15
Gambar 2.3. Gradasi Agregat Halus Zona II .....	II - 15
Gambar 2.4. Gradasi Agregat Halus Zona III .....	II - 16
Gambar 2.5. Gradasi Agregat Halus Zona IV .....	II - 16
Gambar 2.6. Batas Gradasi Agregat Kasar 10 mm .....	II - 19
Gambar 2.7. Batas Gradasi Agregat Kasar 20 mm .....	II - 20
Gambar 2.8. Batas Gradasi Agregat Kasar 40 mm .....	II - 20
Gambar 2.9. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300 mm) .....	II – 46
Gambar 2.10. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm) .....	II – 47
Gambar 2.11. Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan .....	II - 52
Gambar 2.12. Sampel Uji Kuat Tekan .....	II - 55
Gambar 3.1. Skema Penelitian .....	III - 1
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Antara Prosentase Substitusi antara Semen dan <i>Fly Ash</i> terhadap Berat Beton .	IV – 5

Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Prosentase Substitusi  
antara Semen dan *Fly Ash* terhadap Nilai *Slump* .... IV - 6

Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Prosentase Substitusi  
antara Semen dan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan ... IV - 9



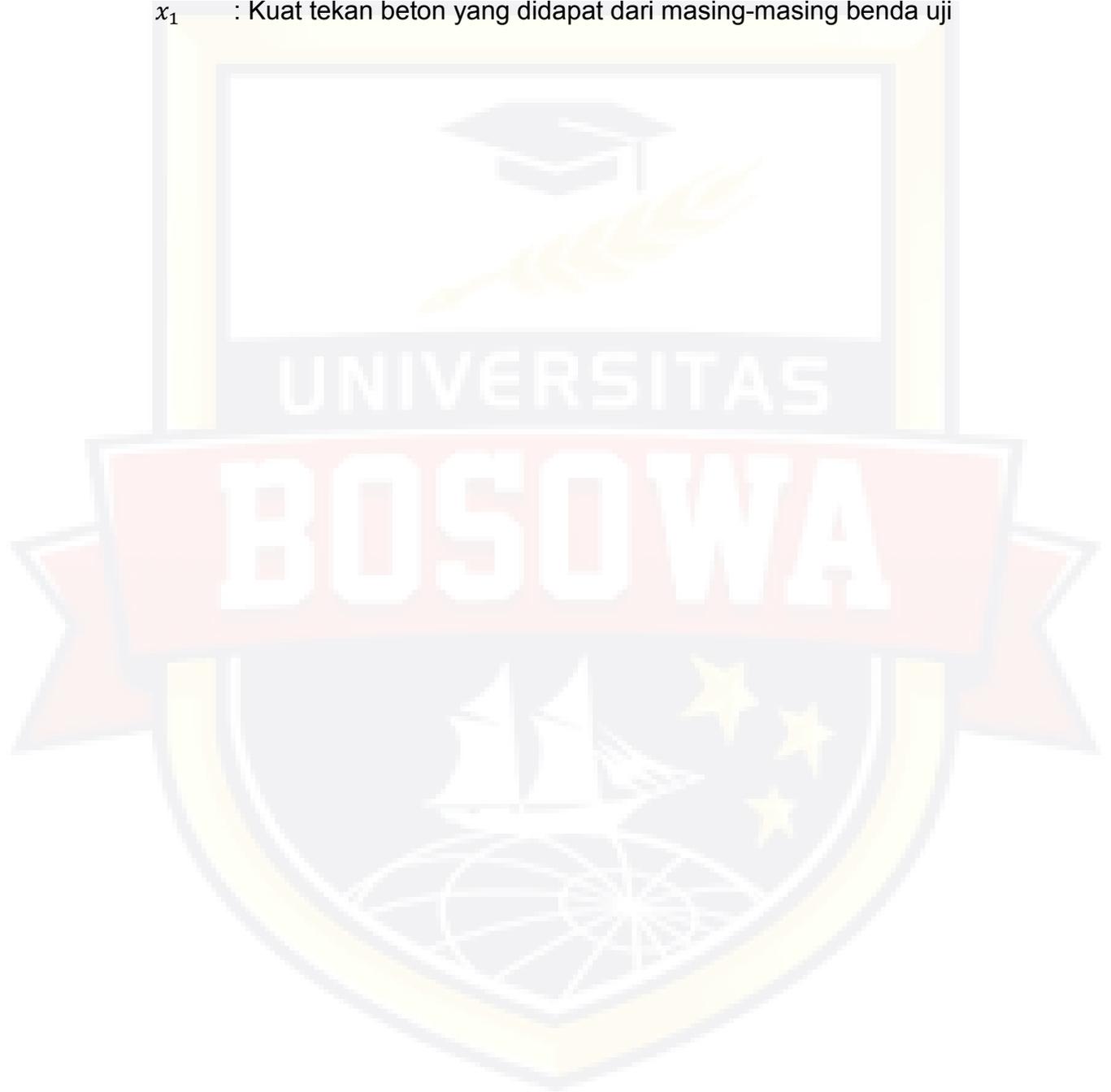
## DAFTAR NOTASI

A	: luas bidang tekan ( $\text{cm}^2$ , $\text{mm}^2$ )
AH	: Agregat halus
AK	: Agregat kasar
B	: Berat saringan kondisi kosong ( gram )
Ba	: Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air
Bj	: Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh
Bk	: Berat benda uji kering
C	: berat saringan + benda uji ( gram )
D	: benda uji yang tertahan pada saringan ( gram )
d	: Diameter silinder (cm, mm)
Fc'	: Tegangan tekan beton ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ , Mpa)
f'cr	: kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ , Mpa)
P	: Beban tekan maksimum (kg, N)
S <sub>s</sub>	: Standar deviasi
t	: Tinggi silinder
r	: rusuk kubus (mm)
n	: Jumlah benda uji
W1	: Berat talang
W2	: Berat talang + berat benda uji
W3	: Berat benda uji
W4	: Berat talang + agregat kering oven
W5	: Berat benda uji kering
Wh	: Kadar air agregat halus

$W_k$  : Kadar air agregat kasar

$\bar{x}$  : Kuat tekan beton rata-rata

$x_1$  : Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji



## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran I Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

1 Pemeriksaan Kadar Air .....	L1 - 1
2 Pemeriksaan Kadar Lumpur .....	L1 - 2
3 Pemeriksaan Berat Volume .....	L1 - 3
4 Pemeriksaan Berat Jenis .....	L1 - 4
5 Pemeriksaan Analisa Saringan .....	L1 - 5
6 Pemeriksaan Kadar Organik .....	L1 - 6

### Lampiran II Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Kerikil)

1 Pemeriksaan Kadar Air .....	L2 - 1
2 Pemeriksaan Kadar Lumpur .....	L2 - 2
3 Pemeriksaan Berat Volume .....	L2 - 3
4 Pemeriksaan Berat Jenis .....	L2 - 4
5 Pemeriksaan Analisa Saringan .....	L2 - 5
6 Pemeriksaan Keausan .....	L2 - 6

### Lampiran III Mix Design .....

**L3 - 1 s/d L3 - 19**

### Lampiran IV Hasil pengujian Kuat Tekan Beton

1 Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 0% .....	L4 - 1
2 Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 10% ....	L4 - 2
3 Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 20% ....	L4 - 3
4 Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 30% ....	L4 - 4
5 Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 40% ....	L4 - 5

### Lampiran V Dokumentasi Penelitian .....

**L5 - 1 s/d L5 - 4**



# BAB I

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pembangunan di bidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang diarahkan pada peningkatan taraf hidup masyarakat dan kesejahteraan secara umum. Dalam pelaksanaannya, perkembangan ilmu pengetahuan dan rekayasa teknologi memacu adanya pengembangan ide dan kreatifitas setiap orang sebagai modal agar pembangunan dapat dilaksanakan secara lebih baik. Seiring dengan hal tersebut, peningkatan mutu, efisiensi dan produktivitas dari setiap kegiatan pembangunan terutama yang terkait dengan sektor fisik mutlak harus dilakukan, seperti halnya sektor konstruksi bangunan yang saat ini terus mengalami peningkatan.

Dalam dunia konstruksi bangunan, dilakukan penelitian untuk mendapatkan produk-produk konstruksi yang lebih baik. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dan material penting dalam konstruksi bangunan. Pada dasarnya beton terbentuk dari dua bagian utama yaitu pasta semen dan agregat. Pasta semen terdiri dari semen Portland, air dan bahan campur tambahan (*admixture*). Sedangkan agregat terdiri dari agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir). Beton merupakan material konstruksi banyak digunakan karena keunggulan-keunggulannya antara lain kuat tekan beton mutu tinggi,

bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan dan merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan konstruksi lainnya. Beton merupakan material yang kuat dalam kondisi tekan dan lemah dalam kondisi tarik.

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan.

Pemilihan bahan-bahan dalam pembuatan beton sangat penting untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan sesuai dengan kegunaan beton itu sendiri dan tentunya dengan biaya seekonomis mungkin. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambah yang ada diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly ash*) adalah sisa hasil proses pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakaran, sedangkan sisa pembakaran batubara yang berada pada dasar tungku disebut *bottom ash*.

Pada penelitian ini pemanfaatan abu terbang tidak hanya untuk kepentingan bahan bangunan, tetapi juga merupakan suatu usaha untuk

membantu menanggulangi masalah lingkungan, mengingat limbah tersebut meningkat setiap tahunnya, maka perlu penanggulangannya. Limbah abu terbang (*fly ash*) dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan terutama polusi udara terhadap kehidupannya sekitarnya. Oleh sebab itu diupayakan agar abu terbang (*fly ash*) dapat menjadi bahan yang berguna. Salah satu alternatif untuk memanfaatkan abu terbang (*fly ash*) antara lain dengan mengubah abu terbang (*fly ash*) tersebut menjadi campuran beton. Sehingga perlu dilakukan pengujian kuat tekan beton, yang dibuat dengan komposisi abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambahan. Dengan dilakukan variasi dari komposisi tersebut, maka dapat diketahui apakah dengan melakukan variabel komposisi bahan tambahan abu terbang (*fly ash*) akan mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton yang dibuat. Dari latar belakang tersebut dapat dikemukakan rumusan permasalahan yaitu, apakah penambahan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan berapa nilai kuat tekan pada beton tertinggi yang menggunakan penambahan abu terbang sebagai bahan tambah.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan campuran beton perlu dilakukan penelitian mengenai “Pengaruh Kadar Abu Terbang Kelas-C Terhadap Kuat Tekan Beton”.

## **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.2.1. Maksud penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan tertinggi pada beton yang menggunakan penambahan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambah.

### **1.2.2. Tujuan penelitian**

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan beton.

## **1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah**

Ruang lingkup dan batasan masalah diterapkan untuk menghindari perkembangan permasalahan yang terlalu luas. Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini.

### **1.3.1. Ruang Lingkup**

1. Melakukan pemeriksaan karakteristik agregat halus dan kasar.
2. Melakukan pemeriksaan karakteristik abu terbang yakni silica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ).
3. Membuat *mix design* beton dengan kuat tekan rencana 20 MPa.
4. Pembuatan benda uji beton normal dan pengujian *slump test*.
5. Pembuatan beton uji, substitusi antara semen dan *fly ash* dengan variasi 10%, 20%, 30% dan 40% dan melakukan pengujian *slump test*.
6. Melakukan uji kuat tekan beton normal dan beton dengan penambahan *fly ash* sebagai pengganti semen.

### 1.3.2. Batasan Masalah

1. Subjek dalam penelitian ini adalah bahan tambah yang digunakan adalah abu terbang (*fly ash*) kelas-C dari sisa pembakaran batu bara.
2. Objek dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton dengan bahan campuran abu terbang (*fly ash*), semen portland tipe I, air, agregat kasar dan agregat halus.
3. Tidak melakukan pengujian kadar karbon karakteristik abu terbang.
4. Desain campuran beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03 - 2834 - 2000).

### 1.4. Gambaran Umum Penulisan

Penulisan tugas akhir ini merupakan hasil penelitian eksperimental dengan melakukan langkah-langkah pengujian di laboratorium. Pengujian dilakukan mulai dari persiapan bahan, pengujian karakteristik agregat, pembuatan *mix design*, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian kuat tekan serta menganalisis hasil pengujian. Benda uji terdiri dari beton normal dan beton dengan menggunakan *fly ash* sebagai substitusi semen dengan variasi 10%, 20%, 30% dan 40%. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mikrostruktur Fisika dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Makassar selama 4 (empat) bulan yaitu dari bulan Oktober 2016 sampai dengan Januari 2017.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab utama pokok pembahasan dan beberapa sub bab serta diakhiri dengan daftar pustaka serta lampiran-lampiran penelitian, yang sifatnya mendukung judul dari tugas akhir ini. Secara sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini memberikan gambaran umum isi dari penulisan ini, mulai dari latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **Bab II. Tinjauan Pustaka**

Bab ini menguraikan tentang tinjauan secara umum dan penjelasan tentang semua hal yang berkaitan dengan penelitian ini mulai dari pengertian beton, agregat penyusun beton serta karakteristiknya.

### **Bab III. Metode Penelitian**

Bab ini memuat mengenai metode penelitian mulai dari skema penelitian, tahap-tahap yang dilakukan selama penelitian meliputi alat dan bahan yang digunakan, lokasi penelitian, pembuatan benda uji, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan beton.

### **Bab IV. Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisi tentang hasil penelitian, pengolahan data hasil penelitian disertai dengan grafik dan gambar untuk memperjelas kesimpulan. Pada bab ini juga berisi tentang pembahasan hasil penelitian.

## Bab V. Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan bab terakhir atau penutup dari skripsi yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan juga saran-saran yang diberikan penulis agar didapat penelitian yang lebih baik di masa yang akan datang.





UNIVERSITAS

BAB II



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Beton**

Beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung, perkerasan jalan, jembatan, bendung, irigasi, terowongan maupun konstruksi yang lain (Asroni, 2010:2). Beton adalah material yang dibuat dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), air dan semen Portland atau bahan pengikat hidrolis yang lain yang sejenis, dengan menggunakan atau tidak menggunakan bahan tambah lain (SK SNI T-15-1990-03). Campuran yang masih plastis ini dicor ke dalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen-air yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik rendah. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi.

Menurut Dipohusodo (1994:1) beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar

campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susut, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari.

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton (Mulyono, 2003) dalam Saputro (2008). Kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan (Murdock dan Brook, 1991) dalam Saputro (2008).

### **2.1.1. Sifat-Sifat Beton**

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Adapun sifat-sifat beton (Syaka, 2013), yaitu :

1. Beton yang masih basah :
  - a. Mudah dibentuk sesuai cetakan/bekisting.
  - b. Menimbulkan panas akibat reaksi kimia antara semen dan air (disebut panas hydrasi).

- c. Kecepatan pengerasan tergantung pada tipe semen yang dipakai, kekentalan, cuaca dan bahan tambahan yang dipakai.
  - d. Air semen yang menguap saat proses pengeringan akan menimbulkan pori-pori.
  - e. Mudah terjadi pemisahan agregat kasar dan halus apabila dijatuhkan dari ketinggian yang melebihi persyaratan.
2. Beton yang sudah kering :
- a. Berpori.
  - b. Tidak kedap air.
  - c. Tahan terhadap gaya tekan, tetapi tidak tahan tarikan.
  - d. Keras dan kuat sesuai dengan desain yang direncanakan.
  - e. Susah diperbaiki bila terjadi kesalahan bentuk maupun pengerjaan/keropos.
  - f. Keseragaman permukaan tergantung komposisi material yang dipakai, sumber material, cara pengerjaan dan permukaan papan bekistingnya.

### **2.1.2. Keunggulan Beton**

- a. Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian, biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri, bahkan bisa setempat.

- b. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut terpisah.
- c. Kekuatanya tinggi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktur seperti beton mutu K-225, K-250 dan seterusnya.
- d. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan Bandar udara dan lain-lain.

### **2.1.3. Kerugian Beton**

- a. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
- b. Mutu beton tergantung dari cara pelaksanaannya.
- c. Waktu pengerjaan beton bertulang lebih lama.
- d. Kualitas beton bertulang variatif bergantung pada kualifikasi para pembuatnya.

## **2.2. Material Penyusun Beton**

Material ini terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah (*admixture*). Campuran antara semen dan air akan membentuk pasta semen, yang berfungsi sebagai bahan ikat, sedangkan pasir dan batu pecah merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen. Ikatan antara pasta semen dengan agregat ini menjadi satu kesatuan yang kompak dan akhirnya dengan berjalannya waktu akan menjadi keras dan padat yang disebut beton.

### 2.2.1. Semen

Semen yang lazim disebut adalah semen hidraulik, yang didefinisikan sebagai semen yang mengeras bila bereaksi dengan air dan membentuk produk yang kedap air (Susilorini dan Sambowo, 2011:8). Semen Portland yang banyak dijumpai di pasaran termasuk jenis semen hidraulik. Menurut ASTM C-150 (1985) dalam buku Saputro (2008) semen Portland didefinisikan sebagai bahan hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi umum semen untuk mengikat pasir dan batu pecah agar terbentuk beton dan mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat. Menurut Nawy, (1998) pada bahan pembentuk semen terdiri dari 4 unsur penting, yaitu :

1.  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (*tricalcium silikat*) disingkat C3S (30% - 50%)
2.  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (*dicalcium silikat*) disingkat C2S (20% - 45%)
3.  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  (*tricalcium aluminate*) disingkat C3A (8% - 12%)
4.  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  (*tetracalcium alummoferrit*) disingkat C4AF (6-10%).

Untuk tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia menurut ASTM C150 dalam buku Hernando (2009) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I (*normal portland cement*) adalah semua semen portland untuk tujuan umum, biasa tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Misalnya, gedung, trotoar, jembatan dan lain-lain.

2. Jenis II (*high – early – strength portland cement*) adalah semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, digunakan untuk konstruksi pembetonan massa seperti tembok di laut dermaga, dinding tahan tanah atau dam, yang panas hidrasinya tertahan dalam bangunan untuk jangka waktu yang lama. Bila semen yang digunakan adalah semen standar, maka saat proses pendinginan akan timbul tegangan-tegangan akibat perubahan suhu yang dapat mengakibatkan retak-retak pada bangunan.
3. Jenis III (*modified portland cement*) adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
4. Jenis IV (*low heat portland cement*) adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Digunakan untuk bangunan beton, misalnya pada bangunan yang besar seperti bendungan.
5. Jenis V (*sulfate resisting portland cement*) adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi. Bangunan beton yang didirikan di daerah pasang surut dan besar kemungkinannya terserang serangan sulfat dianjurkan memakai semen tipe V.

### 2.2.2. Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya kekuatan beton. Pada beton biasanya terdapat 60% sampai 80% dari seluruh volume massa padat beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda utuh, homogeny, rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1988:14).

Untuk mencapai kuat tekan beton baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik. Di samping bahan agregat harus mempunyai cukup kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali dan tidak mengandung bagian-bagian kecil atau lumpur. Nilai kuat beton yang dicapai sangat ditentukan oleh mutu bahan agregat ini (Dipohusodo, 1994:5).

Adapun kegunaan agregat sebagai berikut :

- a. Menghemat penggunaan semen portland
- b. Memberikan kekuatan pada beton
- c. Memperkecil penyusutan
- d. Memberi sifat tertentu pada beton

Pesyaratan sifat-sifat fisis dan pengujian agregat yang mempengaruhi mutu beton terdiri dari :

*a. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat*

Berat jenis adalah perbandingan berat suatu benda dengan berat air murni pada volume yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis agregat tergantung oleh jenis batuan, susunan mineral agregat, struktur butiran dan porositas batuan. Absorpsi (Penyerapan Air), yaitu kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering. Syarat berat jenis agregat adalah 1.6 kg/ltr - 3.2 kg/ltr dan syarat absorpsi (penyerapan air) untuk pasir adalah 0.2% - 2.0% sedangkan untuk batu pecah 0.2% - 4.0%.

