

**ANALISA PERBANDINGAN BETON MUTU TINGGI  
DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH  
YANG BERBEDA  
(PENELITIAN)**



**SKRIPSI**

**Oleh :**

**NUR HASYIM**  
**NIM: 10.811.0003**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2015**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)18/7/24

**ANALISA PERBANDINGAN BETON MUTU TINGGI  
DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH  
YANG BERBEDA  
(PENELITIAN)**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**NUR HASYIM  
NIM: 10.811.0003**

**Disetujui :**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
**(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)**

  
**(Ir. Nurmaidah, MT)**

**Mengetahui :**

**Dekan**

**Ka. Program Studi**

  
**(Ir. H. Henza, MT)**

  
**(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)**

**Tanggal Lulus : 30 Mei 2015**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)18/7/24

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : NUR HASYIM

NIM : 10.811.0003

Judul Skripsi : “ANALISA BETON MUTU TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH YANG BERBEDA” (PENELITIAN)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan Penelitian sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Medan Area.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan, 2015

Yang membuat pernyataan



**NUR HASYIM**  
NIM. 108110003



## ABSTRAK

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang 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 pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan beton adalah meningkatkan pematatannya, yaitu meminimumkan pori atau rongga yang terbentuk di dalam beton. Penggunaan bahan tambah (*admixture*) dapat membantu memecahkan permasalahan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan beton mutu tinggi dan untuk mengetahui perbedaan penggunaan bahan tambah yang berbeda terhadap mutu kuat tekan beton. Komposisi campuran *admixture* jenis *Superplastisizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1,6% *admixture* dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder untuk uji tekan ( diameter 150 mm dan tinggi 300 mm ), mutu beton yang direncanakan 50 MPa yang diuji pada umur 6 jam dan 28 hari dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji selinder untuk uji tekan ( diameter 150 mm dan tinggi 300 mm ) sebanyak masing-masing umur 20 sampel. Dari penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton normal yaitu sebesar 49,05 Mpa. Campuran Beton yang menggunakan *admixture* jenis *superplastisizer* dari Kao 150s yaitu sebesar 59,13 MPa. Dan dari Sika H-5 yaitu sebesar 59,10 Mpa. Dengan menggunakan bahan tambah yang berbeda jenis tidak jauh berbeda hasilnya kalau bahan tambahnya diolah sesuai dengan yang disyaratkan.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Kuat Tekan, Superplastisizer (*admixture*)

## ABSTRACT

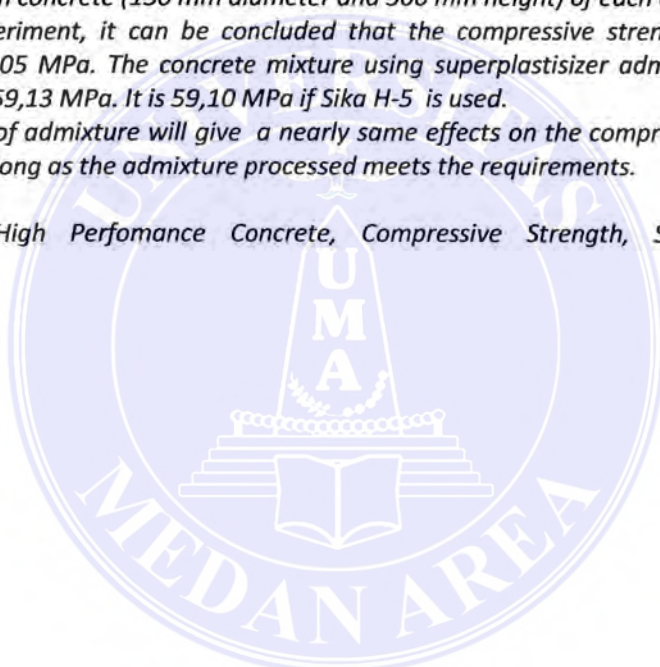
*Various studies and experiments in terms of concrete is being done to improve concrete quality, materials technology and implementation methods which is derived from those studies and experiments is intended to fulfill expectations in the use of concrete and overcome the constraints that often occur when working with concrete. One way to improve the concrete strength is improving the methods of concrete compaction, i.e., to minimize the amount of voids that is formed in concrete. Use of added material (admixture) might be a solution to this problem.*

*The purpose of this study is to obtain the compressive strength of high-performance concrete and to grasp the effects of using various admixture on the compressive strength of concrete. The composition of mixture in this experiment is using the amount of superplasticizer admixture of 1,6% of whole cement weight. Test specimen used in this experiment is cylindrical concrete for compressive test (150 mm diameter and 300 mm height), concrete strength planned is about 50 MPa, tested at age of 6 hours and 28 days, which is having curing before testing. This experiment tries to test 20 samples of cylindrical form concrete (150 mm diameter and 300 mm height) of each age.*

*From this experiment, it can be concluded that the compressive strength of normal concrete is 49,05 MPa. The concrete mixture using superplasticizer admixture such as Kao 150s is of 59,13 MPa. It is 59,10 MPa if Sika H-5 is used.*

*Different type of admixture will give a nearly same effects on the compressive strength of concrete as long as the admixture processed meets the requirements.*

**Keywords:** *High Performance Concrete, Compressive Strength, Superplasticizer (admixture)*





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir tentang **“ANALISA PERBANDINGAN BETON MUTU TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH YANG BERBEDA “**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam rangka perolehan gelar sarjana Teknik dari Fakultas Jurusan Sipil Universitas Medan Area. Dalam penulisan skripsi ini penulis telah berusaha dan berupaya dengan segala kemampuan yang ada, namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan penulis, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis bersedia menerima saran serta kritik yang konstruktif sebagai sumbangan pikiran dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini.

Selama penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan moril maupun material dari berbagai pihak, dan pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Prof. DR. H. A Yakub Matondang, MA, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area dan Dosen Pembimbing I

4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT sebagai Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan petunjuk dan arahan selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Istri saya tercinta Sri Yusra yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga saya dapat menyelesaikan kuliah saya sampai selesai.
6. Kedua orang tua , Saudara-saudara saya tercinta yang selalu mendoakan terima kasih atas seluruh perhatian dan dukungannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh staff pengajar dan karyawan di Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
8. Bapak Ahmad Nawawi selaku Manajer Pabrik PT Wijaya Karya Beton Sumatera Utara yang telah memberi ijin untuk melakukan penelitian di Laboratorium PT Wika Beton Sumatera Utara.
9. Bapak Sarimun selaku Kepala Laboratorium dan Bapak Zaenal selaku karyawan laboratorium PT Wika Beton Sumatera Utara yang telah membantu penulis melakukan penelitian.
10. Seluruh rekan – rekan mahasiswa teknik sipil sore angkatan 2010 dan 2011 Universitas Medan Area.

Demikianlah laporan ini ditulis, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membaca skripsi ini, terutama didunia pendidikan dalam bidang Teknik Sipil.

Medan, 2015

Penulis

Nur Hasyim

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Maksud dan tujuan penelitian.....	3
1.3. Permasalahan.....	4
1.4. Batasan masalah.....	4
1.5. Kerangka Berpikir.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Beton.....	6
2.2. Sifat-sifat beton.....	9
2.2.1. Sifat-sifat beton segar.....	9
2.2.2. Sifat-sifat beton keras.....	12
2.3. Material Beton.....	15
2.3.1. Semen portland.....	15



2.3.2. Agregat.....	21
2.3.3. Air.....	35
2.3.4. Bahan Tambah (Admixture).....	40
2.3.4.1. Pengaruh bahan tambah.....	43
2.3.4.2. Superplastisicer.....	45
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>48</b>
3.1 Metode penelitian.....	48
3.2 Bahan-bahan penelitian.....	49
3.3 Tempat penelitian.....	50
3.4 Prosedur pengujian.....	50
3.4.1. Pengujian agregat kasar.....	50
A. Berat jenis dan penyerapan air.....	50
B. Berat isi.....	52
C. Analisa ayak.....	53
D. Kadar air.....	56
E. Kekerasan agregat.....	57
F. Kadar lumpur.....	58
3.4.2. Pengujian agregat halus.....	60
A. Berat jenis dan penyerapan air.....	60
B. Berat isi.....	62
C. Analisa ayak.....	64
D. Kadar air.....	66
E. Kadar lumpur agregat.....	67
F. Organic impurities.....	68