Berat jenis agregat ada 3, yaitu :

- Berat jenis *Saturated surface Dry* (SSD), yaitu berat jenis agregat dalam kondisi jenuh kering permukaan.
- Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*), yaitu berat jenis agregat yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat dalam keadaan kering.
- Berat Jenis *Bulk Specific Gravity*, yaitu berat jenis agregat yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.

*b. Berat Volume*

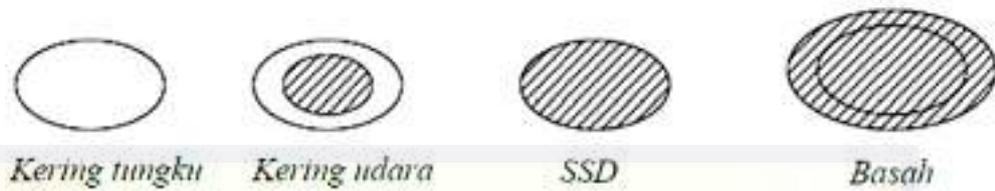
Berat volume adalah perbandingan antara berat suatu benda dengan volume benda tersebut. Bobot volume ada dua yaitu berat volume

kondisi padat dan gembur. Berat volume agregat pada beton berguna untuk klasifikasi perhitungan perencanaan campuran beton. Syarat berat volume yaitu 1,4 – 1,9 kg/liter.

c. *Kadar Air*

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terkandung dalam agregat. Kadar air pada agregat digunakan untuk menentukan jumlah air dalam proses perancangan campuran beton. Spesifikasi kadar air agregat halus yaitu 3% - 5% sedangkan spesifikasi kadar air agregat kasar yaitu 0,5% - 2,0%. Ada 4 jenis kadar air dalam agregat, yaitu :

- Kadar air kering tungku, yaitu agregat yang benar-benar kering tanpa air.
- Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi mengandung sedikit air dalam porinya sehingga masih dapat menyerap air.
- Jenuh Kering Permukaan (*saturated surface Dry= SSD*), dimana agregat yang pada permukaannya tidak terdapat air tetapi di dalam butirannya sudah jenuh air. Pada kondisi ini air yang terdapat dalam agregat tidak menambah atau mengurangi jumlah air yang terdapat dalam adukan beton.
- Kondisi basah, yaitu kondisi dimana di dalam butiran maupun permukaan agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan jumlah air pada adukan beton.



Gambar 2.1 Kondisi Agregat Terhadap Air

d. *Analisa Gradasi Agregat*

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat, baik agregat kasar maupun halus. Agregat yang mempunyai ukuran seragam (sama) akan menghasilkan volume pori antar butiran menjadi besar. Sebaliknya agregat yg mempunyai ukuran bervariasi mempunyai volume pori kecil, dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit (kemampatannya tinggi). Pada beton, dibutuhkan agregat yang mempunyai kemampatan tinggi sehingga volume porinya kecil, maka dibutuhkan bahan ikat sedikit (bahan ikat mengisi pori diantara butiran agregat). Gradasi agregat akan mempengaruhi sifat-sifat beton, baik beton segar maupun beton kaku.

- Pada beton segar, gradasi agregat akan mempengaruhi kelecakan (*workability*), jumlah air pencampur, sifat kohesif, jumlah semen yang diperlukan, *segregasi* dan *bleeding*.
- Pada beton kaku (beton keras), akan mempengaruhi kekuatan beton dan keawetannya (*durabilitas*).

*Modulus Kehalusan Butir (Fineness Modulus = FM)*

Modulus kehalusan butir (angka kehalusan) adalah jumlah persen tertinggal kumulatif pada tiap-tiap ayakan dari suatu seri ayakan yang ukuran lubangnya berbanding dua kali lipat, dimulai dari ayakan berukuran lubang 0,15 mm, dibagi 100. Makin besar nilai Modulus Halus Butir (MHB) suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya (semakin kasar). MHB pasir berkisar antara 1,50% – 3,8%, batu pecah sebesar 6,0% – 7,1%.

*e. Kadar Lumpur*

Kadar lumpur yang dimaksud adalah persentase ukuran butiran yang lolos saringan no. 200 (0.075 mm). Tanah liat dan lumpur yang sering terdapat dalam agregat, mungkin berbentuk gumpalan atau lapisan yang menutupi lapisan butiran agregat. Tanah liat dan lumpur pada permukaan butiran agregat akan menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton dan mengurangi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga dapat mengurangi kekuatan dan ketahanan beton serta menambah penyusutan. Oleh karena itu penting bagi kita untuk melakukan pengujian, sehingga didapat kadar lumpur yang memenuhi syarat, yaitu tidak boleh mengandung lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar, bila lebih besar dari yang disyaratkan, maka agregat kasar dicuci sebelum digunakan untuk campuran beton.

*f. Kadar Organik*

Zat organik yang terkandung dalam agregat halus umumnya berasal dari penghancuran tumbuh-tumbuhan, terutama yang berbentuk humus dan lumpur organik, biasanya terdapat pada agregat halus yang diambil dari sungai. Pengaruh zat organik pada beton dapat menurunkan mutu beton dengan memperlambat dan menghalangi proses hidrasi semen, oleh karena itu zat organik pada agregat halus harus dihilangkan sebelum digunakan untuk campuran beton. Pada pemeriksaan ini agregat halus dimasukkan dalam jumlah tertentu ke dalam botol dan ditambahkan dengan larutan Natrium Sulfat (NaOH) 3%. Setelah mengalami beberapa proses dan didiamkan dalam jangka waktu yang ditetapkan, bandingkan warna campuran dengan warna standar, jika perubahan warna hanya sedikit atau lebih muda dari warna standar, maka agregat halus tersebut dapat langsung digunakan yang berarti senyawa organiknya diijinkan.

- Warna pembanding 1-2 untuk kadar lumpur rendah, dapat digunakan
- Warna pembanding 3 untuk kadar lumpur normal, dapat digunakan.
- Warna pembanding 4-5 untuk kadar lumpur tinggi, tidak dapat digunakan.

*g. Keausan Agregat*

Tujuan pengujian ini untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat

saringan no.12 (1,7 mm) terhadap berat semula. Persentase keausan agregat kasar yang memenuhi standar yaitu sebesar 15% - 50%.

### **1. Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2847-2002:8). Agregat halus yang dipakai untuk campuran adukan atau mortar harus memenuhi persyaratan agregat halus secara umum menurut PBI (1971:23) adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Butir-butir agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams- Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3 % NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.

- d. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
- Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
  - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
  - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, berkisar antara 80% dan 95% berat.
- e. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

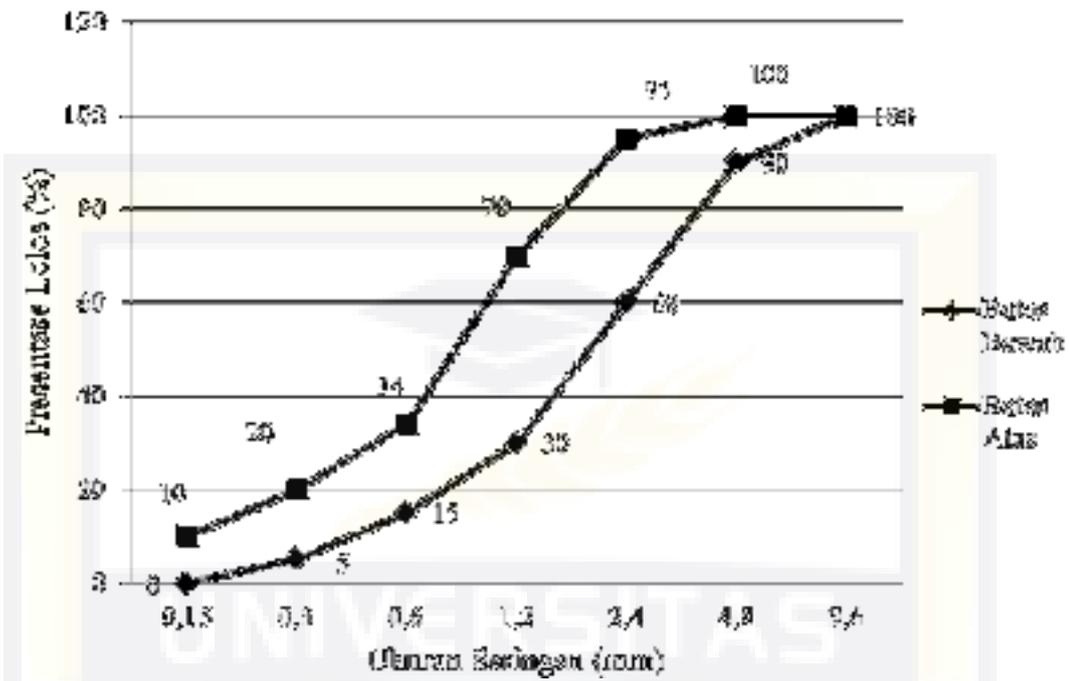
Tabel 2.1 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan	Presentase Berat yang Lewat Ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9.6 mm (No. 3/8 in)	100	100	100	100
4,8 mm (No. 4)	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4 mm (No. 8)	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2 mm (No. 16)	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6 mm (No. 30)	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3 mm (No. 50)	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm (No. 100)	0-10	0-10	0-10	0-15

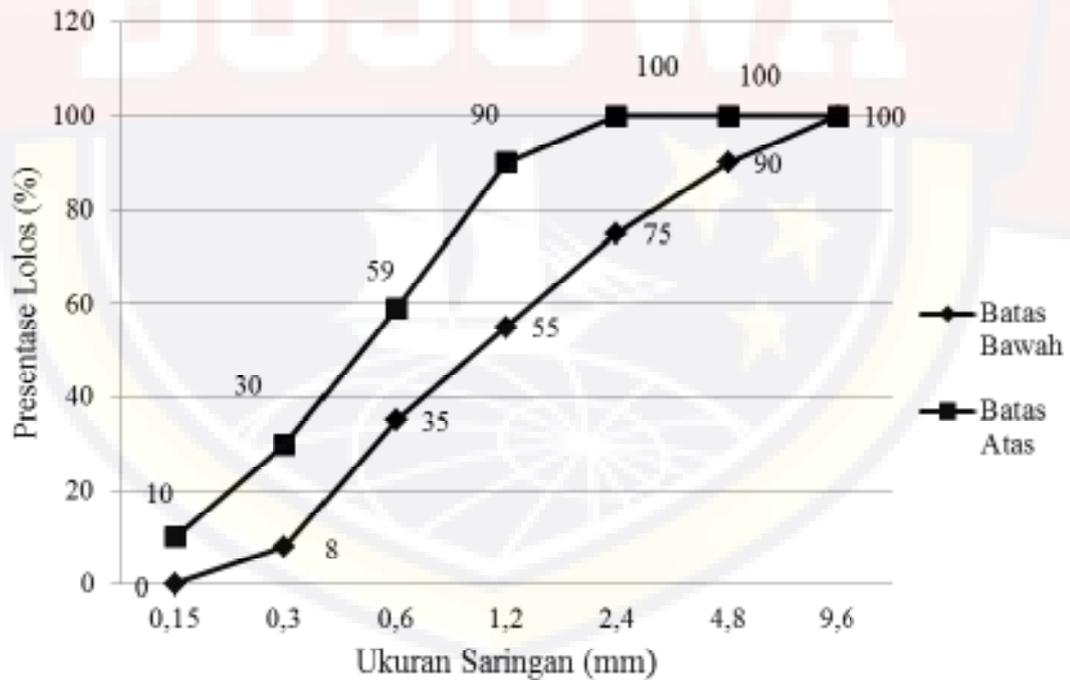
Sumber : SNI 03-2834-2000

Keterangan :

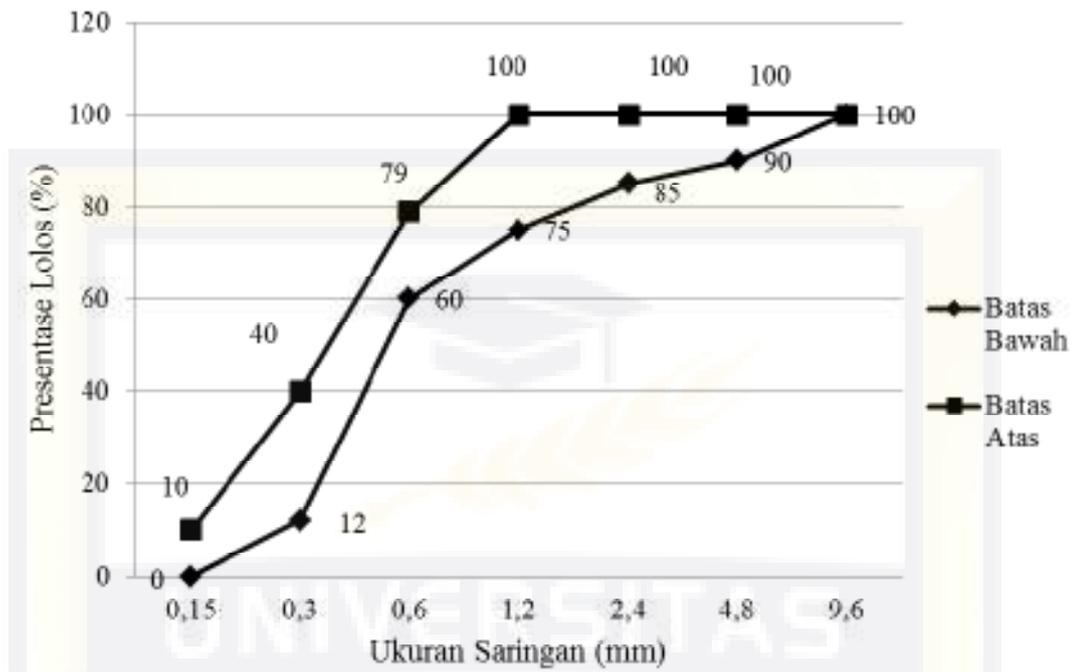
- Zona Gradasi I : Pasir Kasar
- Zona Gradasi II : Pasir Agak Kasar
- Zona Gradasi III : Pasir Halus
- Zona Gradasi IV : Pasir Agak Halus



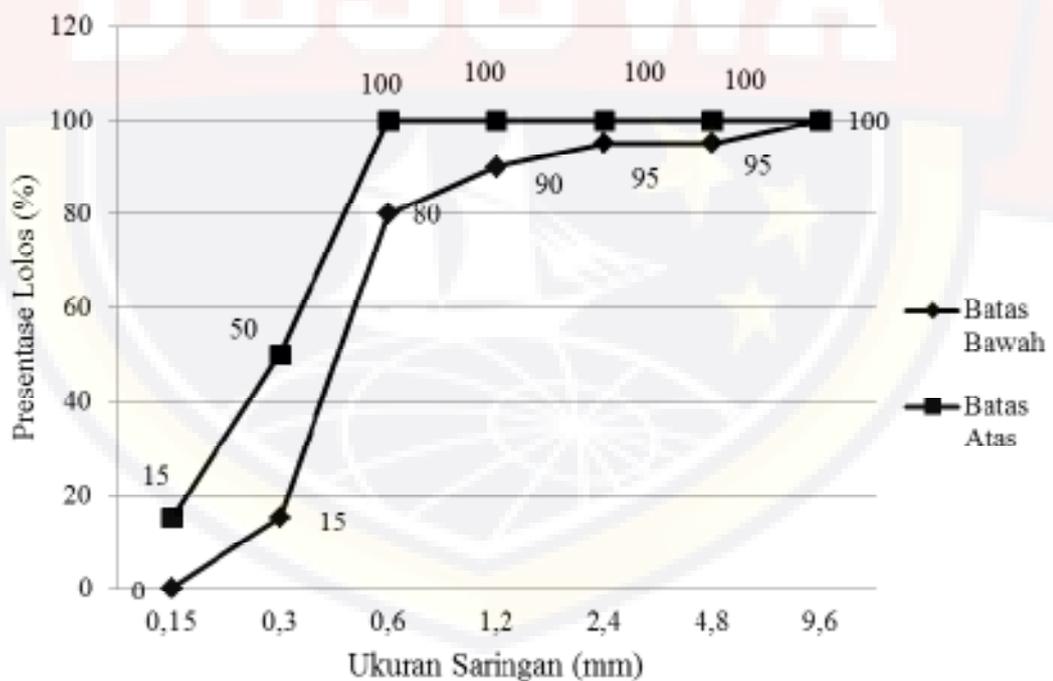
Gambar 2.2 Gradasi Agregat Halus Zona I



Gambar 2.3 Gradasi Agregat Halus Zona II



Gambar 2.4 Gradasi Agregat Halus Zona III



Gambar 2.5 Gradasi Agregat Halus Zona IV

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm (SK SNI T-15-1990-03:1). Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan sel semen. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat kasar harus memenuhi satu, beberapa atau semua persyaratan sesuai dengan Peraturan Beton Indonesia PBI (1971:24) ialah :

- a) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci.
- c) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

d) Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 t, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut:

- Tidak terjadi pembukaan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24 %
- Tidak terjadi pembukaan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22 % atau dengan mesin Pengaus Los Angelos, dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50 %.

e) Agregat kasar harus terdiri dari buti-butir yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan maka harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

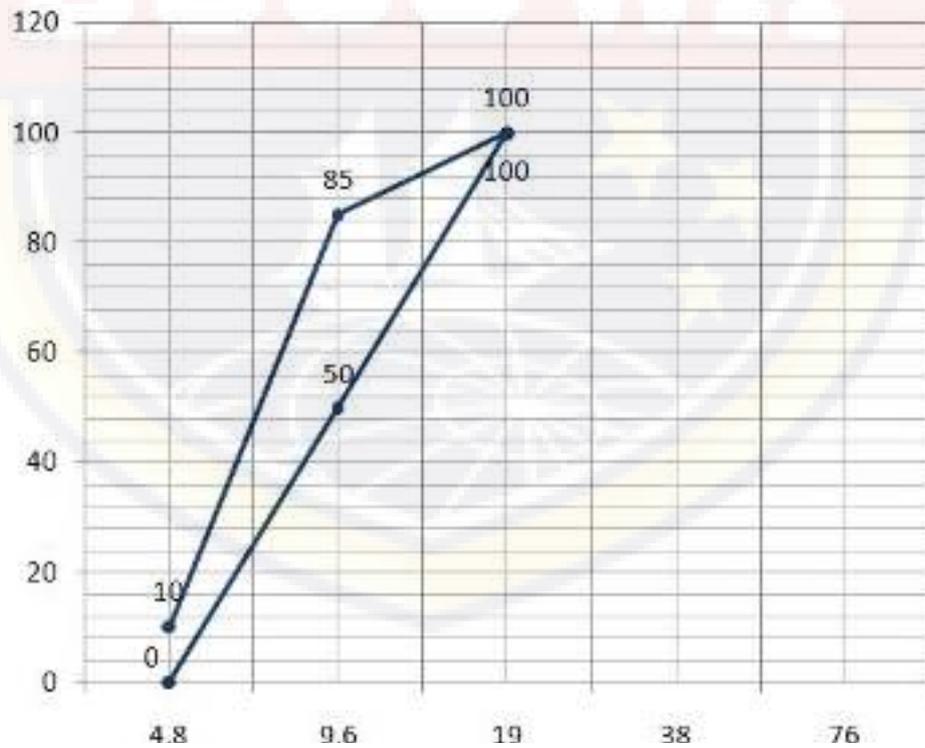
- Sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus 0 % berat.
- Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90 % dan 98 % berat.
- Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.

f) Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diizinkan, apabila menurut penelitian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kecil.