3.4.3. Pengujian beton segar.....	69
A. Uji slump.....	69
B. Berat isi.....	70
3.4.4 Pengujian beton keras.....	72
A. Kuat tekan.....	72
3.4.5. Rancangan campuran beton.....	74
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>88</b>
4.1. Pengujian agregat.....	88
4.1.1. Pengujian agregat halus.....	88
4.1.2. Pengujian agregat kasar.....	93
4.2. Mix design .....	98
4.3. Pengujian beton segar.....	103
4.3.1. Pengujian slump.....	103
4.4. Pengujian beton keras.....	105
4.4.1. Pengujian kuat tekan.....	105
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>112</b>
5.1. Kesimpulan.....	112
5.2. Saran.....	113
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>114</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>115</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Daftar Tabel</b>	<b>Hal</b>
Tabel 2.1 : Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur.....	14
Tabel 2.2 : Syarat mutu kekuatan agregat sesuai (SII 0052-80).....	27
Tabel 2.3 : Persyaratan batu alam untuk batu pecah dan agregat beton (SII-007975).....	27
Tabel 2.4 : Batas gradasi agregat halus (BS 882:1973) dan berdasar ASTM C33:78.....	29
Tabel 2.5 : Batas gradasi agregat kasar menurut BS.....	29
Tabel 3.1 : Faktor perkalian deviasi standar.....	75
Tabel 3.2 : Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dilapangan.....	76
Tabel 3.3 : Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0.5 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.....	77
Tabel 3.4 : Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus.....	79
Tabel 3.5 : Penetapan nilai slump.....	80
Tabel 3.6 : Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton.....	81
Tabel 4.1 : Data hasil uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	88
Tabel 4.2 : Data hasil perhitungan uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	89
Tabel 4.3 : Data hasil uji dan perhitungan berat volume padat agregat Halus.....	89
Tabel 4.4 : Data hasil uji dan perhitungan berat volume curah agregat Halus.....	90
Tabel 4.5 : Data hasil uji analisa ayak agregat halus.....	90
Tabel 4.6 : Data hasil uji kadar lumpur agregat halus.....	91
Tabel 4.7 : Data hasil uji kadar air agregat halus.....	92



Tabel 4.8 : Data hasil uji organik impuritis agregat halus.....	93
Tabel 4.9 : Data hasil uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	93
Tabel 4.10 : Data hasil perhitungan uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	93
Tabel 4.11 : Data hasil uji dan perhitungan berat volume padat agregat Kasar.....	94
Tabel 4.12 : Data hasil uji dan perhitungan berat volume curah agregat Kasar.....	94
Tabel 4.13 : Data hasil uji analisa ayak agregat kasar.....	95
Tabel 4.14 : Dara hasil uji kadar lumpur agregat kasar.....	96
Tabel 4.15 : Data hasil uji kadar air agregat kasar.....	97
Tabel 4.16 : Data hasil uji dan perhitungan kekerasan agregat kasar.....	97
Tabel 4.17 : Data hasil uji slump beton tanpa admixture.....	103
Tabel 4.18 : Data hasil uji slump beton + admixture Kao mighty 150s.....	103
Tabel 4.19 : Data hasil uji slump beton + admixture Sika H-55.....	103
Tabel 4.20 : Data hasil uji kuat tekan beton tanpa admixture 6 jam.....	105
Tabel 4.21 : Data hasil uji kuat tekan beton tanpa admixture 28 hari.....	106
Tabel 4.22 : Data hasil uji kuat tekan beton pakai admixture Kao Mighty 150s umur 6 jam.....	107
Tabel 4.23 : Data hasil uji kuat tekan beton pakai admixture Kao Mighty 150s umur 28 hari.....	108
Tabel 4.24 : Data hasil uji kuat tekan beton pakai admixture Sika H-5 umur 6 jam.....	109
Tabel 4.25 : Data hasil uji kuat tekan beton pakai admixture Sika H-5 umur 28 hari.....	110

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
Gambar 1.1 : Bagan alir penelitian.....	4
Gambar 2.1 : Keadaan air dalam butiran agregat.....	32
Gambar 3.1 : Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).....	78
Gambar 3.2 : Grafik persentase agregat halus terhadap agregat dengan ukuran butiran maksimum 10 mm.....	83
Gambar 3.3 : Grafik persentase agregat halus terhadap agregat dengan ukuran butiran maksimum 20 mm.....	83
Gambar 3.4 : Grafik persentase agregat halus terhadap agregat dengan ukuran butiran maksimum 40 mm.....	84
Gambar 3.5 : Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan.....	85
Gambar 4.1 : Grafik analisa ayakan agregat halus.....	91
Gambar 4.2 : Grafik analisa ayakan agregat kasar.....	96
Gambar 4.3 : Grafik perbandingan nilai slump pada campuran beton.....	104
Gambar 4.4 : Grafik kuat tekan beton tanpa admixture pada umur 6 jam.....	105
Gambar 4.4 : Grafik kuat tekan beton tanpa admixture pada umur 28 hari....	106
Gambar 4.4 : Grafik kuat tekan beton pakai admixture pada umur 6 jam.....	107
Gambar 4.4 : Grafik kuat tekan beton tanpa admixture pada umur 28 hari....	108
Gambar 4.4 : Grafik kuat tekan beton pakai admixture pada umur 6 jam.....	109
Gambar 4.4 : Grafik kuat tekan beton tanpa admixture pada umur 28 hari....	110

## DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

### Lambang

t	Tinggi benda uji cilinder
P	Beban maksimum yang dapat ditahan benda uji
A	Luas Penampang benda uji
d	Diameter
V	Volume
m	Nilai tambah
s	Deviasi standar
f <sup>'c</sup>	Kuat tekan benda uji
f <sup>'cr</sup>	Kuat tekan rata-rata pada perencanaan campuran beton

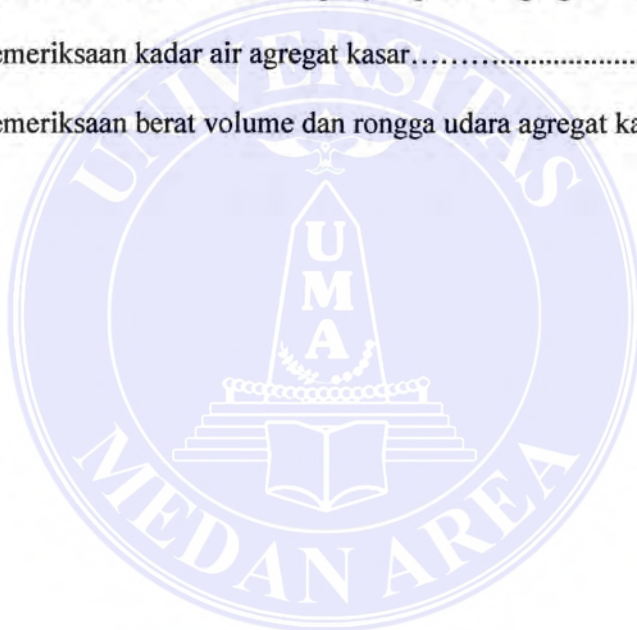
### Singkatan

PBI	Peraturan Beton Indonesia
Mpa	Mega Pascal
SNI	Standar Nasional Indonesia
ASTM	American Strength Test Material
BS	British Standard
ACI	American Concrete Institute
SII	Standar Industri Indonesia



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
Lampiran 1 : Pemeriksaan Susunan Gradasi agregat halus.....	115
Lampiran 2 : Pemeriksaan Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus.....	116
Lampiran 3 : Pemeriksaan kadar air agregat halus.....	117
Lampiran 4 : Pemeriksaan berat volume dan rongga udara agregat halus.....	118
Lampiran 5 : Pemeriksaan Susunan Gradasi agregat kasar.....	119
Lampiran 6 : Pemeriksaan Berat Jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	120
Lampiran 7 : Pemeriksaan kadar air agregat kasar.....	121
Lampiran 8 : Pemeriksaan berat volume dan rongga udara agregat kasar.....	122



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton, sejak dulu dikenal sebagai material dengan kekuatan tekan yang memadai, mudah dibentuk, mudah diproduksi secara lokal, relative kaku, dan ekonomis. Tapi disisi lain beton juga menunjukkan banyak keterbatasan baik dalam proses produksi maupun sifat-sifat mekaniknya, sehingga beton pada umumnya hanya digunakan untuk kontruksi dengan ukuran kecil dan menengah.

Namun sejak dua dekade terakhir ini, setelah berhasil dikembangkannya berbagai jenis tambahan atau admixture dan additive untuk campuran beton, terutama water reducer atau platicizer dan superplatisizer, maka telah terjadi kemajuan yang sangat pesat pada teknologi beton, dengan berhasil memproduksi beton mutu tinggi bahkan sangat tinggi, dan yang pada akhirnya juga telah memperbaiki dan meningkatkan hampir semua kinerja beton menjadi suatu material modern yang berkinerja tinggi.