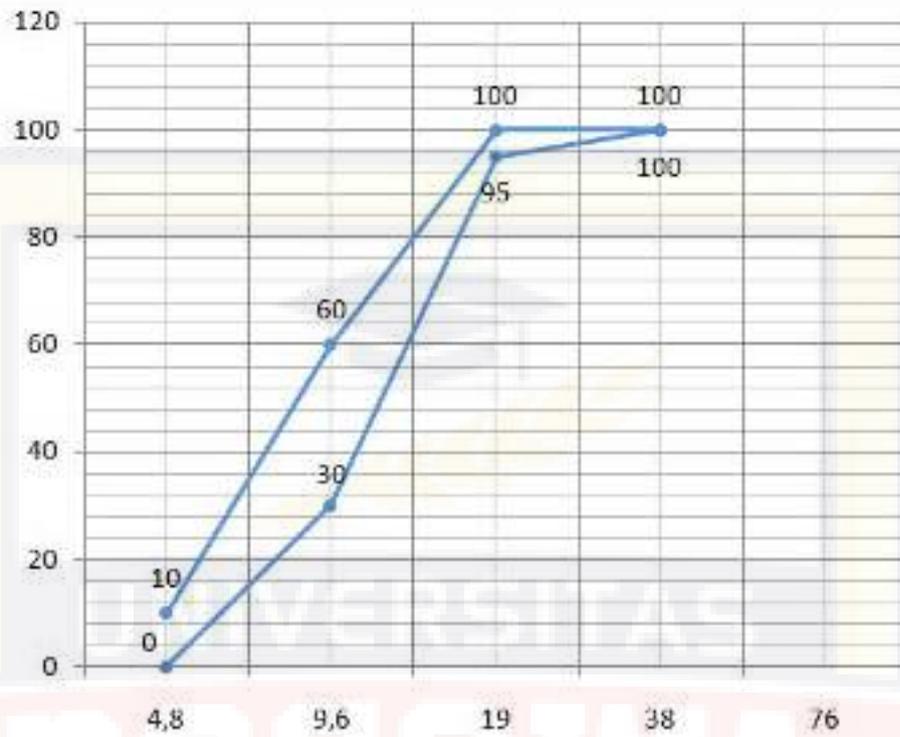
Tabel 2.2 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan, berat butir maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
	76 (3 in)	100-100	
38 (1½ in)	95 - 100	100-100	
19 (No. ¾ in)	35 - 70	95 - 100	100-100
9.6 (No. 3/8 in)	10 - 40	30 - 60	50 - 85
4,8 (No. 4)	0 - 5	0 - 10	0 - 10

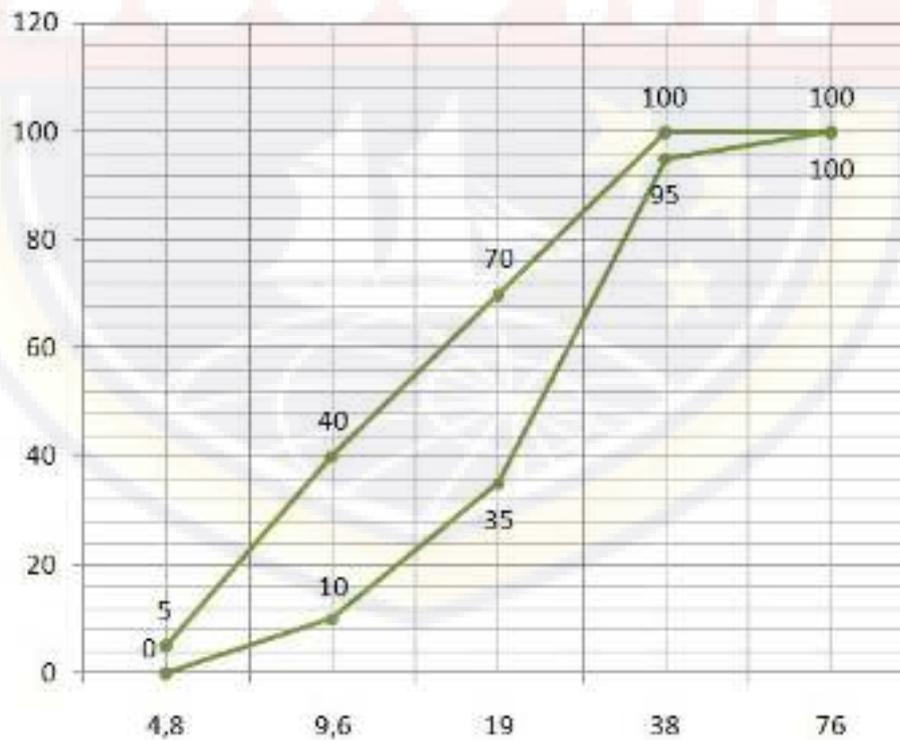
Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.6 Batas Gradasi Agregat Kasar 10 mm



Gambar 2.7 Batas Gradasi Agregat Kasar 20 mm



Gambar 2.8 Batas Gradasi Agregat Kasar 40 mm

### 2.2.3. Air

Air mempunyai fungsi untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan pencetakan. Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Di dalam penggunaannya, air tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton atau mortar.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

- 1) Sifat *workability* (sifat mudah dikerjakan) adukan beton.
- 2) Besar kecilnya nilai susut beton.
- 3) Proses kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
- 4) Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen (Nawy, 1998:13).

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a) Air yang digunakan untuk pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam dan alkali yang dapat merusak beton dan atau baja tulangan.
- b) Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
- e) Air yang dipakai dalam campuran beton pratekan, atau beton dengan logam aluminium yang tertanam di dalamnya, atau beton bertulang biasa, tidak boleh mengandung ion chlorida (Cl). Kadar ion chlorida tidak boleh melebihi 0.5 gr/ltr air.

### **2.3. Prosedur Pemeriksaan Pengujian Bahan**

Pemeriksaan material bertujuan untuk mengetahui data-data bahan yang akan digunakan sebagai pembentuk beton. Pemeriksaan material antara lain:

#### **2.3.1. Agregat Halus (Pasir)**

##### *1) Pemeriksaan Kadar Air Pasir*

Langkah - langkah pemeriksaan kadar air pasir adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat dan bahan
- b. Menimbang berat cawan ( W1 ).

- c. Memasukkan benda uji pasir ke dalam cawan lalu ditimbang (W2).
- d. Menghitung berat benda uji (  $W3 = W2 - W1$  ).
- e. Memasukkan benda uji dan cawan ke dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ . Pemanasan dilakukan dalam pemeriksaan ini  $\pm 24$  jam.
- f. Menimbang berat cawan dan benda uji setelah oven ( W4 ).
- g. Menghitung berat benda uji kering oven (  $W5 = W4 - W1$  ).

Rumus : 
$$KA = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100 \%$$

## 2) *Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir*

Tujuan dari pengujian kadar lumpur adalah untuk mengetahui banyaknya kadar lumpur dalam pasir. Prosedur pengujian adalah :

- a. Menimbang berat talam ( W1 ).
- b. Memasukkan benda uji ke dalam talam lalu ditimbang ( W2 ).
- c. Menghitung berat benda uji (  $W3 = W2 - W1$  ).
- d. Mengulangi prosedur di atas hingga air pencuci jernih.
- e. Memasukkan benda uji ke dalam saringan no. 200 lalu disimpan dalam wadah yang berisi air. Kemudian digoyang-goyangkan.
- f. Benda uji ditiriskan lalu dimasukkan kedalam oven selama 24 jam.
- g. Setelah 24 jam pasir dikeluarkan dalam oven dan didinginkan hingga mencapai suhu kamar lalu berat talam & benda uji ditimbang (W4).
- h. Berat Benda uji setelah dicuci dan dioven (W4-W1).

Rumus : 
$$KL = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100 \%$$

### 3) *Pemeriksaan Berat Volume*

Pemeriksaan berat volume bertujuan untuk mengetahui nilai berat volume.

Tahapan persiapan :

- a. Menimbang berat wadah dalam keadaan kosong
- b. Menimbang benda uji
- c. Masukkan benda uji yang telah ditimbang ke dalam oven  $\pm$  24 jam

Prosedur pengujian :

- Kondisi gembur
  - a. Menimbang mould dalam kondisi kosong (W1)
  - b. Memasukkan pasir ke dalam mould hingga penuh, kemudian ratakan dengan mistar perata
  - c. Membersihkan sisa pasir yang melekat di pinggir mould
  - d. Menimbang dan mencatat berat mould dan isinya (W2)
  - e. Menghitung berat pasir ( $W3 = W2 - W1$ )
- Kondisi padat
  - a. Menimbang mould dalam kondisi kosong (W1)
  - b. Memasukkan pasir ke dalam mould dengan 3 lapisan yang kira-kira sama tebalnya, masing-masing lapisan dipadatkan dengan menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan.
  - c. Meratakan permukaan dengan menggunakan mistar perata, kemudian bersihkan sisa pasir yang melekat dipinggir mould.
  - d. Menimbang dan mencatat berat volume mould dan isinya (W2)

- e. Menghitung berat pasir ( $W_3 = W_2 - W_1$ )
- f. Menghitung Volume Mould ( $\pi r^2 t$ ) ( $W_4$ )

Rumus : 
$$BV = \frac{W_3}{W_4}$$

#### 4) *Pemeriksaan Berat Jenis Pasir dan Penyerapan Agregat*

Berat jenis pasir bertujuan untuk mengukur berat jenis pasir dalam kondisi SSD (kering permukaan) dan penyerapan agregat halus.

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil benda uji yang lolos saringan no.4.
- b. Mengeringkan benda uji pada suhu  $110^\circ\text{C}$  sampai kering tetap/berat tetap kemudian mendinginkannya. Kemudian merendam benda uji selama 24 jam (jenuh). Berat tetap yang dimaksudkan adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %.
- c. Membuang air rendaman dan menebarkan benda uji diatas karung lalu diaduk-aduk di udara terbuka dengan panas matahari sehingga terjadi proses pengeringan yang merata.
- d. Menimbang Tabung Picnometer ( $W_1$ ).
- e. Menimbang benda uji dalam keadaan SSD ( $W_2$ ) dan memasukkannya ke dalam picnometer.
- f. Memasukkan air bersih mencapai 90% isi picnometer, memutar picnometer sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.

- g. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas pada picnometer.
- h. Menimbang picnometer yang berisi air dan benda uji (W3).
- i. Mengeluarkan benda uji lalu pindahkan ke talam lalu timbang. Kemudian mengeringkannya dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap dan kemudian ditimbang (W4).
- j. Mengisi picnometer dengan air sampai tanda batas lalu ditimbang beratnya (W5).

Rumus :

$$\text{Bulk spec gravity SSD basic (berat jenis SSD)} = \frac{W_2}{W_2 + W_5 - W_3}$$

$$\text{Water absorption ( penyerapan )} = \frac{W_2 - W_4}{W_4} \times 100\%$$

#### 5) *Pemeriksaan Analisa Saringan*

Analisis saringan pasir bertujuan untuk mengukur distribusi ukuran pasir/gradasi pasir.

Prosedur pengujian :

- a. Timbang berat benda uji (A)
- b. Menimbang saringan dalam kondisi kosong ( B ).
- c. Memasukkan benda uji ke dalam oven selama ± 24 jam.
- d. Mengeluarkan pasir dari dalam oven dan biarkan hingga dingin.
- e. Menyusun ayakan sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan paling atas yaitu : 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm.

- f. Masukkan pasir dalam saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas. Kemudian digetarkan dengan *sieve shaker* selama 10 menit.
- g. Menimbang masing-masing saringan beserta benda uji yang ada tersisa di dalamnya dan dicatat beratnya ( C ).
- h. Menghitung benda uji yang tertinggal dan lolos pada masing-masing saringan (  $D = C - B$  ).
- i. Gradasi pasir yang diperoleh dengan menghitung komulatif prosentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan prosentase komulatif butir yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

- Menghitung % tertahan persaringan

$$\% \text{ tetahan saringan} = \frac{D}{A} \times 100\%$$

- Menghitung % komulatif lolos

$$\% \text{ komulatif lolos} = \frac{C - B}{A} \times 100\%$$

- Menghitung kehalusan

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{100\% - \text{komulatif tertahan}}{100\%} \times 100\%$$

*Keterangan:*

D = benda uji yang tertahan pada saringan ( gram )

C = berat saringan + benda uji ( gram )

B = berat saringan kondisi kosong ( gram )

A = berat total benda uji ( gram )

## 6) *Pemeriksaan Kadar Organik Pasir*

Pemeriksaan kadar organik bertujuan untuk menentukan adanya kandungan dalam agregat halus.

Prosedur pengujian:

1. Memasukkan pasir yang sudah kering ke dalam tabung hingga 1/3 bagian dari botol.
2. Memasukkan air ke dalam botol kira-kira 2/3 bagian dari botol.
3. Memasukkan larutan NaOH 3 % ke dalam botol kira-kira 1/2 bagian dari banyaknya air.
4. Mengkocok-kocok selama 30 menit, lalu didiamkan selama 24 jam.
5. Mengamati perubahan warna yang terjadi kemudian membandingkan dengan table warna.

### **2.3.2. Agregat Kasar (Batu Pecah)**

#### 1) *Pemeriksaan Kadar Air Batu Pecah*

Prosedur pengujian :

- a. Menimbang berat cawan ( W1 ).
- b. Masukkan benda uji ke dalam cawan lalu ditimbang (W2).
- c. Menghitung berat benda uji ( W3 = W2 – W1 ).
- d. Memasukkan benda uji dan cawan ke dalam oven pada suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam.
- e. Menimbang berat cawan dan benda uji setelah oven ( W4 ).
- f. Menghitung berat benda uji kering oven ( W5 = W4 – W1 ).

$$\text{Rumus : } KA = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\%$$

## 2) *Pemeriksaan Kadar Lumpur Batu Pecah*

Tujuan dari pengujian untuk mengukur kadar lumpur batu pecah.

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Menimbang talang dalam keadaan kosong (W1)
- b. Menimbang kerikil di dalam talam (W2)
- c. Memasukkan benda uji ke dalam Oven selama ± 24 jam
- d. Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, biarkan hingga dingin.
- e. Menimbang benda uji (W3 ).
- f. Mencuci benda uji di atas saringan no. 200.
- g. Memasukkan kembali ke dalam oven ± 24 jam.
- h. Mengeluarkan benda uji dari dalam oven.
- i. Menimbang benda uji yang sudah kering ( W4).
- j. Menghitung berat benda uji setelah dicuci dan dioven (W4-W1)
- k. Menghitung kadar lumpur yang terkandung dalam agregat

$$\text{Rumus : Kadar lumpur} = \frac{W3-W5}{W5} \times 100\%$$

## 3) *Pemeriksaan Berat Volume Batu Pecah*

Prosedur pengujian :

- **Tahap Persiapan**

- a. Menimbang berat wadah dalam keadaan kosong.
- b. Menimbang benda uji.
- c. Menimbang mould dalam kondisi kosong (W1).
- d. Menghitung volume mould (  $\pi r^2 t$  ) (W4).
- e. Masukkan benda uji yang ditimbang tadi ke dalam oven ±24 jam.

- **Tahap pelaksanaan**

- a. Menimbang berat benda uji setelah di oven.
- b. Memasukkan batu pecah ke dalam mould dalam dua macam keadaan, yakni dipadatkan dan lepas.
- c. Pada keadaan dipadatkan, dilakukan dengan mengisi mould dengan batu pecah sebanyak tiga lapis. Setiap lapis dipadatkan dengan cara ditumbuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan, bahagian atas diratakan dengan tongkat pemadat lalu ditimbang. Pada keadaan lepas, batu pecah dimasukkan ke dalam mould hingga penuh tanpa dipadatkan, lalu ditimbang (W2).
- d. Menghitung berat benda uji (  $W3 = W2 - W1$  ).

$$\text{Rumus : } BV = \frac{W3}{W4}$$

#### 4) *Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah*

Berat jenis batu pecah bertujuan untuk mengukur berat jenis dalam kondisi SSD (kering permukaan) dan penyerapan batu pecah.

Prosedur pengujian :

- a. Menimbang benda uji
- b. Merendam benda uji yang ditimbang tadi ke dalam bak air  $\pm 24$  jam
- c. Mengeluarkan benda uji dari dalam bak perendam
- d. Menghamparkan di atas karung
- e. Mengelap benda uji sampai kondisi SSD
- f. Menimbang keranjang yang kosong

- g. Memasukkan benda uji kondisi SSD ke dalam keranjang sebanyak Max sesuai kapasitas keranjang
- h. Menimbang di udara keranjang yang berisi benda uji SSD (BJ)
- i. Menimbang di udara benda uji kondisi SSD
- j. Menimbang keranjang yang berisi benda uji di dalam air (BA)
- k. Mengeluarkan benda uji dari dalam air
- l. Memasukkan benda uji ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam
- m. Menimbang benda uji kering oven (BK)

Rumus :

$$\text{Bulk spec grafity SSD basic (berat jenis SSD)} = \frac{BJ}{BJ-BA}$$

$$\text{Water absorption ( penyerapan )} = \frac{BJ-BK}{BK} \times 100\%$$

#### 5) *Pemeriksaan Analisa Saringan Benda Uji*

Analisis saringan benda uji bertujuan untuk mengukur distribusi ukuran/gradasi batu pecah.

Berikut langkah-langkah pemeriksaan analisa saringan batu pecah :

- a. Menimbang berat wadah kosong.
- b. Memasukkan benda uji ke dalam wadah lalu ditimbang.
- c. Memasukkan benda uji ke dalam oven selam  $\pm 24$  jam.
- d. Mengeluarkan benda uji dari dalam oven dan dibiarkan hingga dingin
- e. Menimbang benda uji
- f. Menimbang saringan dalam kondisi kosong

- g. Memasukkan benda uji ke dalam susunan saringan dengan susunan saringan dimulai dari yang terkecil di atasnya sampai pan di bawahnya (4.75 mm, 9.5 mm, 12.5 mm, 19 mm dan pan).
- h. Menyaring dengan menggunakan tangan selama  $\pm$  15 menit.
- i. Menimbang masing – masing saringan beserta benda uji yang ada tersisa di dalamnya dan dicatat beratnya.
- j. Menghitung benda uji yang tertinggal dan lolos pada masing – masing saringan.

Rumus :

- Menghitung % tertahan persaringan

$$\% \text{ tertahan saringan} = \frac{D}{A} \times 100\%$$

- Menghitung % kumulatif lolos

$$\% \text{ kumulatif lolos} = \frac{C - B}{A} \times 100\%$$

- Menghitung kehalusan

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{100\% - \text{kumulatif tertahan}}{100\%} \times 100\%$$

*Keterangan:*

D = benda uji yang tertahan pada saringan ( gram )

C = berat saringan + benda uji ( gram )

B = berat saringan kondisi kosong ( gram )

A = berat benda uji ( gram )

#### 6) *Pemeriksaan Keausan*

Tujuan dari pengujian untuk mengukur keausan agregat yang diakibatkan kombinasi pengerasan dan penggilingan dalam mesin *los angeles* yang berputar dari pemeriksaan keausan ini digunakan metode perlakuan langsung yakni mengambil beberapa gram agregat kasar sebagai sampel kemudian dengan mengikuti langkah kerja pemeriksaan diperoleh hasil bahwa agregat yang dijadikan sampel memenuhi standar. Tahap pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan agregat kemudian mencuci agregat sampai bersih
2. Memasukkan talem dan benda uji ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam
3. Mengeluarkan benda uji bersama talem dari oven
4. Menimbang benda uji kering oven
5. Memasukkan benda uji ke dalam mesin *los angeles*
6. Memasukkan bola baja sebanyak yang diisyaratkan ke dalam mesin *los angeles* kemudian menutupnya
7. Menekan tombol 500 pada winter indikaor 500 akan menyala
8. Menekan tombol START sehingga drum berputar, biarkan bereputar selama 500 kali putaran dan berhenti dengan otomatis
9. Memasang catching pan di bawah mesin untuk menampung hasil benda uji
10. Menyaring agregat tersebut dengan saringan no.12 (1,7 mm)
11. Mencuci benda uji yang tetahan sampai bersih
12. Memasukkan benda uji ke dalam oven selama 24 jam

### 13. Menimbang berat kering

Rumus : Keausan ]x 100 %

Dimana :

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan di saringan no. 12 (gram)

#### 2.4. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) adalah sisa pembakaran yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran yang menggunakan bahan batubara. Dalam kaitannya dengan Teknik Sipil, abu terbang (*fly ash*) dapat digunakan sebagai bahan campuran substitusi semen karena memiliki keunggulan daya lekat yang kuat karena mengandung silika dan alumina dengan kadar kapur yang rendah. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang (*fly ash*) akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Saat ini umumnya abu terbang (*fly ash*) digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Abu terbang digunakan pada beton dapat sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-

sifat beton dan dilihat dari faktor ekonomisnya abu terbang (*fly ash*) mengandung kadar oksida silika dan berwarna putih keabu-abuan.

Abu terbang sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah *internal kohesi* dan mengurangi porositas sebagai daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat. Keuntungan penggunaan *fly ash* dalam campuran beton yaitu :

- a. Kehalusan dan bentuk partikel abu terbang (*fly ash*) yang bulat dapat meningkatkan *workability*.
- b. Mengurangi terjadinya penyusutan beton, *bleeding* dan *segregasi*.
- c. Ukuran partikel yang sangat halus, yang membuat abu terbang (*fly ash*) mampu mengisi celah kecil dalam komposisi adukan beton, sehingga meningkatkan kepadatan beton sehingga lebih *impermeable* (kedap air) dan memperkecil susut beton.
- d. Meningkatkan durabilitas & kepadatan beton.
- e. Memperpanjang waktu setting sehingga memberikan waktu lebih banyak untuk pengerjaan beton segar.
- f. Membuat biaya produksi beton menjadi lebih murah, karena secara ekonomis *fly ash* lebih murah dari semen.

Kelemahan penggunaan abu terbang dalam campuran beton yaitu :

- a) Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi, karena

proses pengerasan dan penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadinya reaksi pozzolon.

- b) Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada proses (suhu pembakaran) serta jenis batu baranya.

#### **2.4.1. Sifat-Sifat Fisik Abu Terbang (*Fly Ash*)**

Abu terbang (*fly ash*) merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral-mineral dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara ini titik leleh abu batubara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu terbang (*fly ash*) umumnya berbentuk bola padat atau berongga sehingga menghasilkan kelecakan yang lebih baik. Abu terbang (*fly ash*) memiliki densitas 2,23 gr/cm<sup>3</sup>, dengan kadar air sekitar 4%. Abu terbang (*fly ash*) memiliki *specific gravity* antara 2,15-2,6. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu terbang (*fly ash*) berkisar antara 2100-3000 kg/m<sup>3</sup> dan luas area spesifiknya antara 170-1000 m<sup>2</sup>/kg. Adapun sifat-sifat fisik abu terbang (*fly ash*) antara lain, warnanya abu-abu keputihan dan ukuran butirannya sangat halus yaitu sekitar 88%.

#### 2.4.2. Sifat-Sifat Kimia Abu Terbang (*Fly Ash*)

Komponen utama dari abu terbang yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ ), alkalin ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), pospor oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan carbon. Sifat kimia dari Abu terbang dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub/bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous. Namun, memiliki kandungan silika, alumina dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Abu Terbang Batubara

Komponen	Bituminous	Sub-bituminous	Lignite
$\text{SiO}_2$	20-60%	40-60%	15-45%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5-35%	20-30%	10-25%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	10-40%	4-10%	4-15%
$\text{CaO}$	1-12%	5-30%	15-40%
$\text{MgO}$	0-5%	1-6%	3-10%
$\text{SO}_3$	0-4%	0-2%	0-10%
$\text{Na}_2\text{O}$	0-4%	0-2%	0-6%
$\text{K}_2\text{O}$	0-3%	0-4%	0-4%
LOI	0-15%	0-3%	0-5%

Sumber : Wardani, S.P.R., 2008

### 2.4.3. Klasifikasi Abu Terbang (*Fly Ash*)

Menurut Susilorini dan Sambowo (2011:36) abu terbang atau *fly ash* diklasifikasikan menjadi 3 jenis (*ACI Manual of Concrete Practice* 1993 parts 1 226.3R-3), yaitu :

#### a. Kelas C

Abu Terbang (*Fly ash*) yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau *sub-bitumen* batubara (batu bara muda).

1. Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 50%.
2. Kadar CaO mencapai > 10%.
3. Kadar karbon (C) sekitar 2%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-35% dari total berat silinder.

#### b. Kelas F

Abu Terbang (*Fly ash*) yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau *bitumen* batubara.

1. Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70%.
2. Kadar CaO mencapai < 10%.
3. Kadar karbon (C) berkisar antara 5% -10%

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-25% dari total berat silinder.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

## 2.5. Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan

Dari hasil penelitian Armeyn (2014), mengenai kuat tekan beton dengan abu terbang (*fly ash*) ex. PLTU Sijantang Sawahlunto, dengan nilai variasi abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambah pada umur 28 hari dengan variasi 5 % menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 33,9137 MPa, variasi 10% 35,3291 MPa, variasi 15 % 36,1783 MPa, variasi 20 % 36,8011 MPa dan variasi 25 % 37,2541 MPa. Pada penelitian ini penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah nilai kuat tekan yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya proporsi abu terbang (*fly ash*).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alfian Hendri Umboh, dkk. (2014) dapat diambil kesimpulan, yaitu untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan beton mutu normal. Untuk tipe abu terbang (*fly ash*) yang digunakan yaitu abu terbang kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk

silinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 100 mm dan tinggi 200 mm) sebanyak 96 sampel dan terdiri dari 6 variasi konsentrasi abu terbang (*fly ash*) pada pengujian 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

Hasil penelitian Aswin Budhi Saputro (2008), tentang kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan  $f'c$  45 MPa, menunjukkan dengan nilai variasi penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 20%, 25%, 30%, 35% sangat berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan dan tarik beton. Persentase peningkatan kuat tarik dan kuat tekan optimum pada silinder beton terjadi pada variasi dengan kadar abu terbang (*fly ash*) sebesar 35% yang mempunyai kuat tekan rata-rata paling besar yaitu 55,07 MPa dan 3.92 MPa untuk kuat tarik rata-rata. Semakin banyak penambahan kadar abu terbang (*fly ash*), maka semakin kecil nilai slumpnya. Beton yang menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengganti sebagian semen tersebut secara keseluruhan mencapai kuat tekan perencanaan sebesar 45 MPa.

## 2.6. Mix Design

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan pada dasarnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan metode SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal merupakan adopsi dari *Department Of Environment* (DoE) dan menggunakan Badan Standarisasi Nasional SNI 2847 : 2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Berikut langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton :

- 1) Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat.
- 2) Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pelaksanaan campuran di lapangan. Makin baik mutu pelaksanaannya makin kecil nilai deviasi standarnya. Bila fasilitas produksi beton mempunyai catatan uji kekuatan tidak lebih dari 24 bulan lamanya (SNI 2847 : 2013 - 5.3.1.1), deviasi standar contoh uji,  $S_s$ , harus dihitung. Nilai deviasi standar ( $S_s$ ) dihitung dengan rumus :

$$S_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

dimana :

$S_s$  = Standar deviasi

$x_1$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = Kuat tekan beton rata-rata

$n$  = Jumlah hasil uji kuat tekan (minimum 30 benda uji)

Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus :

- a. Harus mewakili material, prosedur kontrol kualitas dan kondisi yang serupa.
- b. Harus mewakili beton yang dibuat untuk memenuhi kekuatan yang disyaratkan atau kekuatan tekan  $f_c'$  pada kisaran 7 MPa.
- c. Harus terdiri dari sekurang-kurangnya 30 hasil pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 hasil pengujian.

Jika fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji kekuatan yang memenuhi persyaratan (SNI 2847 : 2013 - 5.3.1.1 (c)), tetapi mempunyai catatan uji tidak lebih dari 24 bulan lamanya berdasarkan pada pengujian sebanyak 15 sampai 29 hasil pengujian secara berurutan, maka deviasi standar benda uji  $S_s$  ditentukan sebagai hasil perkalian antara nilai deviasi standar benda uji yang dihitung dan faktor modifikasi dari Tabel 2.4 (Tabel SNI 2847 : 2013 - 5.3.1.2).

Tabel 2.4 Faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji jika jumlah pengujian kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji
Kurang dari 15	Gunakan tabel 3
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1

Sumber : SNI 2847 : 2013

3) Menghitung kuat tekan rata-rata perlu

- a. Kekuatan tekan rata-rata perlu  $f'_{cr}$  yang digunakan sebagai dasar pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan dari tabel 2.5 (Tabel SNI 2847 : 2013 - 5.3.2.1) menggunakan deviasi standar benda uji,  $S_s$ , dihitung sesuai dengan langkah 2.

Tabel 2.5 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 2847 : 2013

- b. Bila fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji kekuatan lapangan untuk perhitungan  $S_s$  yang memenuhi ketentuan dari langkah 2, maka kekuatan rata-rata perlu  $f'_{cr}$  harus ditetapkan dari table 2.6 (Tabel SNI 2847 : 2013 - 5.3.2.2).

Tabel 2.6 Kekuatan tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

Sumber : SNI 2847 : 2013

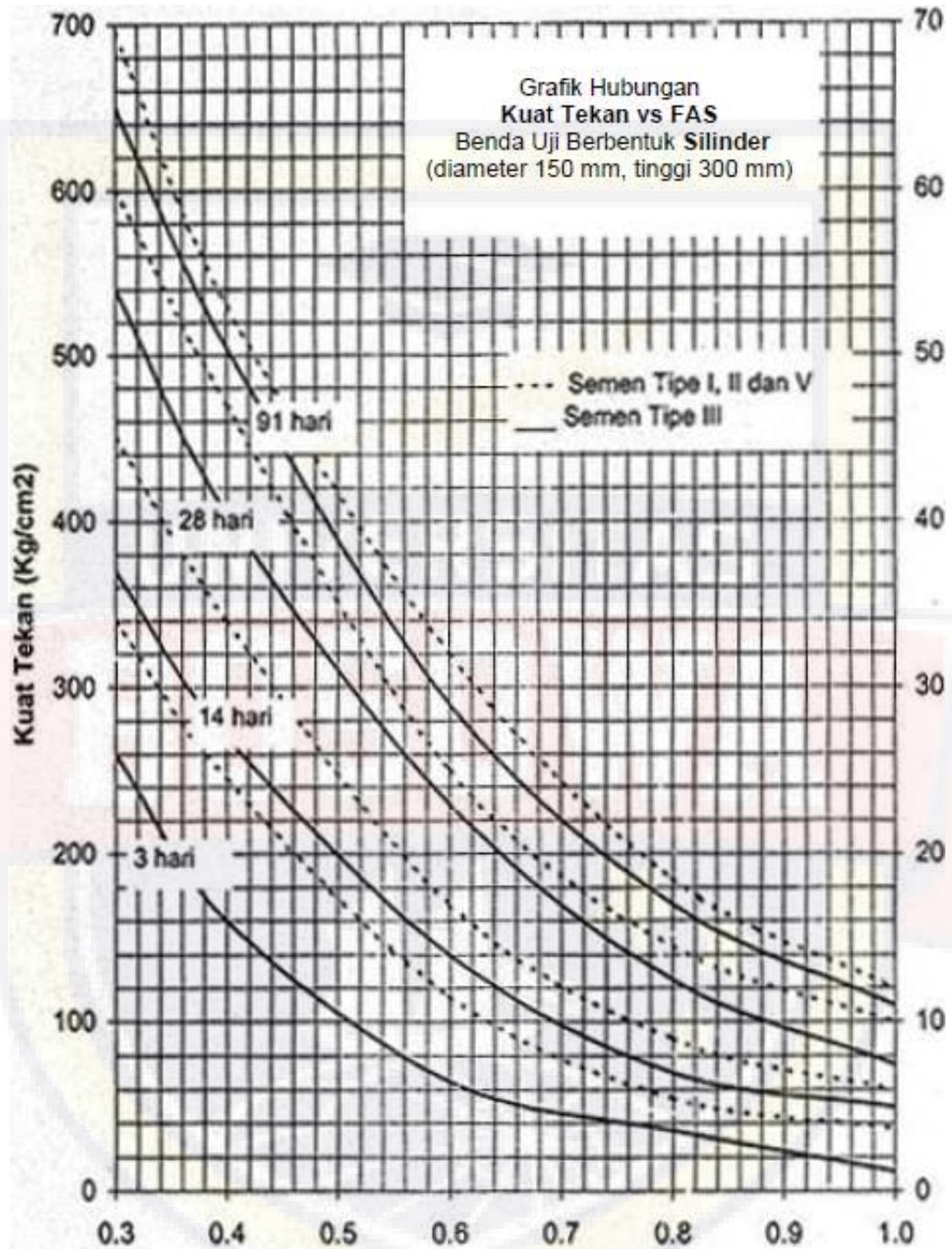
- 4) Menetapkan jenis semen yang akan digunakan
- 5) Menentukan jenis agregat yakni agregat halus dan kasar, agregat ini dapat dalam bentuk tidak dipecahkan atau dipecahkan
- 6) Menentukan faktor air semen. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2.7 dan Gambar 2.9 dengan langkah-langkah sebagai berikut :
  - a) Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2.7 sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai
  - b) Lihat gambar 2.9 untuk benda uji berbentuk silinder

- c) Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir (a) di atas
- d) Tarik garis lengkung melalui titik pada sub butir (c) secara proporsional
- e) Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir (d) di atas
- f) Tarik garis tegak lurus ke bawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan

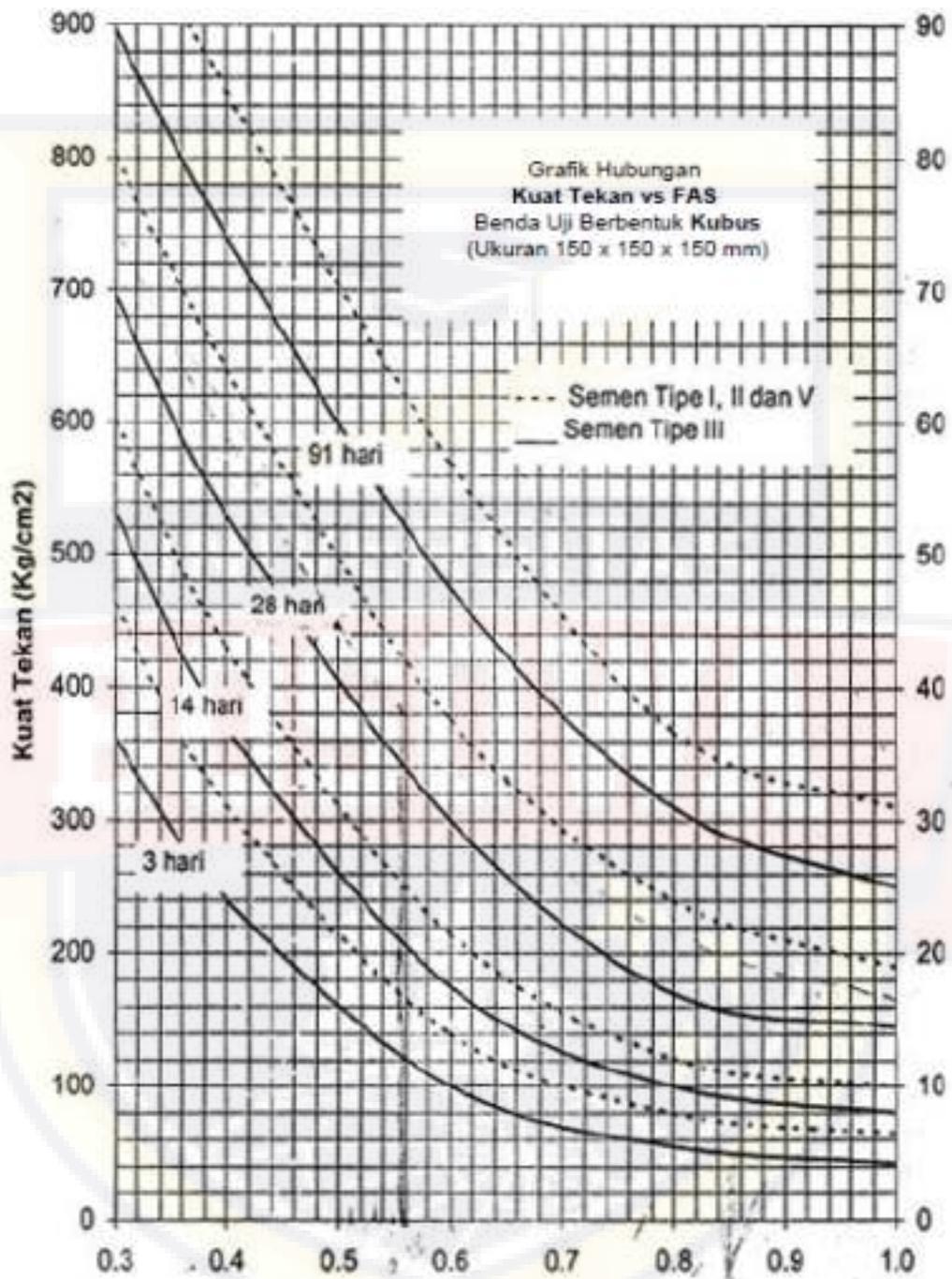
Tabel 2.7 Perkiraan kekuatan tekan beton (MPa) dengan Faktor Air Semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat tekan (MPa)				Bentuk Benda uji
		Pada umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I Atau Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.9 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan FAS (Benda Uji Berbentuk Silinder D 150 mm Tinggi 300 mm)



Gambar 2.10 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan FAS (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm)

- 7) Menetapkan faktor air semen maksimum. Apabila faktor air semen yang diperoleh pada langkah 6 lebih rendah dari langkah ini, maka pada perhitungan selanjutnya digunakan faktor air semen yang lebih kecil.

Tabel 2.8 Persyaratan faktor air-semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan 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 ruangan 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		Tabel 5 SNI 03-2834-2000
Beton yang kontinyu berhubungan :		
a. Air tawar		Tabel 6 SNI 03-2834-2000
b. Air laut		

Sumber : SNI 03-2834-2000

8) Penetapan nilai *slump*

Tabel 2.9 Perkiraan kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan beton

Besarnya Ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

9) Menetapkan ukuran agregat maksimum

Besarnya butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan
- sepertiga dari tebal pelat
- tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan

10) Menetapkan kadar air bebas

Berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan, lihat tabel 2.9. Apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan batu

pecah), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus:

$$KAB = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$$

dimana:

$KAB$  = Jumlah air yang dibutuhkan ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_h$  = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

$W_k$  = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

11) Menghitung berat semen yang diperlukan

rumus :

$$\text{Kadar Semen} = \frac{KAB}{FAS}$$

dimana :

$KAB$  = Kadar air bebas

$FAS$  = Faktor air semen

12) Menghitung kebutuhan semen minimum

Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan tabel 2.8.