Di beberapa Negara maju sudah sejak lama beton mutu tinggi berhasil diproduksi untuk pekerjaan-pekerjaan khusus. Pada tahun 1941, di Jepang sudah diproduksi beton mutu tinggi dengan kuat tekan mencapai 60 Mpa untuk panel cangkang pracetak pada sebuah terowongan kereta api. Pada tahun 1950 di Eropa beton mutu tinggi dengan kuat tekan 60 Mpa sudah dipakai untuk struktur jembatan berbentang panjang. Pada tahun 1960 di USA juga sudah diproduksi beton mutu tinggi 60 Mpa untuk keperluan militer, sejak tahun 1980an, beton mutu tinggi dan

sangat tinggi banyak digunakan untuk pelaksanaan struktur gedung bertingkat tinggi (terutama untuk elemen kolom), kemudian sejak 1989 sudah digunakan beton bermutu 100 – 140 Mpa untuk jembatan berbentang panjang, bangunan bawah tanah dan lepas pantai, bangunan industry seperti silo yang tinggi dan berdiameter besar, dan juga bangunan beresiko tinggi seperti bangunan reactor pada pembangkit listrik tenaga nuklir. Di Indonesia beton mutu tinggi dengan kuat tekan rata-rata sebesar 85 Mpa baru dapat dibuat di laboratorium pada tahun 1990, dengan bahan tambah superplasticizer dengan nilai slump 15 cm. campuran beton yang dihasilkan dengan kadar semen 480 kg/cm<sup>2</sup> dan factor air semen (fas, w/c) 0,32 (Supartono,1998). Sedangkan realisasi di lapangan maksimal baru mencapai + 80 % nya atau setara dengan 60 Mpa.

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan, hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan dengan bentang panjang dan lebar. Bangunan gedung bertingkat tinggi (terutama untuk kolom dan beton pracetak), dan fasilitas lain. Perencanaan fasilitas –fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya beton mutu tinggi, dimana mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layan dan efisiensi. Dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan, hal tersebut menyebabkan beban yang diterima pondasi secara keseluruhan menjadi lebih kecil pula, jika ditinjau dari segi ekonomi hal tersebut tentu akan lebih menguntungkan. Disamping itu untuk bangunan bertingkat tinggi dengan semakin kecilnya dimensi struktur kolom pemanfaatan ruangan akan semakin maksimal. Porositas yang dihasilkan beton mutu tinggi juga lebih rapat, sehingga



akan menghasilkan beton yang relative lebih awet dan tahan sulfat karena tidak dapat ditembus oleh air dan bakteri perusak beton. Oleh sebab itu penggunaan beton bermutu tinggi tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan dan perancangan struktur bangunan.

Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil porositasnya kuat tekannya semakin besar. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi besar dan kecilnya Fas yang digunakan. Semakin besar fas-nya porositas semakin besar, sebaliknya semakin kecil fas-nya porositas semakin kecil. Untuk mendapatkan beton bermutu tinggi (kuat tekan tinggi) maka harus dipergunakan fas rendah, namun jika fas-nya terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pematatannya tidak akan maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut berakibat menurunnya kuat tekan beton. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dipergunakan *Superplatisizer* yang sifatnya mengurangi air (dengan menggunakan fas kecil) tetapi tetap mudah dikerjakan yaitu admixture dari Kao Mighty 150-S dan Sika HS-5.

## 1.2 Maksud dan tujuan penelitian

Penelitian ini bermaksud untuk menambahkan *admixture Superplastisizer* Type F pada campuran beton 50 Mpa, Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *superplastisizer* pada campuran beton tersebut terhadap kuat tekan beton dengan membandingkan jenis admixture dari Kao Mighty 150-S dan dari Sika HS-5. Dan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplastisizer* type F, kemudian diperoleh hasil kuat tekan, nilai slump,

kadar masing-masing bahan (air, semen, agregat, *superplastisizer*) dalam campuran. Dengan penambahan *superplastisizer* tersebut ditargetkan kuat tekan yang dicapai pada umur 6 jam mencapai 50% dari kuat rencana 50 Mpa pada umur 28 hari. Penambahan *superplastisizer* 1.6% dari berat semen.

### 1.3 Permasalahan

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan di teliti yaitu :

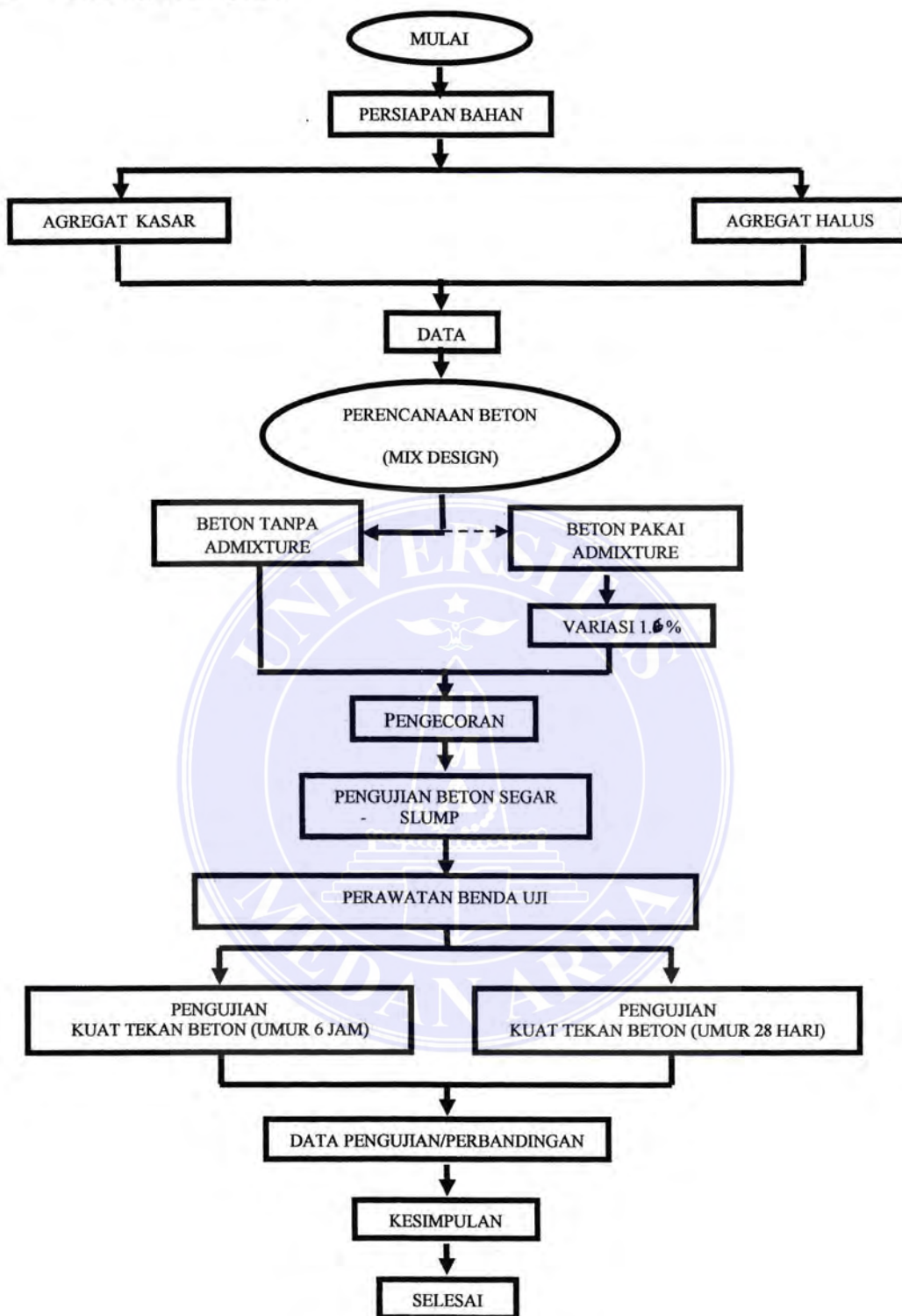
1. Bagaimana pengaruh penambahan *Superplastisizer* terhadap kelacakan dan nilai slump untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi.
2. Berapa besar peningkatan kekuatan beton pada umur 6 jam dan 28 hari dengan penambahan *Superplastisizer* type F
3. Perbandingan kuat tekan beton dengan menggunakan jenis *admixture Superplastisizer* dari Kao Mighty 150-S dan dari Sika HS-5.

### 1.4 Batasan masalah

Untuk menghindari adanya kesalahan penelitian sesuai dengan tujuan yang dimaksud, maka dalam penelitian ini diperlukan adanya batasan – batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium PT Wika Beton, Sumatera Utara.
2. Mutu beton yang direncanakan adalah Mutu beton 50 Mpa
3. Komposisi *Admixture* 1.6% dari berat semen .
4. *Admixture* yang digunakan Jenis *Superplastisizer* type F dari Kao Mighty 150-S dan Sika H-5
5. Pengujian dilakukan pada umur 6 Jam dan umur 28 Hari.

## 1.5 Kerangka Berpikir



Gambar 1.1 Bagan alir penelitian



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar (krikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah  $\pm 70\%$ - $75\%$  dari seluruh beton.

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik (Dipohusodo, 1994).

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo, 1992).