13) Menghitung kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari Langkah 11 ternyata lebih sedikit daripada Langkah 12, maka kebutuhan semen harus dipakai yang nilainya lebih besar.

14) Menentukan daerah gradasi agregat halus

Tabel 2.10 Batasan susunan butiran agregat halus

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan (Ayakan)			
mm	SNI	ASTM	inch	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
				Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No. 3	Gradasi No. 4
9,50	9,6	$\frac{3}{8}$ "	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : SNI 03-2834-2000

15) Menghitung perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik.

Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar yang tertahan pada saringan, nilai *slump*, Faktor Air Semen dan daerah gradasi agregat halus.

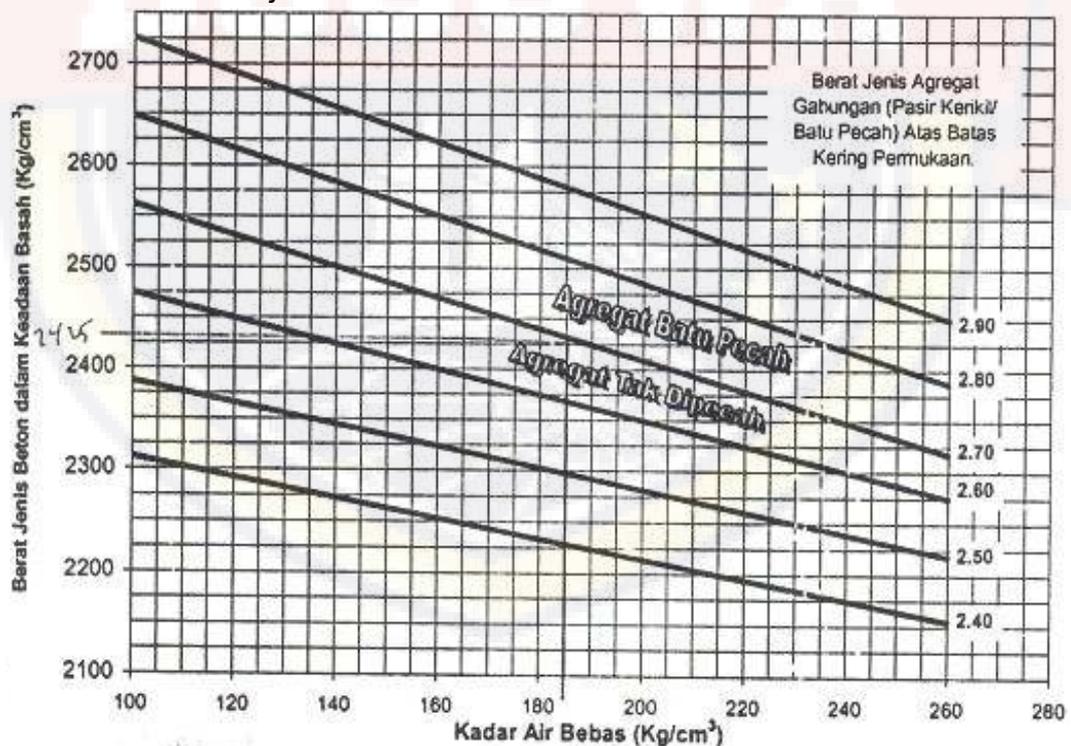
16) Menghitung berat jenis relatif agregat merupakan berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar.

$$\text{Berat jenis AH dan AK} = \frac{AH}{100} \times BJ. AH + \frac{AK}{100} \times BJ. AK$$

17) Menentukan berat jenis beton basah

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 16 dan kebutuhan air tiap m<sup>3</sup> beton, maka dengan gambar 2.10 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut :

- Dari berat jenis agregat campuran pada Langkah 16 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada gambar 2.10.
- Kebutuhan air yang diperoleh pada Langkah 10 dimasukkan dalam gambar 2.10 dan dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai kurva yang dibuat pada langkah pertama.
- Dari titik potong ini, tarik garis horisontal kekiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 2.11 Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

18) Menghitung kebutuhan agregat gabungan

$$\text{BAG} = \text{BVBB} - \text{KS} - \text{KAB}$$

dimana :

BAG = Berat agregat gabungan (kg)

BVBB = Berat volume beton basah ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

KS = Kadar semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

KAB = Kadar air bebas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

19) Menghitung berat agregat halus yang dibutuhkan

Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir langkah 15 dengan agregat gabungan langkah 18.

20) Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan

Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah hasil kurang berat kadar agregat gabungan langkah 18 dengan kadar agregat halus langkah 19.

### 2.7. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen dan agregat halus, agregat kasar dan air dari berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kuat tekan beton. Semakin rendah

perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan desaknya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan.

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm<sup>2</sup>. Menurut Saputro (2008:23) tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar *ASTM C 39* atau menurut yang disyaratkan Peraturan Beton Indonesia (PBI 1989).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah sebagai berikut ini :

$$f_c = \frac{P}{A}$$

$$A_{\text{silinder}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A_{\text{kubus}} = r^2$$

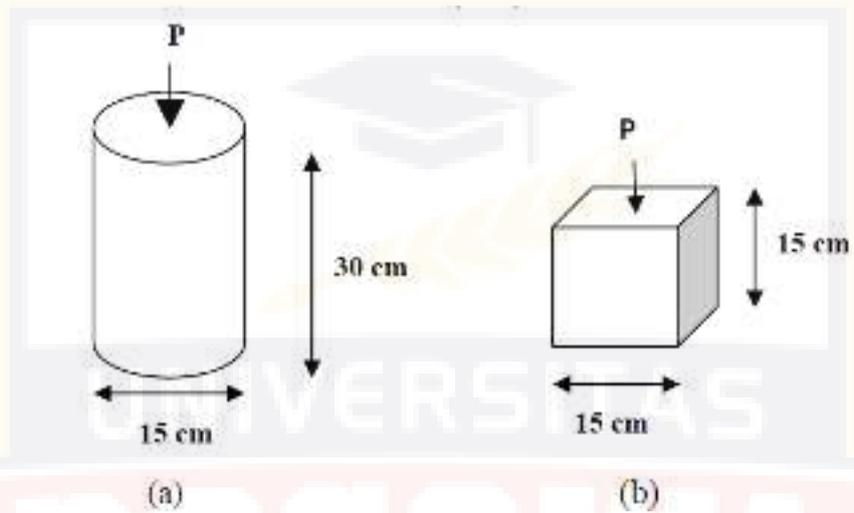
Dimana,  $f_c$  = tegangan tekan beton (kg/mm<sup>2</sup>, Mpa)

$P$  = beban tekan maksimum (kg, N)

A = luas bidang tekan ( $\text{cm}^2$ ,  $\text{mm}^2$ )

d = diameter silinder (cm, mm)

r = rusuk kubus (mm)



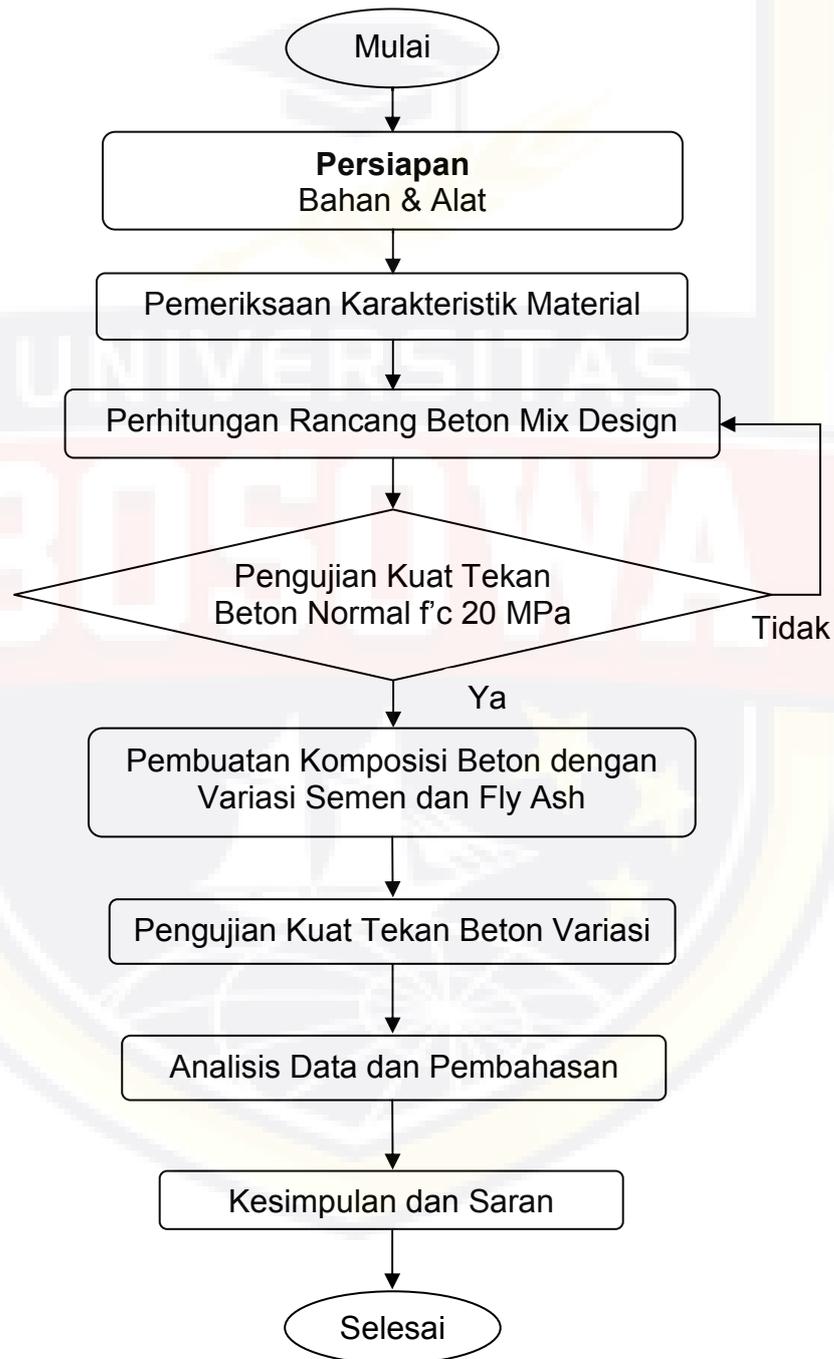
Gambar 2.12 Sampel uji kuat tekan, (a) silinder beton dan  
(b) kubus beton.



BAB VIII

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Skema Penelitian**



Gambar 3.1. Skema Penelitian

## 3.2 Persiapan Bahan dan Alat Penelitian

### 3.2.1 Bahan Sampel Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut :

1. Air

Air yang digunakan dalam penelitian diambil dari jaringan air bersih dari Laboratorium.

2. Semen

Semen yang digunakan type semen PCC (*Portland Composite Cement*)

3. Agregat halus (pasir)

Pasir yang digunakan dalam penelitian adalah pasir di daerah Bilibili

4. Agregat kasar (batu pecah)

Batu pecah yang digunakan pada penelitian adalah batu pecah di daerah Makassar

5. Abu terbang batubara (*fly ash*)

Abu terbang batubara (*fly ash*) dalam penelitian ini diambil dari PT. Semen Bosowa Maros. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian adalah kelas-C, untuk itu sebelum digunakan dalam penelitian ini abu terbang (*fly ash*) akan diuji karakteristiknya dan harus memenuhi syarat klasifikasi abu terbang (*fly ash*) kelas-C.

Pemeriksaan karakteristik ini untuk mengetahui kandungan senyawa kimia pada *fly ash*. Pengujian karakteristik dilakukan di Laboratorium Mikrostruktur Fisika, Universitas Negeri Makassar. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan analisa yang digunakan untuk mengamati permukaan material. SEM menghasilkan gambar permukaan dengan resolusi tinggi. *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui kandungan elemen pada material. Pada umumnya, instrumen SEM dapat digunakan pula untuk analisa EDS.

Prosedur pemeriksaan karakteristik *fly ash* adalah sebagai berikut:

- a. Menyediakan sampel yang akan dikarakterisasi di SEM-EDS
- b. Preparasi sampel menggunakan sampel holder yang telah diberi karbon tape
- c. Sampel yang telah dipreparasi kemudian di coating (dilapisi dengan emas palladium ) agar sampel yang dianalisis dengan SEM-EDS tidak terkena langsung electron
- d. Mengoperasikan aplikasi vega
- e. Memasukkan sampel yang telah dicoating ke dalam chamber tempat sampel pada alat SEM-EDS
- f. Memvacumkan chamber SEM-EDS dengan menghidupkan otomatis pompa pada software vega
- g. Menunggu sampai chamber SEM-EDS benar-benar vacuum
- h. Sampel siap dianalisis

Tabel. 3.1. Komposisi *Fly Ash* Hasil Analisa SEM-EDS

<b>Senyawa Kimia</b>	<b>Proporsi (%)</b>
Aluminium Oksida, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,12 %
Silikon Dioksida, SiO <sub>2</sub>	39,59 %
Sulfur Trioksida, SO <sub>3</sub>	1,00 %
Magnesium Oksida, MgO	5,68 %
Sodium Oksida, Na <sub>2</sub> O	2,70 %
Potassium Oksida, K <sub>2</sub> O	1,54 %
Calcium Oksida, CaO	19,67 %
Titanium Oksida, TiO <sub>2</sub>	1,20 %
Iron Oksida, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,29 %

*Sumber* : Laboratorium Mikrostruktur FMIPA UNM

### 3.2.2 Alat Pemeriksaan dan Pengujian dalam Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Satu set saringan ASTM digunakan untuk mengukur gradasi material dan mesin penggetar ayakan yang digunakan untuk pengujian gradasi agregat. Alat ini memudahkan pekerjaan dibandingkan penggetaran secara manual.

2. Timbangan digunakan untuk menentukan berat bahan pada saat pengujian material.
3. Oven digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan pada pengujian material, sehingga diperoleh agregat halus dan agregat kasar yang sudah tidak mengandung air.
4. Picnometer digunakan pada saat pengujian berat jenis
5. Loyang digunakan sebagai tempat agregat pada saat penimbangan dan pengovenan pada pengujian material.
6. *Conical mould* lengkap dengan alat penumbuk. Alat ini digunakan untuk mengukur keadaan SSD agregat halus.
7. Kerucut Abrams yang terbuat dari baja dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm. Lengkap dengan tongkat baja penumbuk. Alat ini digunakan untuk mengukur nilai Slump adukan beton.
8. Mesin molen digunakan untuk mengaduk campuran bahan pengisi beton.
9. Gerobak dorong digunakan untuk mengangkut material pengisi beton dan benda uji.
10. Cetakan tabung silinder ( $\varnothing$  15 x t 30) cm digunakan untuk mencetak benda uji.
11. Mesin uji UTM (*Universal Testing Machine*), digunakan untuk menguji kuat tekan beton.
12. Alat bantu lain, sekop, ember dll.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini meliputi pengambilan dan pengumpulan data-data bahan yang akan digunakan sebagai pembentuk beton. Tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian selengkapnya sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan terlebih dahulu agar penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
- b. Melakukan pengujian terhadap bahan yang digunakan. Tahap ini dilakukan pengujian terhadap uji karakteristik agregat halus dan agregat kasar.

Tabel. 3.2. Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus

Karakteristik Agregat Halus	Interval	Standar
Berat Jenis SSD	1,6 gr - 3,2 gr	ASTM C128
Water Absorbtion	0,2% - 2,0%	ASTM C128
Berat Volume	1,4 – 1,9 kg/ltr	ASTM C29
Kadar Air	3,0% - 5,0%	ASTM C556
Modulus Kehalusan	1,50% - 3,8%	SNI 03–2461–1991/2002
Kadar Lumpur	0,2% - 5,0 %	SNI 03–2461–1991/2002
Kadar Organik	No 1 - 3	SNI 03–2461–1991/2002

Sumber : Hasil Penelitian

Table. 3.3. Spesifikasi Karakteristik Agregat Kasar

Karakteristik Agregat kasar	Interval	Standar
Berat Jenis SSD	1,6% - 3,2 %	ASTM C127
Water Absorbtion	0,2% - 4,0%	ASTM C127
Berat Volume	1,6 - 1,9 kg/ltr	ASTM C29
Kadar Air	0,5% - 2,0%	ASTM C566
Modulus Kehalusan	6,0% - 7,10%	SNI 03–2461–1991/2002
Kadar Lumpur	0,2%- 1,0%	SNI 03–2461–1991/2002
Keausan (Abration)	15% - 50%	ASTM C131

Sumber : Hasil Penelitian

- c. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ditentukan melalui penelitian terdahulu dengan kuat tekan rencana 20 MPa pada umur 28 hari dengan metode Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal merupakan adopsi dari *Department Of Environment (DoE)* dan menggunakan Badan Standarisasi Nasional SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis.

d. Variabel Penelitian

- Variabel Bebas yaitu variasi prosentase *fly ash* 0%,10%, 20%, 30% dan 40% yang disubtitusikan dengan semen.

Table. 3.4. Notasi dan Jumlah Sampel

Notasi Sampel Pengujian				
<i>Fly Ash</i> 0% semen 100%	<i>Fly Ash</i> 10% semen 90%	<i>Fly Ash</i> 20% semen 80%	<i>Fly Ash</i> 30% semen 70%	<i>Fly Ash</i> 40% semen 60%
I-1 (0 %)	II-1 (10 %)	III-1 (20 %)	IV-1 (30 %)	V-1 (40 %)
I-2 (0 %)	II-2 (10 %)	III-2 (20 %)	IV-2 (30 %)	V-2 (40 %)
I-3 (0 %)	II-3 (10 %)	III-3 (20 %)	IV-3 (30 %)	V-3 (40 %)
I-4 (0 %)	II-4 (10 %)	III-4 (20 %)	IV-4 (30 %)	V-4 (40 %)

- Variabel Terikat yaitu kebutuhan agregat dalam campuran beton, dan kuat tekan beton.

e. Pembuatan benda uji

- Penakaran material beton (agregat kasar, agregat halus, semen, air dan *fly ash*) sesuai dengan hasil *mix design*.
- Melakukan pencampuran material beton yang sebelumnya material tersebut dibersihkan dan ditimbang sesuai dengan proporsi yang telah direncanakan. Masukkan material beton ke dalam molen, kemudian melakukan pengadukan.

- Setelah tercampur merata adukan beton dituang ke dalam talam dan dilakukan pengukuran slump.
  - Benda uji disimpan selama 24 jam kemudian dikeluarkan dari cetakan dan kemudian beton direndam selama 28 hari.
- f. Melakukan pengujian kuat tekan beton.
  - g. Hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan variabel-variabel yang diteliti.
  - h. Data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

**BOSOWA**



UNIVERSITAS

BAB IV



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan mesin uji UTM (*Universal Testing Machine*) sampai kondisi beton uji rusak. Berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari material penyusun beton.