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari agregat alam (kerikil, pasir atau juga batu pecah), ataupun agregat buatan (terak hasil sampingan peleburan baja, butiran-butiran baja, atau juga lempung yang diolah khusus), dan bahan pengikat, yang mengikat butiran-butiran agregat menjadi satu dan akhirnya membentuk suatu bahan yang keras. Bahan pengikat yang biasa digunakan adalah suatu bahan yang merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air. Kadang-kadang di dalam beton dicampurkan pula bahan tambah (*admixture* atau *additive*) yang berfungsi untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton lunak dan keras.

Klasifikasi beton menurut berat volumenya (Tri mulyono, 2004), yaitu :

### 1. Beton Ringan

Merupakan beton yang diproduksi dengan menggunakan agregat ringan. Biasanya beton jenis ini digunakan atas pertimbangan ekonomis dan struktural. Berat jenis agregat ringannya sekitar  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

### 2. Beton Biasa / Normal

Merupakan beton yang diproduksi dengan menggunakan agregat normal. Beton jenis ini memiliki berat isi sebesar  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$ . Beton normal pada umumnya sering digunakan pada industri konstruksi.

### 3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Beton jenis ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.



Beton seperti yang dikenal sekarang ini sebagai bahan bangunan dan struktur dalam konstruksi teknik sipil tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Agregat, semen, dan air kesemuanya dicampur bersama-sama dan dalam keadaan ini bersifat plastis dan mudah untuk dikerjakan. Sifat-sifat inilah yang memungkinkan beton dicetak dalam bentuk yang kita inginkan dan sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Dalam beberapa jam selama penyediaan campuran ini, semen dan air mengalami reaksi kimia, pada umumnya bersifat hidrasi, yang menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan. Pertambahan kekuatan ini berlangsung terus-menerus dibawah suatu kelembaban dan suhu yang cocok, dengan suatu perbaikan umum terhadap kualitas beton, sehingga beton mampu memikul beban yang berat dan tahan terhadap temperature yang tinggi (serangan api) maupun tahan terhadap serangan korosi.

Selain karena alasan-alasan diatas, beton juga sering digunakan dalam konstruksi bangunan karena dalam pembuatannya tidak memerlukan peralatan yang mahal dan hanya membutuhkan biaya pemeliharaan yang kecil. Selain sifat-sifat yang menguntungkan, beton juga memiliki sifat-sifat yang kurang disenangi, yaitu beton mengalami deformasi yang bergantung pada waktu dan disertai dengan penyusutan akibat mengeringnya beton, beton mengalami perubahan bentuk secara berangsur-angsur bilamana mengalami pembebanan dan perubahan bentuk yang ditimbulkan rayapan, beton ini tidak dapat kembali seperti semula bilamana beban ditiadakan, pelaksanaan pekerjaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi, beton memiliki daya pantul suara yang besar dan kuat tarik yang rendah.



Nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tarik beton berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai pastinya sulit diukur. Pendekatan hitungan biasanya dilakukan dengan menggunakan modulus of rupture, yaitu tegangan tarik beton yang muncul pada saat pengujian tekan beton normal (Tri Mulyono, 2004) .

Untuk menghasilkan kuat tekan beton yang diinginkan, maka perlu diperhatikan parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton (Tri Mulyono, 2004), yaitu: kualitas semen; proporsi semen terhadap campuran; kekuatan dan kebersihan agregat; interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat; pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton; penempatan yang benar; penyelesaian dan pepadatan beton; perawatan beton; kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

## 2.2 Sifat – sifat beton

Sifat-sifat beton ini dapat dibagi dua, yaitu ketika beton masih dalam keadaan plastis (beton segar) dan ketika beton telah mengeras (beton keras).

### 2.2.1 Sifat – sifat beton segar

Beton segar merupakan suatu campuran antara air, semen, agregat dan bahan pembantu jika diperlukan. Setelah selesai dilakukan pengadukan, usaha-usaha seperti pengangkutan, pengecoran, pepadatan dan penyelesaian akhir, semuanya itu dapat mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pada taraf-taraf

pengolahan yang berbeda-beda itu, sangat penting bahwa bahan-bahan campuran beton tetap terbagi secara merata dalam seluruh adukan itu dipadatkan dengan baik. Bilamana salah satu dari cara-cara pengolahan tersebut tidak dilaksanakan dengan memuaskan, maka sifat-sifat beton yang telah mengeras seperti kekuatan tekannya serta keawetannya dapat dipengaruhi secara negatif.

a. Kemampuan dikerjakan (*Workability*)

Maksud *workability* disini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan beton untuk diaduk, diangkut, dituang / dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Tiga karakteristik utama dari sifat pengerjaan beton adalah : kekentalannya, kemudahan mengalirnya (bergeraknya) dan kemudahan dipadatkannya. Kekentalan atau konsistensi beton merupakan suatu ukuran untuk menunjukkan keadaan basah atau cairnya beton yang bersangkutan. Kemudahan bergerak atau mobilitas menyatakan mudah atau sukarnya campuran beton mengalir ke dalam acuan atau cetakan. Kemudahan dipadatkan atau *compactibility* menunjukkan mudah atau sukarnya suatu campuran beton itu dipadatkan seluruhnya, sehingga udara yang tersekap didalamnya dapat dikeluarkan.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan / *workability* (Wuryati samekto, 2001) adalah banyaknya air yang dipakai dalam campuran adukan beton, makin banyak air yang digunakan, makin mudah beton itu dikerjakan; penambahan semen kedalam adukan beton, hal ini juga menambah kemudahan dikerjakan pada beton, karena biasanya penambahan semen diikuti dengan penambahan air untuk memperoleh harga faktor air semen tetap; gradasi



campuran agregat kasar dan agregat halus, jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan yang dipakai maka adukan beton akan mudah dikerjakan; pemakaian butir-butir agregat yang bulat akan mempermudah cara pengerjaan beton; dan cara memadatkan beton atau alat yang digunakan, jika pemadatan beton dilakukan dengan menggunakan alat getar, diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda dibanding menggunakan alat yang lain. Selain itu, sifat mudah dikerjakan (*workability*) pada beton juga dipengaruhi oleh bahan tambah / *admixture*.

Untuk mengukur sifat mudah dikerjakan (*workability*) ada beberapa cara (Wuryati samekto, 2001), antara lain dengan :

1. V.B consistometer (terutama untuk adukan kental), dan *compacting* faktor, kedua cara pengukuran tersebut dipakai di Inggris.
2. Meja getar (*schud-tafel*), dipakai di Jerman
3. *Flow table* dan Bola Kelly, dipakai di A.S
4. Alat slump, berbentuk kerucut terpancung ciptaan Abrahams.

Dari jenis-jenis cara mengukur sifat mudah dikerjakan tersebut, cara yang paling populer / sering digunakan adalah dengan alat slump. Alat slump ini merupakan alat yang murah, mudah dibuat dan mudah dipakai untuk pengawasan di lapangan. Pengukuran dengan menggunakan alat slump ini bertujuan untuk mengukur tinggi penurunan adukan beton setelah dilepas dari alat slump yang digunakan. Tinggi slump menunjukkan derajat mampu dikerjakan dari adukan yang diukur. Percobaan ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, yang diameter atasnya 10 cm dan diameter bawahnya 20 cm dan tinggi 30 cm,



dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang minimal 60 cm. Nilai slump didapat dari besarnya selisih tinggi asal (tinggi alat slump) dengan tinggi jatuhnya beton. Makin besar nilai slump, maka beton segarnya makin encer, dan dikatakan beton tersebut memiliki *workability* yang tinggi, sebaliknya makin kecil nilai slump, maka beton segarnya makin kaku, dan dapat dikatakan beton tersebut memiliki *workability* yang rendah.

#### b. Berat isi (Uni weight)

Percobaan ini dilakukan segera setelah selesai pengadukan. Berat isi beton merupakan perbandingan antara berat beton dan volume (isi) silinder sebagai alat pengukur volume. Berat isi pada beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis agregatnya. Beton menjadi berat apabila menggunakan agregat yang berat jenisnya besar demikian pula beton akan menjadi ringan apabila menggunakan agregat yang berat jenisnya kecil. Berat isi pada beton ringan berkisar antara 0,3 kg/liter sampai 1,8 kg/liter, dan beton normal antara 2,2 kg/liter sampai 2,6 kg/liter, sedangkan untuk beton berat lebih dari 2,6 kg/liter. Pada umumnya yang banyak digunakan untuk beton struktur adalah beton normal karena beton ini dalam pembuatannya lebih mudah dibandingkan dengan kedua jenis beton lainnya, serta bahan terutama agregatnya lebih banyak ditemukan di Indonesia.

#### 2.2.2 Sifat – sifat beton keras

Sifat-sifat ini baru dapat diketahui setelah beton segar telah mengeras dan setelah diadakan perawatan (*curing*) terhadap beton tersebut. Sifat-sifat beton

keras mempunyai arti penting selama sisa masa hidupnya. Adapun yang termasuk sifat beton keras adalah sebagai berikut.

a. Kekuatan tekan beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Pengujian dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm atau kubus ukuran 150 x 150 x 150 mm. Evaluasinya selalu dalam bentuk pengujian silinder. Jika data dihasilkan dari benda uji berbentuk kubus atau ukuran yang lebih kecil dari standar maka harus dilakukan konversi kedalam bentuk silinder. Satuan yang digunakan adalah  $N/m^2$  atau Mpa. Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Kuat tekan dari beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh faktor air semen yaitu perbandingan antara berat air semen dengan berat semen, dan tingkat pematatannya.

Faktor – faktor penting lainnya, yaitu :

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maupun kuat tarik yang lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.

3. Efisiensi dari perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40 persen dapat terjadi bila pengeringan dilakukan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
4. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur. Pada keadaan yang normal kekuatan tergantung pada jenis semen. Misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat tekannya pada 24 jam sama dengan semen Portland biasa pada 28 hari.

**Tabel 2.1 Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur**

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Type I	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,20	1,35

Sumber : Wuryati samekto, 2001

b. Sifat tahan lama (*Durability*)

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal (Wuryati samekto, 2001) :

1. Tahan terhadap pengaruh cuaca; pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering silih berganti.



2. Tahan terhadap pengaruh zat kimia; daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia hasil industri, air gula dan sebagainya, perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.
3. Tahan terhadap erosi; beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut atau partikel-partikel yang terbawa oleh angin dan atau air.

### 2.3 Material beton

Seperti yang telah dijelaskan, beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama, yaitu semen (bahan perekat), agregat (bahan pengisi), air dan bahan tambah jika diperlukan. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. (Tri Mulyono, 2004). Sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan tersebut perlu dipelajari untuk mendapatkan kekuatan yang baik. Untuk lebih jelasnya, maka dibawah ini akan diuraikan secara singkat satu persatu material penyusun beton tersebut.

#### 2.3.1 Semen portland

Semen portland atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Bahan utama pembentuk semen portland (Tri Mulyono, 2004) adalah batu kapur ( $\text{CaO}$ ) sekitar 60% - 65%, silica ( $\text{SiO}_2$ ) sekitar 20%-25%, alumina / tanah liat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sekitar 7% - 12%, sedikit magnesia ( $\text{MgO}$ ),

dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi / bijih besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sedangkan gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ditambahkan untuk mengatur ikat semen.

Keempat bahan baku hasil dari tambang (*quarry*) berupa campuran  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  digiling (*blended*) bersama-sama, baik dalam proses basah maupun dalam proses kering. Hasil campuran tersebut dituangkan keujung atas tungku pembakaran (*ciln*) yang diletakkan agak miring, selama *ciln* berputar dan dipanaskan, bahan tersebut mengalir dengan lambat dari ujung atas ke ujung bawah. Temperatur dalam *ciln* dinaikkan secara perlahan hingga mencapai temperatur klinker (*clinker temperature*). Temperatur ini dipertahankan sampai campuran membentuk butiran semen portland pada suhu  $\pm 1400^\circ\text{C}$ . Butiran yang dihasilkan disebut sebagai klinker (*clinker*) dan memiliki diameter antara 1,5 – 50 mm. Klinker tersebut kemudian didinginkan dalam *clinker storage* dan selanjutnya dihancurkan menjadi butiran-butiran yang halus. Bahan tambah, yakni sedikit gypsum (sekitar 1% - 5%) ditambahkan untuk mengontrol waktu ikat semen, yakni waktu pengerasan semen dilapangan (Tri Mulyono, 2004).

Pada waktu pembakaran,  $\text{CaO}$  yang ada dalam kapur akan bersatu dengan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang terdapat dalam pasir silica, alumina dan pasir besi membentuk senyawa baru. Senyawa tersebut adalah :

- a. Trikalsium Silikat ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_3\text{S}$
- b. Dikalsium Silikat ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_2\text{S}$
- c. Trikalsium Aluminat ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_3\text{A}$
- d. Tetrakalsium Alumino Ferrit ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_4\text{AF}$



Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang saling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi  $C_3S$  dan  $C_2S$  adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Tri Mulyono, 2004). Sedangkan senyawa  $C_3A$  persentasinya dalam semen kecil, yaitu sekitar 10%, sehingga pengaruhnya pada jumlah air untuk reaksi pun menjadi kecil. Semen yang mengandung unsur  $C_3A$  lebih dari 10% tidak akan tahan terhadap serangan sulfat. Semen yang tahan sulfat harus memiliki kandungan  $C_3A$  tidak lebih dari 5%. Begitu juga dengan senyawa  $C_4AF$ , kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton sehingga kontribusinya dalam peningkatan kekuatan kecil.

Semen Portland memiliki beberapa sifat, yang pada umumnya terdiri dari :

#### 1. Kehalusan butir (*Fineness*)

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Makin halus butiran semen, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar sehingga makin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.





## 2. Berat jenis dan berat isi

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara 3,10 sampai 3,30. Biasanya rata-rata berat jenis ditentukan 3,15. Semen Portland yang tidak sempurna pembakarannya dan atau semen itu tercampur dengan bahan lain (tidak murni) atau sebagian semen telah mengeras, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dari 3,00. Berat isi (berat satuan) semen sangat tergantung pada cara pengisian semen ke dalam takaran. Jika cara mengisinya gembur (*los*), berat isinya rendah yaitu sekitar 1,1 kg/liter. Jika pengisiannya dipadatkan, berat isinya dapat mencapai 1,5 kg/liter. Pada umumnya rata-rata berat isi yang biasa dipakai yaitu sekitar 1,25 kg/liter (Wuryati samekto, 2001).

## 3. Waktu pengikatan / waktu pengerasan semen

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua, yaitu : waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan; dan waktu ikat akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen portland *initial setting time* berkisar 1,0 – 2,0 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1,0 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8,0 jam. Untuk kasus-kasus tertentu, diperlukan *initial setting time* lebih dari 2,0 jam agar waktu terjadinya ikatan awal lebih panjang (Tri mulyono, 2004).

#### 4. Kekekalan bentuk

Yang dimaksud dengan kekekalan bentuk adalah sifat dari pasta semen yang telah mengeras, di mana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu bentuk itu tidak berubah (Wuryati samekto, 2001). Kekekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Ketidakkekalan semen disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta magnesia yang terdapat dalam campuran tersebut. Kapur bebas itu mengikat air dan kemudian menimbulkan gaya-gaya ekspansi (Tri mulyono, 2004).

#### 5. Kekuatan semen

Kekuatan mekanis dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat (pengikat). Pada umumnya, pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan menentukan kuat lentur, kuat tarik, atau kuat tekan dari campuran semen dan pasir (Wuryati samekto, 2001).

#### 6. Pengerasan awal palsu

Adakalanya semen Portland menunjukkan waktu pengikatan awal kurang dari 60 menit, dimana setelah semen dicampur dengan air segera nampak mulai mengeras (adonan menjadi kaku). Hal ini mungkin terjadi karena adanya pengikatan awal palsu, yang disebabkan oleh pengaruh gips yang dicampurkan pada semen bekerja tidak sesuai dengan fungsinya. Seharusnya fungsi gips dalam

semen adalah untuk menghambat pengerasan, tetapi dalam kasus pengerasan awal palsu ini gips justru mempercepat pengerasan (Wuryati samekto, 2001).

## 7. Pengaruh suhu

Proses pengerasan semen sangat dipengaruhi oleh suhu udara disekitarnya. Pada suhu kurang dari 15°C, Pengerasan semen akan berjalan sangat lambat. Semakin tinggi suhu udara disekitarnya, maka semakin cepat semen mengeras (Wuryati samekto, 2001).

Komposisi bahan baku dalam pembuatan semen dapat mempengaruhi sifat fisik dan sifat kimia semen. Menurut Peraturan Beton 1989 berdasarkan kedua sifat tersebut, membagi semen Portland menjadi lima jenis (SK-SNI T-15-1990-03:2), (Tri mulyono, 2004) yaitu:

- a. Tipe I : Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis - jenis lainnya.
- b. Tipe II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Tipe IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.



### 2.3.2 Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Agregat yang umum dipakai adalah pasir, kerikil dan batu-batu pecah. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengamatan, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar serta sangat mempengaruhi sifat fisis dari beton segar dan beton keras, maka agregat inipun menjadi penting (Tri mulyono, 2004).

#### A. Klasifikasi agregat

Agregat untuk beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan sumbernya, agregat dapat dibagi menjadi dua, yaitu :
  1. Agregat alam, yaitu Agregat yang menggunakan bahan baku dari batu alam atau penghancurannya. Jenis batuan yang baik digunakan untuk agregat harus keras, kompak, kekal dan tidak pipih. Agregat alam terdiri dari: (1) Kerikil dan pasir alam, agregat yang berasal dari penghancuran oleh alam dari batuan induknya. Biasanya ditemukan disekitar sungai atau didaratan. Agregat beton alami berasal dari pelapukan atau disintegrasi dari batuan besar, baik dari batuan beku, sedimen maupun metamorf. Bentuknya bulat tetapi biasanya tercampur dengan kotoran dan tanah liat. Oleh karena itu jika digunakan untuk beton harus dilakukan pencucian terlebih dahulu. (2) Agregat batu pecah, yaitu agregat yang terbuat dari batu alam yang dipecah dengan ukuran tertentu.