##### 4.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

Pengujian Agregat halus dilakukan untuk mendapatkan data-data yang nantinya dipakai untuk perhitungan *mix design*. Hasil pengujian karakteristik agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut ini :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Karakteristik Agregat Halus	Interval	Hasil	Ket.	Standar
Berat Jenis SSD	1,6 - 3,2	2,25	Memenuhi	ASTM C128
Penyerapan	0,2% - 2,0%	1,80	Memenuhi	ASTM C128
Berat Volume	1,4 – 1,9 kg/ltr	1,32	Memenuhi	ASTM C29
Kadar Air	3% - 5%	2,97	Memenuhi	ASTM C556
Modulus Kehalusan	1,50% - 3,8%	2,66	Memenuhi	SNI 03–2461–1991/2002
Kadar Lumpur	0,2% - 5 %	2,12	Memenuhi	SNI 03–2461–1991/2002
Kadar Organik	No 1 – 3	No. 2	Memenuhi	SNI 03–2461–1991/2002

Sumber : Hasil Pengujian

#### 4.1.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian Agregat Kasar dilakukan untuk mendapatkan data-data yang nantinya dipakai untuk perhitungan *mix design*. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.2. berikut ini :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Karakteristik Agregat Kasar	Interval	Hasil	Ket.	Standar
Berat Jenis SSD	1,6 - 3,2	2,55	Memenuhi	ASTM C127
Penyerapan	0,2% - 4,0%	1,52	Memenuhi	ASTM C127
Berat Volume	1,6 - 1,9 kg/ltr	1,66	Memenuhi	ASTM C29
Kadar Air	0,5% - 2,0%	1,32	Memenuhi	ASTM C566
Modulus Kehalusan	6% - 7,10%	6,52	Memenuhi	SNI 03-2461-1991/2002
Kadar Lumpur	0,2%- 1%	0,44	Memenuhi	SNI 03-2461-1991/2002
Keausan (Abration)	15% - 50%	22,56	Memenuhi	ASTM C131

Sumber : Hasil Pengujian

Dari tabel hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir) dan kasar (batu pecah) di atas, telah menunjukkan pada umumnya agregat yang digunakan memenuhi syarat.

#### 4.1.3 Rencana Campuran Adukan Beton

Analisis perhitungan rancangan campuran terdapat pada lampiran dan kebutuhan bahan campuran beton di peroleh pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Proporsi Kebutuhan Bahan Campuran Beton Setiap m<sup>3</sup> Untuk  
Tiap Kadar Substitusi antara Semen dan Fly Ash

Bahan	Sat.	Perlakuan				
		0%	10%	20%	30%	40%
Semen	kg	410	369	328	287	246
Fly Ash	kg	0	41	82	123	164
Air	kg	205	205	205	205	205
Pasir	kg	650	650	650	650	650
Kerikil	kg	975	975	975	975	975
<b>Berat Total</b>	<b>kg</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 Proporsi Kebutuhan Bahan Campuran Beton Variasi Untuk 20  
Silinder Tiap Kadar Substitusi antara Semen dan Fly Ash

Volume 1 Sampel (m <sup>3</sup> )	Total Volume 4 Sampel (m <sup>3</sup> )	Bahan (kg)	Perlakuan				
			0%	10%	20%	30%	40%
0.0053	0.0212	Semen	8.70	7.83	6.96	6.09	5.22
		Fly Ash	0	0.87	1.74	2.61	3.48
		Air	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35
		Pasir	13.79	13.79	13.79	13.79	13.79
		Kerikil	20.68	20.68	20.68	20.68	20.68
		<b>Berat Total</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## 4.2 Pembahasan

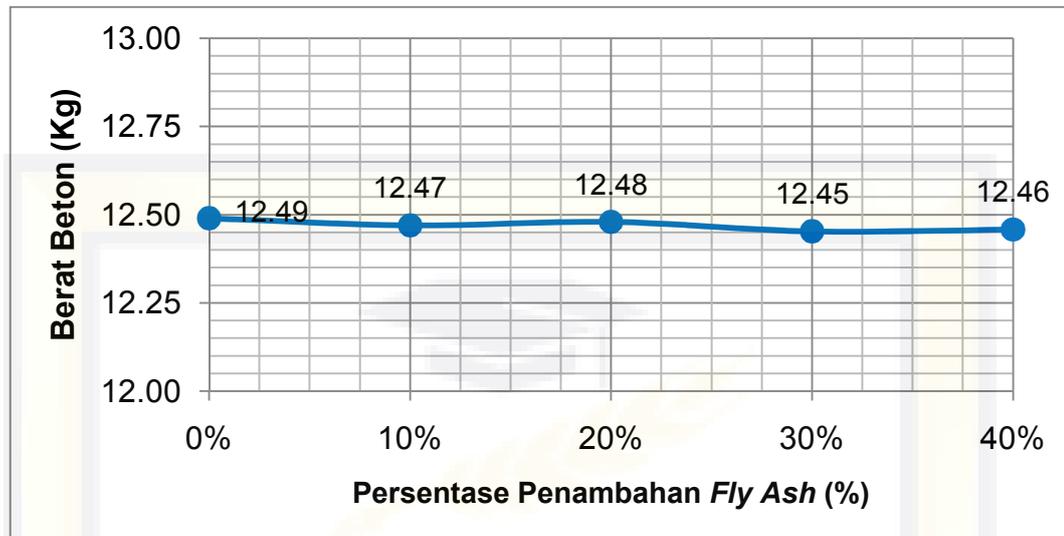
### 4.2.1 Pengaruh Kadar *Fly Ash* Terhadap Berat Beton

Hasil pemeriksaan berat volume rata-rata menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *fly ash*, tidak berpengaruh terhadap berat beton. Hal ini disebabkan karena berat jenis *fly ash* sendiri yang ringan sedangkan dalam campuran beton tidak mengurangi komposisi material, sehingga dengan prosentase penambahan *fly ash* tidak mempengaruhi berat beton.

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata

No Sampel	Persentase Penambahan Fly Ash	Satuan	Berat Beton Rata-Rata
I	0 %	kg	12,49
II	10 %	kg	12,47
III	20 %	kg	12,48
IV	30 %	kg	12,45
V	40 %	kg	12,46

Sumber : Hasil Pengujian



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Prosentase Subtitusi antara Semen dan Fly Ash terhadap Berat Beton

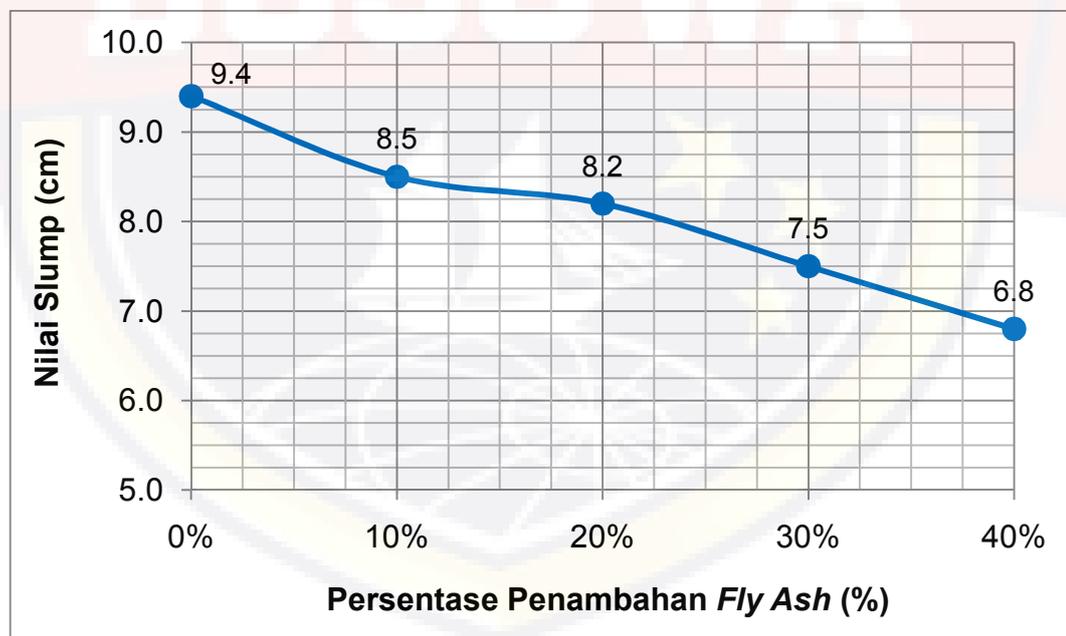
#### 4.2.2 Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Nilai Slump

Dari masing-masing campuran adukan beton tersebut dilakukan pengujian *slump*. Nilai *slump* diperlukan untuk mengetahui *workabilitas* dari campuran beton. Nilai *slump* yang beragam dari setiap variasi beton disebabkan oleh kandungan *fly ash*, tetapi nilai *slump* yang didapat masih dalam batas toleransi nilai *slump* rencana antara 60-180 mm. Dari hasil pengujian nilai *slump* menunjukkan bahwa nilai *slump* menurun seiring bertambahnya persentase *fly ash* dalam campuran beton. Hal ini menunjukkan bahwa *fly ash* dapat menyerap air dengan baik. Dapat disimpulkan bahwa penambahan *fly ash* berpengaruh terhadap nilai *slump*, makin besar persentase *fly ash* pada campuran beton maka nilai *slump* makin kecil. Hasil *slump* adukan beton dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.2.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Slump*

No Sampel	Persentase Penambahan Fly Ash	Satuan	Nilai Slump
I	0 %	cm	9.4
II	10 %	cm	8.5
III	20 %	cm	8.2
IV	30 %	cm	7.5
V	40 %	cm	6.8

Sumber : Hasil Pengujian



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Prosentase Substitusi antara Semen dan *Fly Ash* terhadap Nilai *Slump*

### 4.2.3 Pengaruh Kadar *Fly Ash* Terhadap Kuat Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah benda uji silinder telah berumur 28 hari dengan tekan rencana  $f_c'$  20 MPa. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi penggantian sebagian semen terhadap *fly ash*.

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$P = 458,50 \text{ KN} \quad (\text{Sampel I-1 beton normal})$$

$$= 458,50 \times 100$$

$$= 45850 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2$$

$$= 176,7 \text{ cm}^2$$

$$f_c' = \frac{45850}{176,7}$$

$$= 259,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 25,94 \text{ MPa}$$

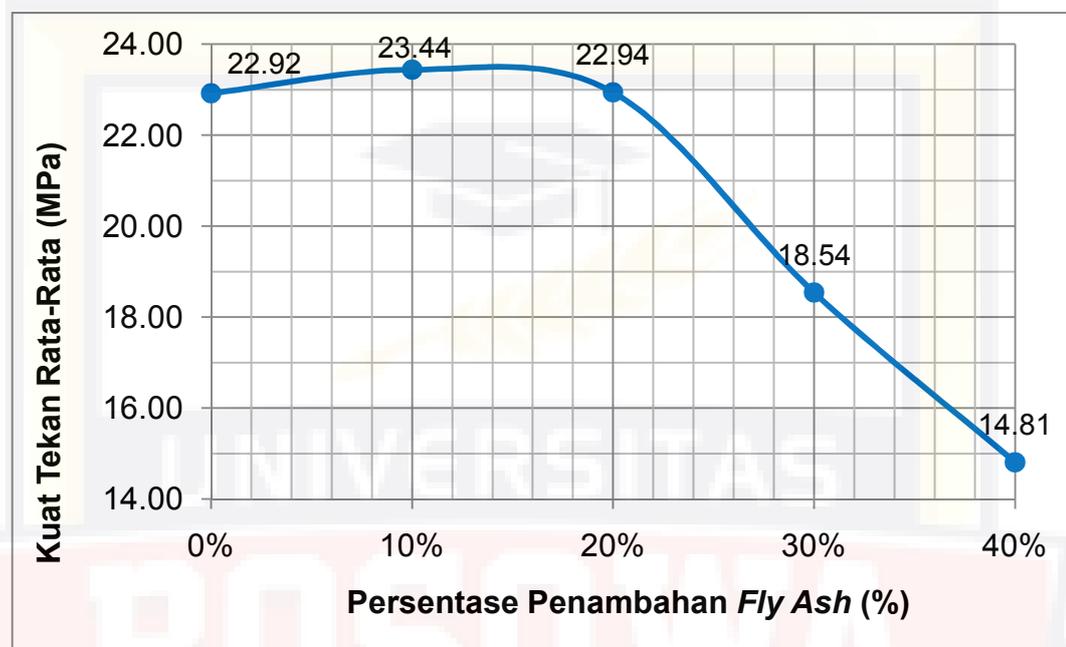
Hasil uji kuat tekan beton dengan berbagai variasi penggantian sebagian semen terhadap *fly ash* dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan

No Sampel	Persentase Penambahan Fly Ash	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
I - 1	0 %	25.94	22.92
I - 2		20.45	
I - 3		20.38	
I - 4		24.90	
II - 1	10 %	22.78	23.44
II - 2		26.16	
II - 3		20.81	
II - 4		24.02	
III - 1	20 %	27.09	22.94
III - 2		21.33	
III - 3		21.29	
III - 4		22.07	
IV - 1	30 %	19.24	18.54
IV - 2		18.54	
IV - 3		18.73	
IV - 4		17.64	
V - 1	40 %	16.22	14.81
V - 2		14.13	
V - 3		13.61	
V - 4		15.29	

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada table 4.7 dapat digambarkan grafik seperti terlihat pada gambar 4.3. berikut ini :



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Prosentase Subtitusi antara Semen dan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton dengan persentase substitusi *fly ash*, pada umur 28 hari. Dari rangkaian grafik di atas pada persentase substitusi *fly ash* sebesar 10% kuat tekan rata-rata mengalami kenaikan dan kuat tekan maksimum terjadi pada substitusi 10% yaitu sebesar 23.44 MPa. Sedangkan pada substitusi *fly ash* sebesar 30% dan 40%, kuat tekannya menjadi menurun di bawah beton normal yakni 18.54 MPa dan 14.81 MPa. Hal ini terjadi karena pengikatan semen menjadi berkurang akibat banyaknya substitusi penambahan *fly ash* dan bahan ganti memiliki ketentuan optimum untuk dapat meningkatkan

kuat tekan beton, bukan berarti dengan semakin banyak bahan ganti akan meningkatkan kuat tekan beton, justru malah mengurangi kekuatan beton.





UNIVERSITAS

BAB V



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian sebagai berikut :

1. Pada presentase substitusi abu terbang (*fly ash*) 10% mengalami peningkatan dan yang maksimum kuat tekan beton rata-ratanya sebesar 23.44 MPa dan kuat tekan beton rata-rata yang mengalami penurunan terjadi pada substitusi 20% yaitu sebesar 22.94 MPa, dengan kuat tekan beton rencana sebesar 20 MPa.
2. Pada presentase substitusi abu terbang (*fly ash*) 30% dan 40% kuat tekan beton menurun di bawah beton normal yakni 18.54 MPa dan 14.81 MPa, sedangkan kuat tekan beton normal didapatkan sebesar 22.92 MPa. Hal ini terjadi karena pengikatan semen menjadi berkurang akibat terlalu banyak penambahan kadar abu terbang (*fly ash*) dan bahan tambah memiliki ketentuan optimum untuk dapat meningkatkan kuat tekan beton, bukan berarti dengan semakin banyak bahan tambah akan meningkatkan kuat tekan beton, justru malah mengurangi kekuatan beton.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan kesimpulan yang terkait maka dapat diperlukan beberapa saran seperti yang disebutkan sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan beton diperlukan material campuran yang berkualitas. Bahan yang digunakan harus teruji dengan hasil yang baik. Di samping itu ketelitian dan perencanaan campuran (*mix design*) serta ketelitian dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan.
2. Dalam pembuatan beton hendaknya perlu quality control yang baik.
3. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan beton, karena apabila dalam pemadatan kurang baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. (SNI 2847-2013). Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- \_\_\_\_\_. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002). *Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*. Surabaya : ITS Press.
- \_\_\_\_\_. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. (SNI 03-2834-2000). Badan Standardisasi Nasional.
- \_\_\_\_\_. 1991. *Standar SK SNI T-15-1990-03 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Yayasan LPMB. Departemen Pekerjaan Umum.
- \_\_\_\_\_. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2*. Bandung : Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Armeyn. 2014, *Kuat Tekan Beton Dengan Fly Ash Ex. PLTU Sijantang Sawahlunto*. Padang: Jurnal Momentum. Vol. 16 No. 2. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Nawy, Edward, G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT. Refika Aditama.
- Riyadi, M. dan Amalia. 2005. *Teknologi Bahan I*. Jakarta : Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
- Saputro, A, Budhi. 2008. *Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi dengan Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan  $f'c$  45 MPa*. Yogyakarta : Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Susilorini, R. dan Sambowo, K, A. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton Edisi ke- 2*. Semarang : Surya Perdana Semesta.
- Syaka, D, R, Wiyati. 2013. *Pembuatan Beton Normal dengan Fly Ash Menggunakan Mix Desain yang Dimodifikasi*. Jember : Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.



# LAMPIRAN I

Pemeriksaan Karakteristik

Agregat Halus



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Penelitian : Uji Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar  
Material : Pasir  
Tanggal : 4-Nov-2016  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	II
W1	Berat Wadah	Gram	163.8	169.3
W2	Berat Wadah + Benda Uji Sebelum dioven	Gram	1163.8	669.3
W3	Berat Benda Uji Sebelum dioven (W2-W1)	Gram	1000	500
W4	Berat Wadah + Berat Benda Uji Setelah dioven	Gram	1142.1	651.4
W5	Berat Benda Uji Setelah dioven (W4-W1)	Gram	978.3	482.1
	Kadar Air = $\frac{W3 - W5}{W5} \times 100 \%$	%	2.218	3.713
	Kadar Air Rata-Rata	%	2.966 ✓	

Standar spesifikasi kadar air agregat halus, interval 3% - 5%



Peneliti

Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Penelitian : Uji Karakteristik Material : Pasir  
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 4-Nov-2016  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	II
W1	Berat Talam	Gram	67.5	93.4
W2	Berat Talam + Benda Uji Kering Oven Sebelum dicuci	Gram	217.5	193.4
W3	Berat Benda Uji Kering Oven Sebelum dicuci (W2-W1)	Gram	150	100
W4	Berat Wadah + Berat Benda Uji Setelah dicuci dan dioven	Gram	214	191.5
W5	Berat Benda Uji Setelah dicuci dan dioven (W4-W1)	Gram	146.5	98.1
	$Kadar\ Air = \frac{W3 - W5}{W3} \times 100\%$	%	2.333	1.900
	Kadar Air Rata-Rata	%	2.117 ✓	

Sundar spesifikasi kadar lumpur agregat halus, interval 0,2% - 5,0%



Peneliti  
  
Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Penelitian : Uji Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar  
Material : Pasir  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur  
Tanggal : 5-Nov-2016

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			KONDISI PADAT	KONDISI LEPAS
W1	Berat Mould	kg	3.754	3.754
W2	Berat Mould + Bend Uji	kg	5.100	4.790
W3	Berat Benda Uji (W2-W1)	kg	1.346	1.036
W4	Volume Mould ( $\pi r^2 t$ )	ltr	0.903	0.903
BV	Berat Volume = $\frac{W3}{W4}$	kg/ltr	1.491	1.148
	Berat Volume Rata-Rata	kg/ltr	1.319 ✓	

Standar spesifikasi berat volume agregat halus, interval 1,4 - 1,9 kg/ltr



Peneliti  
*Alwi Makmur*  
Alwi Makmur  
45 15 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Penelitian : Uji Karakteristik  
Agregat Halus dan Agregat Kasar  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

Material : Pasir  
Tanggal : 5-Nov-2016

KODE	URAIAN	SAT.	PERCOBAAN	
			I	II
W1	Berat Pycnometer	Gram	178.40	186.40
W2	Berat Benda Uji Kering Kondisi Jenuh Kering Permukaan (SSD)	Gram	500.00	500.00
W3	Berat Pycnometer + Air + Berat Benda Uji SSD	Gram	993.40	901.70
W4	Berat Benda Uji SSD Kering Oven	Gram	489.10	493.20
W5	Berat Pycnometer + Air	Gram	668.30	706.30
BJ	Bulk spec gravity SSD basic (berat jenis kering-permukaan jenuh) = $\frac{W2}{W2 + (W5 - W3)}$		2.8588	1.6415
	Water absorption ( penyerapan ) = $\frac{W2 - W4}{W4} \times 100\%$	%	2.229	1.379
	Berat Volume Rata-Rata SSD		2.250	
	Berat Volume Rata-Rata Water Absorbtion	%	1.804 ✓	