2. Agregat buatan, yaitu Agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan khusus (tertentu) karena kekurangan agregat alam. Biasanya agregat buatan adalah agregat ringan. Contoh agregat buatan adalah: Klinker dan breeze yang berasal dari limbah pembangkit tenaga uap. Agregat yang berasal dari tanah liat yang dibakar (leca = Lightweight Expanded Clay Agregate), cook breeze berasal dari limbah sisa pembakaran arang, hydite berasal dari tanah liat (shale) yang dibakar pada tungku putar, lelite terbuat dari batu metamorphore atau shale yang mengandung karbon, kemudian dipecah dan dibakar pada tungku vertical pada suhu tinggi.
- b. Berdasarkan diameter butiran, agregat dibagi menjadi dua, (Tri mulyono, 2004) yaitu :
1. Agregat halus, yaitu agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS.812,1976). Agregat halus biasanya dinamakan pasir.
  2. Agregat kasar, yaitu agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS.812,1976). Agregat kasar dinamakan kerikil, split, batu pecah dan lainnya.

c. Berdasarkan berat, agregat dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Agregat ringan, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis 1900 kg/m<sup>3</sup>. Biasanya digunakan untuk membuat beton ringan. Terdiri dari: batu apung, asbes, berbagai serat alam (alam), terak dapur tinggi dengan gelembung udara, perlit yang dikembangkan dengan pembakaran, lempung bekah.
2. Agregat normal, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis rata-ratanya adalah 2,50 – 2,70 atau tidak boleh kurang dari 1.2 kg/dm<sup>3</sup>. Beton yang dibuat dengan agregat normal adalah beton normal, yaitu beton yang mempunyai berat isi 2.200 – 2.500 kg/m<sup>3</sup>. Kekuatan tekannya 15 – 40 MPa. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa.
3. Agregat berat, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 2.800 kg/m<sup>3</sup>. Beton yang dibuat dengan agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung dari radiasi sinar-X. Contoh agregat berat : Magnetit, butiran besi.

d. Berdasarkan tekstur permukaan, agregat dapat dibedakan sebagai berikut (Tri mulyono, 2004) :

1. Agregat licin / halus (*glassy*), agregat jenis ini lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat dengan permukaan kasar. Kekasaran agregat akan menambah kekuatan gesekan antara pasta semen dengan permukaan butir agregat sehingga beton yang menggunakan agregat ini cenderung mutunya lebih rendah. Agregat



licin terbentuk dari akibat pengikisan oleh air, atau akibat patahnya batuan (*rocks*) berbutir halus atau batuan yang berlapis-lapis. Contohnya : flint-hitam, obsidian.

2. Berbutir (*granular*), pecahan agregat ini berbentuk bulat dan seragam. Contohnya: batuan pasir, colite.
3. Agregat dengan permukaan kasar, pecahannya kasar dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan-bahan berkristal yang tidak dapat terlihat dengan jelas melalui pemeriksaan visual.
4. Kristalin (*crystalline*), agregat jenis ini mengandung kristal-kristal yang nampak dengan jelas melalui pemeriksaan visual. Contohnya : basalt, felsite, porphyry, batu kapur.
5. Berbentuk sarang labah (*honeycombs*), tampak dengan jelas pori-pori dan rongga-rongganya. Contohnya : batu apung, batu klinker, tanah liat yang dikembangkan dan batuan dari lahar gunung merapi.

## B. Sifat fisik agregat

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton, untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan. Sifat-sifat agregat ini harus diketahui agar kita dapat mengambil tindakan yang positif dalam mengatasi masalah-masalah yang timbul.

### a. Bentuk

Dilihat dari bentuknya, agregat ini ada beberapa macam (Tri mulyono, 2004), yaitu :

1. Bentuk bulat (*rounded*), terbentuk karena terjadinya pengikisan oleh air atau keseluruhannya terbentuk karena penggeseran. Rongga udaranya minimum 33 %, sehingga rasio luas permukaannya kecil.
2. Bentuk tidak beraturan (*irregular*), agregat ini secara alamiah berbentuk tidak teratur. Sebagian terbentuk karena pergeseran sehingga permukaan atau sudut-sudutnya berbentuk bulat. Rongga udara pada agregat ini lebih tinggi, sekitar 35% - 38%, sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen agar mudah dikerjakan.
3. Bentuk bersudut (*angular*), agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas, yang terbentuk ditempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar antara 38% - 40%, sehingga membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan.
4. Bentuk pipih (*flaky*), agregat disebut pipih jika perbandingan tebal agregat terhadap ukuran-ukuran lebar dan tebalnya lebih kecil. Agregat pipih mempunyai perbandingan antara panjang dan lebar dengan ketebalan dengan rasio 1:3.
5. Bentuk panjang, agregat ini panjangnya jauh lebih besar daripada lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar daripada tebalnya.
6. Bentuk pipih dan panjang, agregat ini mempunyai panjang yang jauh lebih besar daripada lebarnya, sedangkan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya.

Dari berbagai macam bentuk agregat diatas pengaruhnya terhadap beton segar adalah dalam sifat pengerjaan beton (*workability*). Agregat dengan bentuk yang bersudut akan sulit dikerjakan, berbeda dengan agregat yang berbentuk bulat. Hal



ini dikarenakan gesekan antar agregat pada bentuk yang bersudut lebih besar dibandingkan dengan berbentuk bulat. Selain itu, karena rongga udara pada agregat bersudut berkisar antara 38% - 40% sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen agar mudah dikerjakan, berbeda dengan agregat bentuk bulat yang memiliki rongga udara lebih kecil, yaitu minimum 33% sehingga rasio luas permukaannya kecil dan tidak membutuhkan banyak pasta semen agar mudah dikerjakan. Demikian pula agregat yang berbentuk pipih dan lonjong akan mengalami kesulitan pada saat pengecoran, karena akan menghambat masuknya campuran beton ke dalam cetakan yang sempit atau karena rapatnya tulangan.

Pengaruh dari agregat yang bentuknya bersudut pada saat beton keras sangat baik. Karena bentuknya yang tidak beraturan dan sudut-sudutnya yang tajam akan mempertinggi sifat saling mengunci (*interlocking*) dan ikatan antar agregatnya baik (kuat), sehingga kekuatan beton yang menggunakan agregat ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan agregat yang berbentuk bulat. Oleh karena itu, agregat bersudut lebih cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi daripada agregat bentuk bulat.

#### b. Kekuatan

Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat. Kekuatan agregat dapat bervariasi dalam batas yang besar. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua hal: (1) Karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan (*interlocking*). (2) Porositas yang besar. Porositas yang besar mempengaruhi keuletan yang menentukan ketahanan terhadap beban kejut. Untuk menguji kekuatan agregat dapat menggunakan bejana *Rudelloff* ataupun *Los Angeles Test*. Sesuai dengan



SII.0052-80. Bejana *Rudelloff* berupa bejana yang berbentuk silinder baja dengan garis tengah bagian dalam 11.8 cm dan tingginya 40 cm dengan dilengkapi stempel pada dasarnya. Dengan menggunakan *Los Angelos Test* berupa mesin silinder baja yang tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm dan panjangnya 50 cm (Tri mulyono, 2004). seperti tabel 2.2 dan tabel 2.3

**Tabel 2.2 Syarat mutu kekuatan agregat sesuai (SII .0052 - 80)**

Kelas dan mutu beton	Kekerasan dengan bejana Rudelloff, bagian hancur menebus ayakan 2 mm, persen (%) maksimum		Kekerasan dengan bejana geser Los Angelos, bagian hancur menebus ayakan 1.7 mm, % maks
	Fraksi butir 9.5 – 19 mm	Fraksi butir 19 – 30 mm	
(1)	(2)	(3)	(4)
Beton kelas I dan mutu B <sub>0</sub> dan B <sub>1</sub>	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton kelas II dan mutu K <sub>125</sub> , K <sub>175</sub> dan K <sub>225</sub>	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Beton kelas III dan mutu > K <sub>225</sub> atau beton pratekan	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang dari 27

Sumber : Tri mulyono, 2004

**Tabel 2.3 Persyaratan batu alam untuk batu pecah dan agregat beton (SII-007975)**

Pengujian	Jenis bangunan beton / konstruksi jalan		
	Konstruksi berat/beton kelas III	Konstruksi sedang/beton kelas II	Konstruksi ringan/beton kelas I
Kekuatan tekan (kgf/cm <sup>2</sup> )	1200	800	600
Kekerasan dengan Rudellof :			
- Fraksi kasar	0.80	0.70	0.60
- Fraksi 30-95mm (dihitung % berat hancur)	16	16 - 24	24 - 30
Ketahanan keausan dengan Los Angeles: bagian hancur,max.% berat	27	27 - 30	40 - 50
Penyerapan air max. (dalam % berat)	3	3	3

Sumber : Tri mulyono, 2004

### c. Susunan butiran (gradasi)

Susunan butiran dalam agregat mempengaruhi kepadatan beton. Untuk menghasilkan beton yang padat, diantaranya butiran agregat harus bervariasi dari ukuran yang paling besar sampai yang paling kecil. Susunan butiran pada agregat dapat diatur pada waktu pemecahan batu, terutama pemecahan batu dengan menggunakan alat pemecah mekanis seperti *Jaw Crusher* atau alat pemecah batu mekanis lainnya. Dengan alat ini akan menghasilkan diameter butiran yang bervariasi sehingga memudahkan dalam menentukan susunan butiran pada agregat. Untuk mengetahui gradasi pada agregat dilakukan pengujian melalui analisa ayak. Agregat yang akan diuji dimasukkan ke dalam susunan saringan yang telah ditentukan, kemudian susunan saringan tersebut digetar selama 10 sampai 15 menit. Agregat yang tertahan pada masing-masing saringan dianalisa, hasilnya dibandingkan dengan persyaratan atau spesifikasi.

Syarat susunan butiran agregat untuk beton sudah diatur dalam SK-SNI T-15-1990-03, Standar Indonesia, atau dalam standar asing lainnya seperti ASTM dan *British Standard* (BS).

Menurut standar-standar tersebut, maka gradasi agregat harus memenuhi syarat sebagai berikut :

#### 1. Persyaratan gradasi agregat halus

SK-SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti tabel 2.4



**Tabel 2.4 Batas gradasi agregat halus (BS 882:1973) dan berdasar ASTM C33:78**

Lubang ayakan dalam mm	Persentase tembus kumulatif (persen berat)				Menurut ASTM C33:78
	Zone I	Zone 2	Zone 3	Zone 4	
10	100	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	95 – 100	95 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 - 100	85 – 100	95 - 100	80 – 100
1.2	30 – 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 – 85
0.6	15 – 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 – 60
0.3	5 – 20	8 – 30	12 - 40	15 - 50	10 – 30
0.15	0 – 10	0 – 10	0 - 10	0 - 15	2 – 10

Sumber : Tri mulyono, 2004

- Keterangan :
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
  - Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
  - Daerah gradasi III = Pasir halus
  - Daerah gradasi IV = Pasir agak halus

## 2. Persyaratan gradasi agregat kasar

Menurut BS , gradasi agregat kasar yang baik adalah seperti tabel 2.5

**Tabel 2.5 Batas gradasi agregat kasar menurut BS**

Lubang ayakan (mm)	Persen butir lewat ayakan besar butir maks		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 – 100	100
12.5	-	-	90 - 100
10	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4.8	0 – 5	0 – 10	0 - 10

Sumber : Tri mulyono, 2004

### d. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat.

Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton.



Berat Jenis pada agregat ada tiga macam, yaitu :

1. Bulk specific gravity, yaitu perbandingan antara berat suatu benda dalam keadaan kering mutlak dengan berat air murni yang sama dengan volume benda termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume kapiler yang dapat terisi air.
2. Bulk Specific Gravity (*Saturated Surface Dry*), yaitu perbandingan antara berat suatu benda pada keadaan jenuh kering muka dengan berat air murni yang sama dengan volume benda termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume pori-pori kapiler yang dapat terisi air.
- Apparent Specific Gravity, yaitu perbandingan antara berat suatu benda dalam keadaan kering mutlak dengan berat air murni yang sama dengan volume benda termasuk seluruh pori-pori yang terkandung didalamnya.

Karena kondisi agregat dalam beton dalam keadaan jenuh, maka di dalam rancangan campuran hanya Bulk Specific Gravity (SSD) saja yang digunakan. Penyerapan air adalah kemampuan suatu benda untuk menyerap air dari keadaan kering mutlak menjadi keadaan SSD atau jenuh kering permukaan. Penyerapan air pada agregat dipengaruhi terutama oleh banyaknya pori, diameter pori serta kontinuitas pori. Agregat yang memiliki porositas yang tinggi, lubang pori yang besar dan menerus, maka penyerapan airnya tinggi.

Penyerapan air pada agregat mempengaruhi daya rekat antara pasta semen dengan agregat serta keawetan agregat itu sendiri. Pada umumnya agregat yang memiliki penyerapan air yang tinggi, maka daya rekatnya terhadap semen akan baik. Tetapi dengan penyerapan yang tinggi, dapat menyebabkan mineral yang

mudah larut oleh air akan cepat hilang, sehingga keawetan dari agregat menjadi berkurang. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut.

#### e. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Kadar air pada agregat dapat berubah-ubah tergantung kondisi agregatnya. Kondisi agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu :

##### 1. Kondisi kering oven

Yaitu keadaan yang benar-benar kering atau tidak mengandung air. Kondisi seperti ini hanya didapat apabila agregat dimasukkan ke dalam oven dengan suhu lebih dari 100° C. Akibatnya air yang dikandung oleh agregat menguap semuanya, sehingga kadar air menjadi 0%. Keadaan ini menyebabkan agregat dapat secara penuh menyerap air.

##### 2. Kondisi kering udara

Yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi dalam pori/butirannya masih mengandung air dan masih dapat menyerap sedikit air. Biasanya hal ini dapat terjadi apabila agregat ditempatkan dalam ruangan terbuka atau pada musim kemarau.

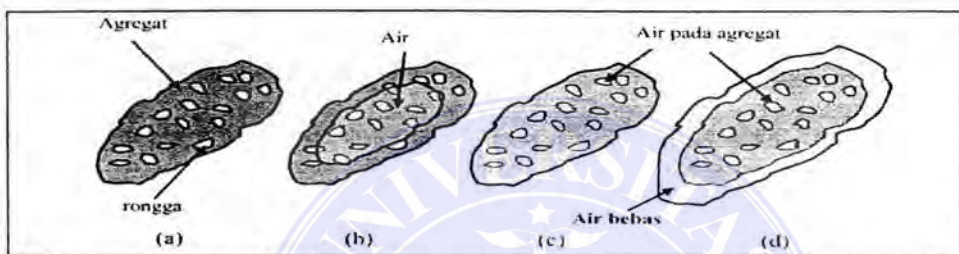
##### 3. Kondisi Jenuh Kering Permukaan (JPK) atau *Saturated Surface Dry* (SSD)

Yaitu keadaan dimana tidak ada air di permukaan agregat, tetapi didalamnya jenuh dengan air. Kondisi ini tercapai apabila agregat yang telah basah dan jenuh dilap permukaannya. Pada kondisi ini, air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.



#### 4. Kondisi basah

Yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air (jenuh dengan air) dan air yang ada sampai menyelubungi agregatnya. Dengan kondisi seperti ini, maka kadar airnya lebih tinggi dibandingkan dengan penyerapan airnya, sehingga menyebabkan penambahan kadar air campuran beton. Kondisi ini pada umumnya terdapat pada agregat yang selalu basah karena air hujan atau pada agregat yang selalu terendam air.



Kering kerontang b. Kering udara c. *Saturated surface dry* (SSD) d. Lembab  
 Sumber : Wuryati samekto, 2001

**Gambar 2.1** Kondisi kandungan Air Dalam Butiran Agregat

### C. Syarat Mutu Agregat

#### a. Agregat menurut SII 0050-80

##### 1. Agregat Halus

- a) Modulus halus butir 1.5 sampai 3.8
- b) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0.074 mm) maksimum 5 %.
- c) Kadar zat organik yang terkandung yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) 3%, jika dibandingkan dengan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari pada warna standar.



- d) Kekerasan butiran jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa bangka memberikan angka tidak lebih dari 2,20.
- e) Kekekalan (jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat, maksimum 15%.

## 2. Agregat Kasar

- a) Modulus halus butir 6.0 sampai 7.1
- b) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0.074 mm) maksimum 1%.
- c) Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- d) Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.
- e) Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai  $\text{Na}_2\text{O}$  lebih besar dari 0.6%.
- f) Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
- g) Kekerasan agregat harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.2 diatas.

### b. Agregat Menurut ASTM

#### 1. Agregat Halus

- a) Modulus halus butir 2.3 sampai 3.1

- b) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0.074 mm atau No.200) dalam persen berat maksimum,
1. Untuk beton yang mengalami abrasi sebesar 3.0%
  2. Untuk beton jenis lainnya sebesar 5%.
- c) Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapikan maksimum 3%.
- d) Kandungan arang dan lignit
1. Bila tampak permukaan beton dipandang penting (beton akan diekspos), maksimum 0.5%.
  2. Beton jenis lainnya, maksimum 1%
- e) Kadar zat organik yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) 3%, tidak menghasilkan warna yang lebih tua dibanding warna standar. Jika warnanya lebih tua maka ditolak kecuali:
1. Warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenisnya
  2. Ketika diuji dengan uji perbandingan kuat tekan beton yang dibuat dengan pasir standar silika hasilnya menunjuk nilai lebih besar dari 95%.
- f) Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0.6%.