Standar spesifikasi berat jenis agregat halus, interval 1,6 - 3,2 gram  
Standar spesifikasi penyerapan agregat halus, interval 0,2 - 2,0 %



Pengisi  
  
Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Penelitian : Uji Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar  
Material : Pasir  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur  
Tanggal : 5-Nov-2016

Saringan No (mm)	Berat Saringan (B)	Berat Saringan + Benda Uji (C)	Tertahan		Persentase Kumulatif		Spesifikasi Zona II
			Gram (D)	%	Tetahan	Lolos	
9,6 mm (No. 3/8 in)						100	100
4,8 mm (No. 4)	493.0	502.0	9.00	0.94	0.94	99.06	90-100
2,4 mm (No. 8)	409.3	481.5	72.20	7.53	8.47	91.53	75-100
1,2 mm (No. 16)	393.4	451.0	57.60	6.01	14.47	85.53	55-90
0,6 mm (No. 30)	343.8	738.8	395.00	41.19	55.66	44.34	35-59
0,3 mm (No. 50)	310.1	620.1	310.00	32.33	87.99	12.01	8-30
0,15 mm (No. 100)	296.2	401.0	104.80	10.93	98.92	1.08	0-10
Pan	266.4	276.8	10.40	1.08	100.00	0	
Jumlah			959	100	266.44		
Modulus Kehalusan (Fr) = $\frac{\sum \% \text{ kumulatif lolos}}{100}$					2.66		✓

Standar spesifikasi analisa saringan agregat halus, interval 1,5 - 3,8



Peneliti  
Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS

Penelitian : Uji Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar  
Material : Pasir  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur  
Tanggal : 5-Nov-2016

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	KET.
W1	Volume Sampel	ml	130	✓
W2	Volume Sampel + Larutan NaOH 3 %	ml	200	✓
W3	Warna larutan setelah 24 jam dibandingkan dengan warna standar		No 1	Tanpa Warna Sampai Kuning Muda
			No 2	Kuning Muda
			No 3	Kuning Kemerahmerahan
			No 4	Coklat Kemerahmerahan
			No 5	Coklat tua

Standar spesifikasi kadar organik agregat halus, interval no 1 - 3



Peneliti

Alwi Makmur  
45 13 041 166



# LAMPIRAN II

Pemeriksaan Karakteristik

Agregat Kasar





KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Penelitian : Uji Karakteristik; Material : Kerikil  
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 4-Nov-2016  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	II
W1	Berat Wadah	Gram	240.5	243.4
W2	Berat Wadah + Benda Uji Sebelum dioven	Gram	1000	2000
W3	Berat Benda Uji Sebelum dioven (W2-W1)	Gram	759.5	1756.6
W4	Berat Wadah + Berat Benda Uji Setelah dioven	Gram	986	1986.6
W5	Berat Benda Uji Setelah dioven (W4-W1)	Gram	745.5	1743.2
	$Kadar\ Air = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\%$	%	1.878	0.769
	Kadar Air Rata-Rata	%	1.323 ✓	

Standar spesifikasi kadar air agregat kasar, interval 0.5% - 2.0%

Dosen Pembimbing Lab. Uji Bahan



Peneliti

Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR

Penelitian : Uji Karakteristik Material : Kerikil  
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 4-Nov-2016  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	II
W1	Berat Talam	Gram	254.3	251
W2	Berat Talam + Benda Uji Kering Oven Sebelum dicuci	Gram	554.3	751
W3	Berat Benda Uji Kering Oven Sebelum dicuci (W2-W1)	Gram	300	500
W4	Berat Wadah + Berat Benda Uji Setelah dicuci dan dioven	Gram	552.7	749.3
W5	Berat Benda Uji Setelah dicuci dan dioven (W4-W1)	Gram	298.4	498.3
	$Kadar Lumpur = \frac{W3 - W5}{W3} \times 100 \%$	%	0.533	0.340
	Kadar Lumpur Rata-Rata	%	0.437 ✓	

Standar spesifikasi kadar lumpur agregat kasar, interval 0,2% - 1,0%



Peneliti

*Alwi Makmur*  
Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Penelitian : Uji Karakteristik Material : Kerikil  
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 5-Nov-2016  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			KONDISI PADAT	KONDISI LEPAS
W1	Berat Mould	kg	3.74	3.74
W2	Berat Mould + Bend Uji	kg	5.28	5.19
W3	Berat Benda Uji (W2-W1)	kg	1.54	1.45
W4	Volume Mould ( $\pi r^2 t$ )	ltr	0.90	0.90
BV	Berat Volume = $\frac{W3}{W4}$	kg/ltr	1.71	1.61
	Berat Volume Rata-Rata	kg/ltr	1.66 ✓	

Standar spesifikasi berat volume agregat kasar, interval 1,6 - 1,9 kg/ltr



Peneliti

*Alwi Makmur*  
Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Penelitian : Uji Karakteristik

Material : Kerikil

Agregat Halus dan Agregat Kasar

Tanggal : 5-Nov-2016

Dilakukan Oleh : Alwi Makmur

KODE	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	II
Bj	Berat contoh SSD di udara	Gram	2,500.00	2,500.00
Ba	Berat contoh SSD di dalam air	Gram	1,522.76	1,519.10
Bk	Berat contoh kering di oven	Gram	2,463.15	2,461.80
	Apparent Specific Gravity (Berat Jenis Semu) = $\frac{Bk}{Bk - Ba}$		2.62	2.61
	Bulk spec. gravity on dry basic (berat jenis curah) = $\frac{Bk}{Bj - Ba}$		2.52	2.51
	Bulk spec gravity SSD basic (berat jenis kering-permukaan jenuh) = $\frac{Bj}{Bj - Ba}$		2.56	2.55
	Water absorption ( penyerapan ) = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	%	1.50	1.55
	Berat Volume Rata-Rata SSD		2.55	
	Berat Volume Rata-Rata Water Absorbtion	%	1.52 ✓	

Standar spesifikasi berat jenis agregat kasar, interval 1,6 % - 3,2  
Standar spesifikasi penyerapan agregat kasar, interval 0,2 - 4,0 %



Peneliti

*Alwi Makmur*  
Alwi Makmur  
45 13 061 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Parang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Penelitian : Uji Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar Material : Kerikil  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur Tanggal : 5-Nov-2016

Saringan No (mm)	Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji	Tertahan		Persentase Kumulatif		Spesifikasi Zona II
			Gram	%	Tertahan	Lolos	
76 mm (No. 3 in)							
38 mm (No. 1 1/2 in)						100	100-100
19 mm (No. 3/4 in)	558.1	655.1	97.00	4.87	4.87	95.13	95-100
9,6 mm (No. 3/8 in)	537.1	1739.6	1202.50	60.40	65.27	34.73	30-60
4,8 mm (No. 4)	493.0	1125.3	632.30	31.76	97.03	2.97	0-10
2,4 mm (No. 8)	409.3	409.3	0.00	0.00	97.03	2.97	
1,2 mm (No. 16)	393.4	393.4	0.00	0.00	97.03	2.97	
0,6 mm (No. 30)	343.8	343.8	0.00	0.00	97.03	2.97	
0,3 mm (No. 50)	310.1	310.1	0.00	0.00	97.03	2.97	
0,15 mm (No. 100)	296.2	296.2	0.00	0.00	97.03	2.97	
Pan	266.4	325.6	59.20	2.97	100.00	0.00	
Jumlah			1991.00	100.00	652.30		
Modulus Kehalusan (Fr) = $\frac{\sum \% \text{ kumulatif lolos}}{100}$					6.52		✓

Standar spesifikasi kadar air agregat kasar, interval 6,0 - 7,10



Peneliti

Alwi Makmur  
45 13 041 166



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM UJI BAHAN DAN BETON

Alamat : Jl. Daeng Tata Purang Tambung Makassar, Telp. (0411) 864935-861507

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

Penelitian : Uji Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar  
Material : Kerikil  
Dilakukan Oleh : Alwi Makmur  
Tanggal : 5-Nov-2016

UKURAN SARINGAN		BERAT DAN GRADASI BENDA UJI ( GRAM )	
LOLOS mm (")	TERTAHAN mm (")	SEBELUM	SESUDAH
3"(76,2 mm)	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "(63,5 mm)		
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "(63,5 mm)	2"(50,8 mm)		
2"(50,8 mm)	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "(37,5 mm)		
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "(37,5 mm)	1"(25,4 mm)		
1"(25,4 mm)	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> "(19,0 mm)		
<sup>3</sup> / <sub>4</sub> "(19,0 mm)	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> "(12,5 mm)	2500	2175.3
1/2"(12,5 mm)	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> "(9,50 mm)	2500	1696.8
<sup>3</sup> / <sub>8</sub> "(9,50 mm)	<sup>1</sup> / <sub>4</sub> "(6,3 mm)		
<sup>1</sup> / <sub>4</sub> "(6,3 mm)	No.4 (4,75 mm)		
No.4 (4,75 mm)	No.8 (2,36 mm)		
Jumlah Berat Keseluruhan(gr)		5000	3872.1
Berat Tertahan Saringan no. 12 (1,7 mm)			1127.9
Keausan Agregat Kasar (%) = $\frac{A - B}{A} \times 100 \%$			22.56% ✓

Standar spesifikasi keausan agregat kasar, interval 15% - 50%



Uji Bahan

Peneliti

Alwi Makmur  
45 13 04 1 166



# LAMPIRAN III

**BOSOWA**  
*Mix Design*



## MIX DESIGN

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*) dengan kuat tekan rencana 20 MPa pada umur 28 hari dengan metode Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal merupakan adopsi dari *Department Of Environment* (DoE) dan menggunakan Badan Standarisasi Nasional SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

### A. Data Karakteristik Material

Tabel 1 Data Karakteristik Material

JOB	AGREGAT HALUS	AGREGAT KASAR
Spesific Grafity		
- SSD	2,250	2,550
- Water Absorbtion (%)	1,804	1,520
Berat Volume (kg/ltr)	1,319	1,660
Kadar Air (%)	2.966	1,323
Analisa Saringan	2.660	6,520

Sumber : Hasil Penelitian Uji Karakteristik

## B. Langkah-Langkah Perhitungan

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton dengan metode SNI 2847 : 2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) dan SNI 03-2834-2000 (Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal) merupakan adopsi dari *Department Of Environment* (DOE). Berikut merupakan langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton :

- 1) Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur tertentu, yaitu  **$f_c'$  20 MPa**.
- 2) Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pelaksanaan campuran di lapangan. Makin baik mutu pelaksanaannya makin kecil nilai deviasi standarnya. Bila fasilitas produksi beton mempunyai catatan uji kekuatan tidak lebih dari 24 bulan lamanya (SNI 2847 : 2013 - 5.3.1.1), deviasi standar contoh uji,  $S_s$ , harus dihitung. Nilai deviasi standar ( $S_s$ ) dihitung dengan rumus :

$$S_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_1 - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

dimana :

$S_s$  = Standar deviasi

$x_1$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = Kuat tekan beton rata-rata

$n$  = Jumlah hasil uji kuat tekan (minimum 30 benda uji)

Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus :

- a. Harus mewakili material, prosedur kontrol kualitas dan kondisi yang serupa.
- b. Harus mewakili beton yang dibuat untuk memenuhi kekuatan yang disyaratkan atau kekuatan tekan  $f_c'$  pada kisaran 7 MPa.
- c. Harus terdiri dari sekurang-kurangnya 30 hasil pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 hasil pengujian.

Jika fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji kekuatan yang memenuhi persyaratan (SNI 2847 : 2013 - 5.3.1.1 (c)), tetapi mempunyai catatan uji tidak lebih dari 24 bulan lamanya berdasarkan pada pengujian sebanyak 15 sampai 29 hasil pengujian secara berurutan, maka deviasi standar benda uji  $S_s$  ditentukan sebagai hasil perkalian antara nilai deviasi standar benda uji yang dihitung dan faktor modifikasi dari Tabel 2 (Tabel SNI 2847 : 2013 - 5.3.1.2).

Tabel 2 Faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji jika jumlah pengujian kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji
Kurang dari 15	Gunakan tabel 3
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1

Sumber : SNI 2847 : 2013

3) Menghitung kuat tekan rata-rata perlu

- a. Kekuatan tekan rata-rata perlu  $f'_{cr}$  yang digunakan sebagai dasar pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan dari tabel 3 (Tabel SNI 2847 : 2013 - 5.3.2.1) menggunakan deviasi standar benda uji,  $S_s$ , dihitung sesuai dengan langkah 2.

Tabel 3 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 2847 : 2013

- b. Bila fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji kekuatan lapangan untuk perhitungan  $S_s$  yang memenuhi ketentuan dari langkah 2, maka kekuatan rata-rata perlu  $f'_{cr}$  harus ditetapkan dari table 4 (Tabel SNI 2847 : 2013 - 5.3.2.2).

Tabel 4 Kekuatan tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

Sumber : SNI 2847 : 2013

Berdasarkan table 4 jika diketahui tidak tersedia data standar deviasi dari campuran beton tersebut, maka digunakan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + 7,0 \quad (\text{karena } f'_c \text{ kurang dari 21 MPa})$$

dimana :

$$f'_{cr} = \text{Kuat tekan rata-rata (MPa)}$$

$$f'_c = \text{Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)}$$

Dengan menggunakan rumus di atas, maka

$$f'_{cr} = f'_c + 7,0$$

$$f'_{cr} = 20 + 7,0$$

$$= 27 \text{ MPa}$$

- 4) Menetapkan jenis semen yang akan digunakan, dalam hal ini digunakan Semen Portland type I.

- 5) Menentukan jenis agregat, agregat ini dapat dalam bentuk :
- Agregat halus; tak dipecahkan (pasir) alami (pasir kali)
  - Agregat kasar; dipecahkan; berupa batu pecah (batu pecah)
- 6) Menentukan faktor air semen. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 5 dan Gambar 1 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Tabel 5 Perkiraan kekuatan tekan beton (MPa) dengan Faktor Air Semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

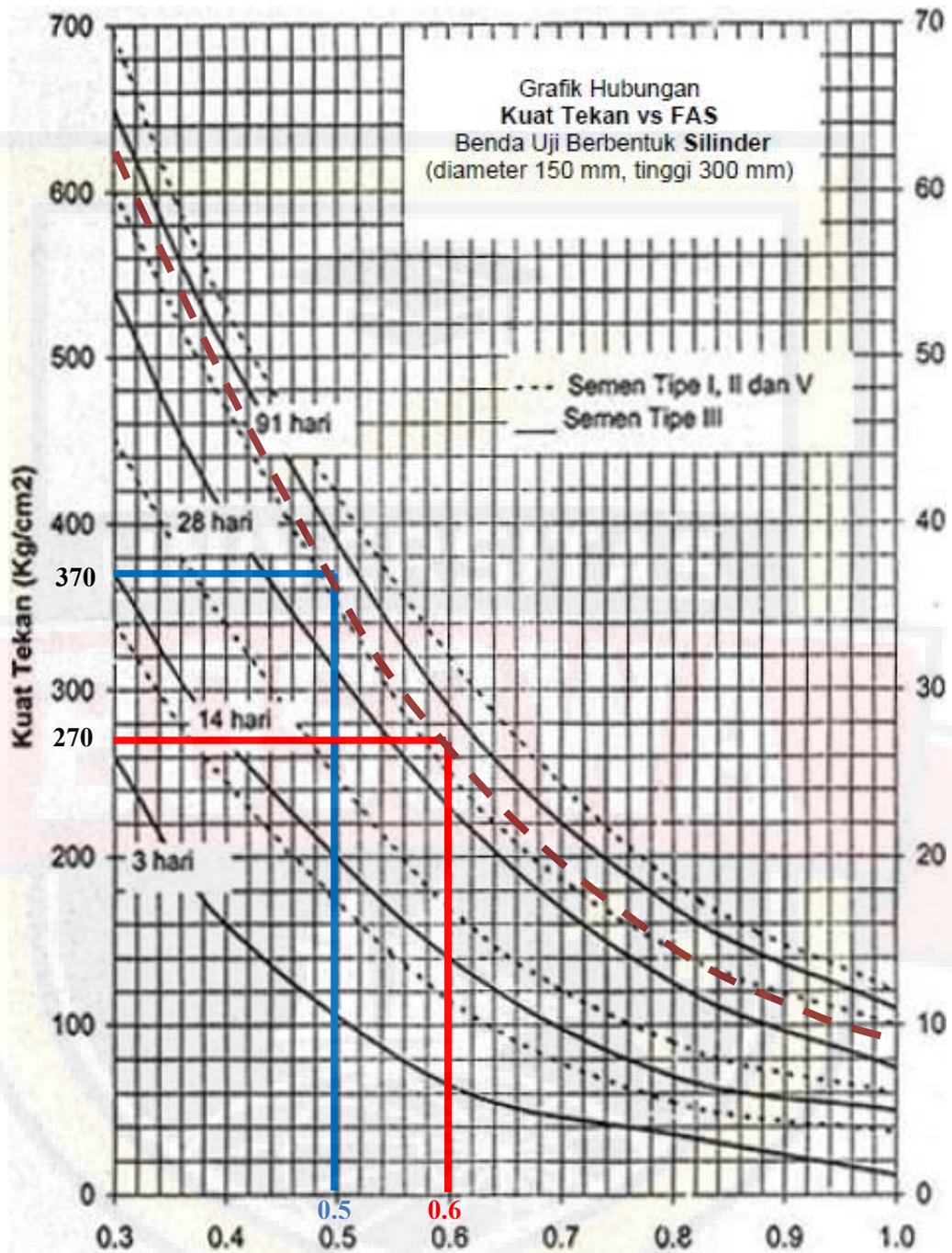
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat tekan (MPa)				Bentuk Benda uji
		Pada umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I Atau Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe 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

A. Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan tabel di atas sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.

B. Perhatikan Grafik 1

- a) Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 5 sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai
- b) Lihat gambar 1 untuk benda uji berbentuk silinder
- c) Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir (a) di atas
- d) Tarik garis lengkung melalui titik pada sub butir (c) secara proporsional
- e) Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir (d) di atas
- f) Tarik garis tegak lurus ke bawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan



Grafik 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen  
(Benda Uji Berbentuk Silinder D 150 mm Tinggi 300 mm)

- 7) Menetapkan faktor air semen maksimum, yaitu 0,60. Apabila faktor air semen yang diperoleh pada langkah 6 lebih rendah dari langkah ini, maka pada perhitungan selanjutnya digunakan faktor air semen yang lebih kecil. Dipakai FAS = 0,50.

Tabel 6 Persyaratan faktor air-semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan 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 ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
<b>b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung</b>	<b>275</b>	<b>0,60</b>
Beton masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 5 SNI 03-2834-2000
Beton yang kontinyu berhubungan :		Tabel 6
a. Air tawar		SNI 03-2834-2000
b. Air laut		SNI 03-2834-2000

Sumber : SNI 03-2834-2000

- 8) Menetapkan slump pada table 7, dalam hal ini slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan yakni 60-180 mm.

Tabel 7 Perkiraan kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan beton

Besar Ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	<b>60 – 180</b>
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
<b>20</b>	<b>Alami</b>	<b>135</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>195</b>
	<b>Batu pecah</b>	<b>170</b>	<b>190</b>	<b>210</b>	<b>225</b>
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

- 9) Menetapkan ukuran agregat maksimum, dalam hal ini ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm.
- 10) Menetapkan kadar air bebas

Berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan, lihat tabel 7. Apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan batu pecah), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus:

$$KAB = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$$

dimana:

$KAB$  = Jumlah air yang dibutuhkan (kg/m<sup>3</sup>)

$W_h$  = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

$W_k$  = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

Berdasarkan data yang telah diperoleh, agregat tertahan pada saringan 20 mm. Nilai  $W_h$  dan  $W_k$  dapat dilihat pada ukuran besar butir agregat maksimum 20 pada slump 60-180. Maka diperoleh nilai  $W_h = 195$  dan  $W_k = 225$ .

Dengan melihat rumus di atas, maka :

$$\begin{aligned}\text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \\ &= \frac{2}{3}(195) + \frac{1}{3}(225) \\ &= 205 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

- 11) Menghitung jumlah semen yang besarnya kadar semen, dengan rumus :

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{KAB}}{\text{FAS}}$$

dimana :

KAB = Kadar air bebas

FAS = Faktor air semen

$$\begin{aligned}\text{Kadar Semen} &= \frac{\text{KAB}}{\text{FAS}} \\ &= \frac{205}{0,5} \\ &= 410 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

- 12) Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang

ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan tabel 6, yakni 275 kg/m<sup>3</sup>.

13) Menghitung kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari Langkah 11 ternyata lebih sedikit daripada Langkah 12, maka kebutuhan semen harus dipakai yang nilainya lebih besar 410 kg/m<sup>3</sup>.

14) Menentukan daerah gradasi agregat halus, ditetapkan pada zona II

Tabel 8 Batasan susunan butiran agregat halus

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan (Ayakan)			
				Pasir Kasar Gradasi No. 1	Pasir Sedang Gradasi No. 2	Pasir Agak Halus Gradasi No. 3	Pasir Halus Gradasi No. 4
mm	SNI	ASTM	inch				
9,50	9,6	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> "	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

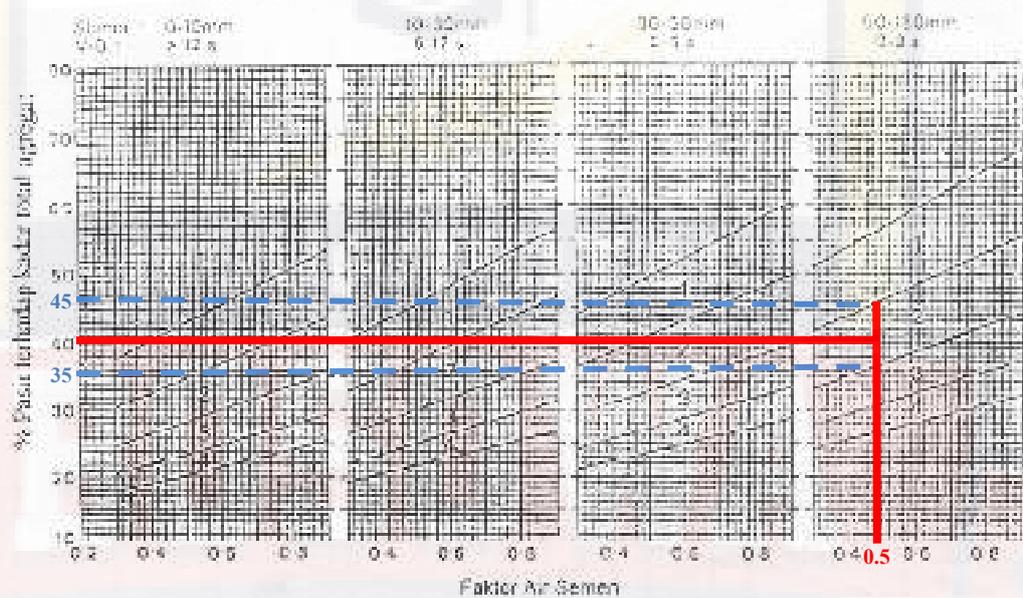
Sumber : SNI 03-2834-2000

15) Menghitung perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik.

Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar yang tertahan

pada saringan 20 mm, nilai *slump* 60-180 mm, FAS 0.5 dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik 2 dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Grafik 2 Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butiran maksimum 20 mm

Presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.

$$\% \text{ Agregat halus (AH)} = \frac{35 \% + 45 \%}{2} = 40 \%$$

$$\text{Agregat halus (AH)} = 40 \%$$

$$\text{Agregat Kasar (AK)} = 100 \% - 40 \% = 60 \%$$

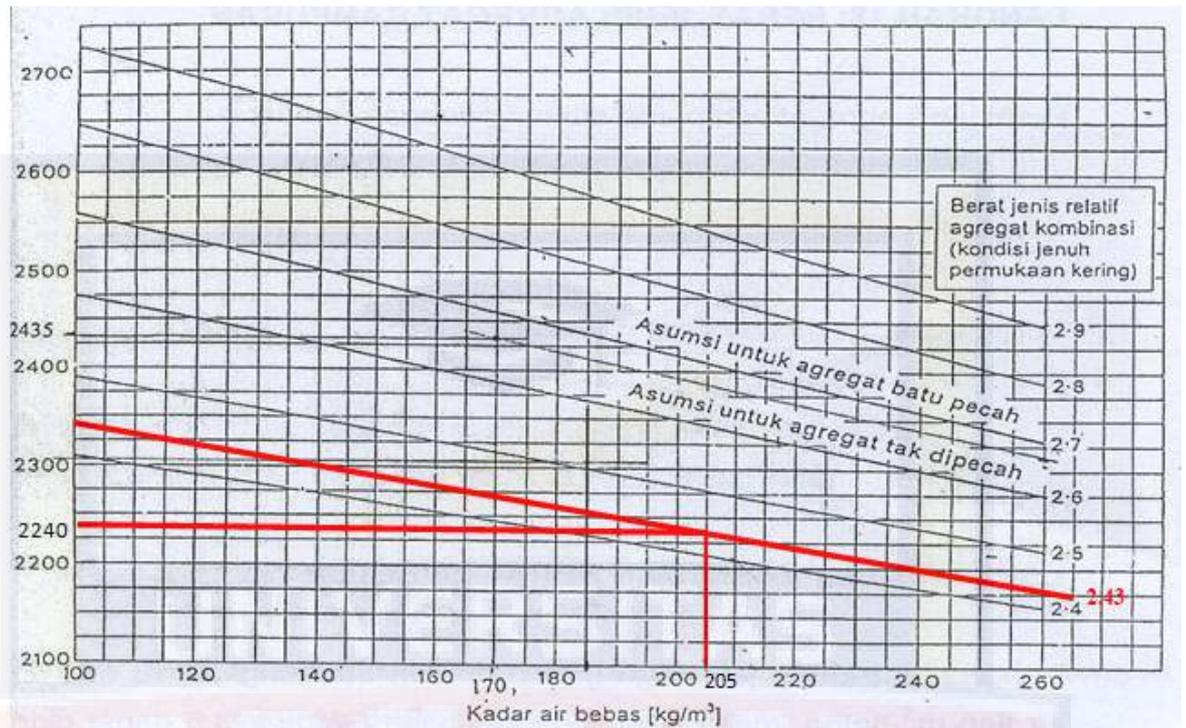
16) Menghitung berat jenis relatif agregat

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis AH dan AK} &= \frac{A_H}{100} \times B_J.AH + \frac{A_K}{100} \times B_J.AK \\ &= \frac{40}{100} \times 2,25 + \frac{60}{100} \times 2,55 \\ &= \mathbf{2,43 \text{ Kg/m}^3}\end{aligned}$$

17) Menghitung berat jenis beton basah

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 16 dan kebutuhan air tiap m<sup>3</sup> beton, maka dengan grafik 3 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut :

- Dari berat jenis agregat campuran pada Langkah 16 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada Grafik 3.
- Kebutuhan air yang diperoleh pada Langkah 10 dimasukkan dalam Grafik 3 dan dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai kurva yang dibuat pada langkah pertama.
- Dari titik potong ini, tarik garis horisontal kekiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Grafik 3 Penentuan Berat Isi Beton yang Dimampatkan Secara Penuh

18) Menghitung kadar agregat gabungan

$$BAG = BVBB - KS - KAB$$

dimana :

BAG = Berat agregat gabungan (kg)

BVBB = Berat volume beton basah  
(kg/m<sup>3</sup>)

KS = Kadar semen (kg/m<sup>3</sup>)

KAB = Kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>)

$$BAG = BVBB - KS - KAB$$

$$= 2240 - 410 - 205$$

$$= 1625 \text{ Kg/m}^3$$

19) Menghitung kadar agregat halus

Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir langkah 15 dengan agregat gabungan langkah 18.

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 40 \% \times \text{BAG} \\ &= 40 \% \times 1625 \\ &= 650 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

20) Menghitung kadar agregat kasar

Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah hasil kurang berat kadar agregat gabungan langkah 18 dengan kadar agregat halus langkah 19.

$$\begin{aligned}\text{Kerikil} &= 1625 - 650 \\ &= 975 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

✚ **Proporsi Kebutuhan Bahan Campuran Beton Setiap m3 Untuk Tiap Kadar Substitusi antara Semen dan Fly Ash**

Tabel 9 Proporsi Campuran Beton Setiap m3

Bahan	Satuan	Perlakuan				
		0%	10%	20%	30%	40%
Semen	kg	410	369	328	287	246
Fly Ash	kg	0	41	82	123	164
Air	kg	205	205	205	205	205
Pasir	kg	650	650	650	650	650
Batu Pecah	kg	975	975	975	975	975
<b>Berat Total</b>	<b>kg</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>	<b>2240</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

✚ **Proporsi Kebutuhan Bahan Campuran Beton Variasi Untuk 20 Silinder Tiap Kadar Substitusi antara Semen dan Fly Ash**

Volume Benda Uji

1. Menghitung volume selinder yang berukuran ( 15x30 cm )

$$\text{Rumus : } \pi r^2 \times t$$

$$\text{Dengan : } \pi = 3.14$$

$$r = 15:2 = 7.5 \text{ cm} = 0.075 \text{ m}$$

$$t = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

Penyelesaian :

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

$$= 3.14 \times (0.075)^2 \times 0.3$$

$$= 0.0053 \text{ m}^3$$

Jadi Volume Total Selinder = Volume Selinder x Banyak Alat Uji

$$= 0,0053 \times 4$$

$$= \mathbf{0,0212 \text{ m}^3}$$

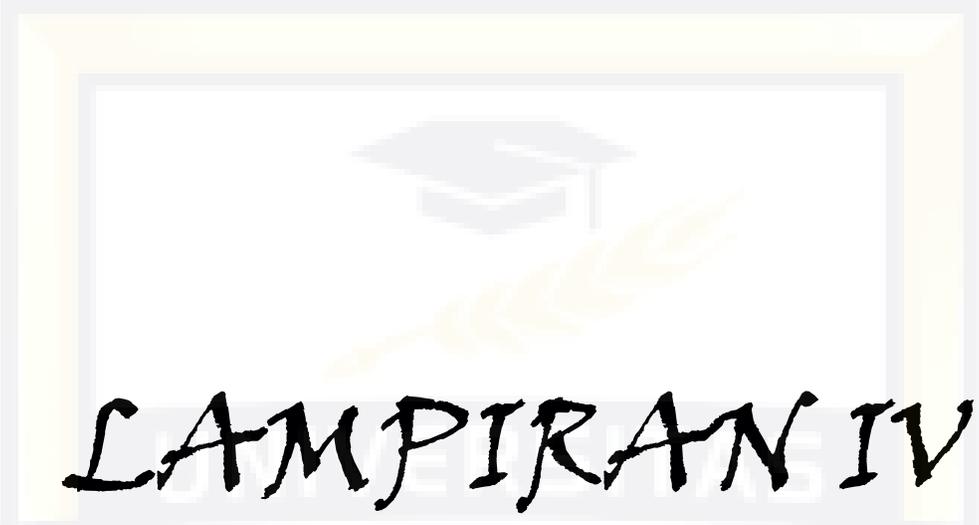
Tabel 10 Proporsi Campuran Beton untuk 20 Silinder

Volume 1 Sampel (m <sup>3</sup> )	Total Volume 4 Sampel (m <sup>3</sup> )	Bahan	Sat.	Perlakuan				
				0%	10%	20%	30%	40%
0.0053	0.0212	Semen	Kg	8.70	7.83	6.96	6.09	5.22
		Fly Ash	Kg	0	0.87	1.74	2.61	3.48
		Air	Kg	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35
		Pasir	Kg	13.79	13.79	13.79	13.79	13.79
		Kerikil	Kg	20.68	20.68	20.68	20.68	20.68
		<b>Berat Total</b>	<b>Kg</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>	<b>47.52</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## Rancangan Campuran Beton

No	Uraian	Tabel/Grafik/Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang diisyaratkan ( $f'_c$ ) (Benda uji silinder)	Ditetapkan	20 Mpa pada 28 hari
2	Deviasi standar (SD)	Tidak Tersedia Data Standar Deviasi	-
3	Kuat tekan yang ditargetkan ( $f'_{cr}$ )	$f'_c < 21$ $f'_c + 7,0 = 20 + 7$	27 Mpa
4	Jenis semen	Ditetapkan	Semen portland tipe I
5	Jenis Agregat		
	- Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu Pecah
	- Agregat Halus	Ditetapkan	Alami
6	Faktor Air Semen (FAS)	Tabel 5, Grafik 1	0.5
7	Faktor Air Semen Maksimum	Tabel 6, diambil terkecil antara no. 6 & no. 7 yaitu 0.5	0.6
8	Slump	Ditetapkan, tabel 7	0.6 - 180 mm
9	Ukuran maksimum agregat	Ditetapkan	20 mm
10	Menetapkan kadar air bebas	$2/3 W_h + 1/3 W_k$ (tabel 7) $2/3 (195) + 1/3 (225)$	205 Kg/m <sup>3</sup>
11	Kadar semen	$KAB/FAS = 205/0.5$	410 Kg/m <sup>3</sup>
12	Kadar semen minimum	Tabel 6	275 Kg/m <sup>3</sup>
13	Menghitung kebutuhan semen	Pakai yang terbesar antara 11 : 12	410 Kg/m <sup>3</sup>
14	Menentukan daerah gradasi agregat halus	Ditetapkan, tabel 8	Zona II
15	Menentukan persen agregat halus	Grafik 2	40%
	Menentukan persen agregat kasar	100% - 40%	60%
16	Menghitung berat jenis SSD		
	- Agregat halus	Hasil uji Karakteristik	2.25
	- Agregat kasar	Hasil uji Karakteristik	2.55
	Berat jenis SSD gabungan agregat	$(40\% \times 2.25) + (60\% \times 2.55)$	2.43
17	Berat jenis beton basah	Grafik 3	2240 Kg/m <sup>3</sup>
18	Berat agregat kadar gabungan	$17 - 13 - 10 = 2240 - 410 - 205$	1625 Kg/m <sup>3</sup>
19	Berat kadar agregat halus	$15 \times 18 = 40\% \times 1625$	650 Kg/m <sup>3</sup>
20	Berat kadar agregat kasar	$18 - 19 = 1625 - 650$	975 Kg/m <sup>3</sup>



# LAMPIRAN IV

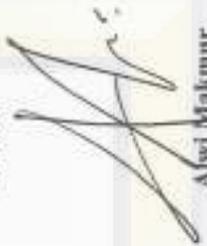
*Hasil Pengujian*

*Kuat Tekan Beton*

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**  
 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 0%

Kode Sampel	Ukuran Sampel			Beban Tekan Maksimum		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan		
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	
I-1 (0 %)	30	15	176.7	458.5	45850	12.34	259.42	25.94	
I-2 (0 %)	30	15	176.7	361.4	36140	12.57	204.48	20.45	
I-3 (0 %)	30	15	176.7	360.2	36020	12.45	203.81	20.38	
I-4 (0 %)	30	15	176.7	440.0	44000	12.60	248.96	24.90	
<b>Total Rata-Rata</b>							<b>12.49</b>	<b>229.17</b>	<b>22.92</b>

Makassar, 17 Desember 2016  
 Peneliti

  
**Alwi Makmur**  
 45 13 041 166

Dosen Pembimbing Lab. Uji Bahan  
  
**Drs. Markus Rappun, MT.**  
 NIP. 1952067 198003 1 001

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**  
 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 10%

Kode Sampel	Ukuran Sampel			Beban Tekan Maksimum		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan		
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	
II-1 (10 %)	30	15	176.7	402.6	40260	12.42	227.80	22.78	
II-2 (10 %)	30	15	176.7	462.4	46240	12.47	261.63	26.16	
II-3 (10 %)	30	15	176.7	367.8	36780	12.50	208.11	20.81	
II-4 (10 %)	30	15	176.7	424.5	42450	12.49	240.19	24.02	
<b>Total Rata-Rata</b>							<b>12.47</b>	<b>234.43</b>	<b>23.44</b>

Dosen Pembimbing Lab. Uji Bahan

Makassar, 21 Januari 2016

Peneliti



**Drs. Markus Rappan, MT.**  
 NIP. 19520625 198003 1 001

**Abwi Makmur**  
 45 13'041 166

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**  
 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 20%

Kode Sampel	Ukuran Sampel			Beban Tekan Maksimum		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan		
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	
III-1 (20 %)	30	15	176.7	478.8	47880	12.35	270.91	27.09	
III-2 (20 %)	30	15	176.7	377.0	37700	12.42	213.31	21.33	
III-3 (20 %)	30	15	176.7	376.2	37620	12.84	212.86	21.29	
III-4 (20 %)	30	15	176.7	390.0	39000	12.31	220.67	22.07	
<b>Total Rata-Rata</b>							<b>12.48</b>	<b>229.44</b>	<b>22.94</b>

Makassar, 21 Januari 2016

Peneliti



**Abwi Makmur**  
45 134041 166

Dosen Pembimbing Lab. Uji Bahan



**Dan Masikus Rappun, MT.**  
NIP: 19520162 198003 1 001

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**  
 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 30%

Kode Sampel	Ukuran Sampel			Beban Tekan Maksimum		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan	
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
IV-1 (30 %)	30	15	176.7	340.0	34000	12.45	192.38	19.24
IV-2 (30 %)	30	15	176.7	327.6	32760	12.44	185.36	18.54
IV-3 (30 %)	30	15	176.7	331.0	33100	12.50	187.28	18.73
IV-4 (30 %)	30	15	176.7	311.8	31180	12.42	176.42	17.64
<b>Total Rata-Rata</b>						<b>12.45</b>	<b>185.36</b>	<b>18.54</b>

Makassar, 21 Januari 2016

Peneliti



**Alwi Makmur**  
45 13 041 166

Dosen Pembimbing Lab. Uji Bahan



**Dr. Markus Ranoun, MT.**  
NIP. 19520625 198003 1 001

### HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Fly Ash 40%

Kode Sampel	Ukuran Sampel			Beban Tekan Maksimum		Berat Beton (kg)	Kuat Tekan	
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
V-1 (40 %)	30	15	176.7	286.6	28680	12.52	162.16	16.22
V-2 (40 %)	30	15	176.7	249.8	24980	12.42	141.34	14.13
V-3 (40 %)	30	15	176.7	240.6	24080	12.37	136.13	13.61
V-4 (40 %)	30	15	176.7	270.2	27020	12.52	152.88	15.29
				<b>Total Rata-Rata</b>		<b>12.46</b>	<b>148.13</b>	<b>14.81</b>

Dosen Pembimbing Lab. Uji Bahan



Drs. Markus Rippun, MT.  
IPR: 185206231980031001

Makassar, 21 Januari 2016

Peneliti

Alwi Makmur  
45.13.141.166



LAMPIRAN V

**BOSOWA**  
*Dokumentasi*



## DOKUMENTASI

### 1. Pengujian Agregat





## 2. Pembuatan Benda Uji



### 3. Pengujian Kuat Tekan Beton