- g) Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat, maksimum 15%.

## 2. Agregat Kasar

- a) Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0.6%.
- b) Susunan gradasi harus memenuhi syarat.



### 2.3.3 AIR

Fungsi air di dalam adukan beton adalah untuk memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan. Kualitas air yang digunakan untuk mencampur beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Air yang mengandung zat-zat kimia berbahaya, mengandung garam, minyak, dan lain-lain akan menyebabkan kekuatan beton turun. Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai campuran beton.

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini



akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap sifat workability adukan beton, besar kecilnya nilai susut beton, kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu dan perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lainlain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Semen dapat berfungsi sebagai perekat apabila ada reaksi dengan air. Oleh karena itu jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi semen harus cukup. Apabila terlalu banyak air yang ditambahkan pada beton maka akibat adanya pengeringan maka air bebas yang terdapat di dalam gel akan cepat menguap sehingga gel menjadi poros, gel menyusut banyak dan terjadi retakan. Selain itu kekuatan gel juga rapuh yang mengakibatkan daya rekat semen rendah. Sebaliknya apabila jumlah air pencampur pada beton kurang maka proses hidrasi

semen tidak dapat terjadi seluruhnya yang mengakibatkan kekuatan beton akan turun.

#### A. Jenis – Jenis air untuk campuran beton

Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai air pengaduk pada beton. Adapun jenis-jenis air yang dapat digunakan untuk air pengaduk beton (Tri mulyono, 2004) adalah :

- a. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh kebumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
- b. Air tanah, biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.
- c. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan dan air reservior. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampur beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau air genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.
- d. Air laut, air laut mengandung 30.000 – 36.000 mg/liter garam (3% - 3,6%) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

## B. Syarat - syarat air dan pengaruhnya untuk campuran beton

Air yang digunakan untuk mencampur beton harus mempunyai syarat-syarat tertentu. Adapun syarat mutu air untuk adukan beton menurut British Standard (BS.3148-80) adalah sebagai berikut (Tri mulyono, 2004) :

- a. Garam-garam anorganik. Ion-ion yang terdapat dalam air adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida dan nitrat. Gabungan ion-ion tersebut yang terdapat dalam air maksimum 2000mg/liter. Garam-garam ini akan menghambat waktu pengikatan pada beton sehingga kuat tekannya turun. Selain itu garam-garam ini membuat beton bersifat higroskopis, sehingga beton selalu basah, beton menjadi bercak putih, ditumbuhi lumut dan tulangan menjadi elektrolit dan berkarat. Konsentrasi garam- garam ini pada air pencampur beton maksimum 500ppm.
- b. NaCl dan Sulfat. Konsentrasi NaCl dalam air diijinkan maksimum 20000 ppm. Garam ini membuat beton bersifat higroskopis dan bila bereaksi dengan agregat yang mengandung alkali akan membuat beton mengembang. Pengaruh garam sulfat terhadap beton adalah membuat beton tidak awet.
- c. Air asam. Air yang mempunyai nilai asam tinggi ( $PH > 3,0$ ) akan menyulitkan pekerjaan beton.
- d. Air basa. Air dengan kandungan Natrium Hidroksida kurang dari 0,5 % dari berat semen tidak mempengaruhi kekuatan beton. Sebaliknya NaOH lebih dari 0,5 % dari berat semen akan menurunkan kekuatan beton.
- e. Air gula. Penambahan gula sebesar 0,25% ke atas akan menyebabkan bertambahnya waktu ikat semen dan juga menurunkan kekuatan beton.



### 2.3.4 Bahan Tambahan (Admixture)

*Admixture* adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

Jenis *chemical admixture* antara lain :

- Ketentuan dan syarat mutu bahan tambahan kimia sesuai dengan ASTM C 494-81 "*Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*". Definisi type dan jenis bahan tambahan kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut : /
  - Type A : *Water Reducing Admixture*, adalah bahan tambahan yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.
  - Type B : *Retarding Admixture*, adalah bahan tambahan yang berfungsi menghambat pengikatan beton.
  - Type C : *Accelerating Admixture*, adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

- Type D : *Water Reducing and Retarding Admixture*, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
- Type E : *Water Reducing and Accelerating Admixture*, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.
- Type F : *Water Reducing and High Range Admixture*, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
- Type G : *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

Adapun jenis additive antara lain :

- Abu terbang (*fly ash*) batu bara
- Slag
- Silika fume
- Penghalus gradasi (*finely divided mineral admixtures*)

(sumber : Ir. Trimulyono, MT ; 2003)

Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran beton, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang, beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan dan beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Semen dan air dalam adukan beton membuat pasta yang disebut pasta semen. Adapun pasta semen ini selain berfungsi untuk mengisi pori-pori antara butiran agregat halus dan agregat kasar juga mempunyai fungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat.

Ruang yang tidak ditempati butiran semen, merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut *kapiler*. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton sudah mengeras, sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan beton berkurang. Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meskipun penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambah dalam campuran beton sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif.

Ketika semen dan air dicampur, partikel-partikel semen cenderung berkumpul menjadi gumpalan yang dikenal sebagai gumpalan semen. Penggumpalan



Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran beton, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang, beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan dan beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Semen dan air dalam adukan beton membuat pasta yang disebut pasta semen. Adapun pasta semen ini selain berfungsi untuk mengisi pori-pori antara butiran agregat halus dan agregat kasar juga mempunyai fungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat.

Ruang yang tidak ditempati butiran semen, merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut *kapiler*. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton sudah mengeras, sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan beton berkurang. Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meskipun penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambah dalam campuran beton sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif.

Ketika semen dan air dicampur, partikel-partikel semen cenderung berkumpul menjadi gumpalan yang dikenal sebagai gumpalan semen. Penggumpalan

mencegah pencampuran antara semen dan air yang menghasilkan kehilangan kemampuan kerja (loss of workability) dari campuran beton sebagaimana hal tersebut mencegah campuran hidrasi yang sempurna. Ini berarti bahwa pengurangan kekuatan potensial penuh dari pasta semen akan ditingkatkan. Pada beberapa kejadian dalam 28 hari hanya 50% kandungan semen sudah terhidrasi. (Smith dan Andreas, 1989).

Gumpalan relative besar dari semen mempunyai permukaan yang kasar dan kesat yang memerlukan jumlah air yang lebih besar untuk memproduksi campuran beton yang mudah dikerjakan. Pada saat dicampur Superplasticizer dapat meningkatkan keplastisan yang menghasilkan campuran beton yang lebih cair. (Smith dan Andreas, 1989).

#### **2.3.4.1 Pengaruh Bahan Tambah**

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen dan Agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relative sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan dan kedekatan terhadap air.



Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan tambahan untuk beton, 1990), bahan tambah kimia dibedakan 5 (lima) jenis yaitu :

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan factor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok rategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Selain 5 (lima) jenis diatas, ada dua jenis bahan tambah kimia lain yang lebih khusus, yaitu:

1. Bahan kimia tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sampai sebesar 20% atau bahkan lebih, untuk menghasilkan



adukan beton dengan kekentalan sama (air dikurangi sampai 12% lebih namun tidak menambah kekentalan pada adukan beton).

2. Bahan tambah kimia tambahan dengan fungsi ganda, yaitu mengurangi air sampai 12% atau lebih dan memperlambat waktu ikat awal.

Penambahan *Superplasticizer* pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workability beton sampai pada tingkat yang lebih besar. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang diinginkan, dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workability yang sama. (L.J Murdock & Brook, 1991).

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa.

Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan diatas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Supartono, 1998).

#### 2.3.4.2 *Superplasticizer*

*Superplasticizer* adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah

mengakibatkan terjadinya bleeding. *Superplasticizer* dapat mereduksi air sampai 40% dari campuran awal.

Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, akibat pengurangan kadar air akan membuat campuran lebih padat sehingga pemakaian *Superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai slump yang tinggi. Keistimewaan penggunaan *superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain:

1. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan *workability* tinggi.
2. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
3. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan tetapi meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit.
4. Tidak ada udara yang masuk. Penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan strength rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan dapat menjaga "air content" didalam beton serendah mungkin. Penggunaan *superplasticizer* menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara masuk kedalam beton dan tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan

Secara umum, partikel semen dalam air cenderung untuk berkohesi satu sama lainnya dan partikel semen akan menggumpal. Dengan menambahkan

*superplasticizer*, partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan terdispersi. Dengan kata lain *superplasticizer* mempunyai dua fungsi yaitu, mendispersikan partikel semen dari gumpalan partikel dan mencegah kohesi antar semen. Fenomena dispersi partikel semen dengan penambahan *Superplasticizer* dapat menurunkan viskositas pasta semen, sehingga pasta semen lebih fluid/alir. Hal ini menunjukkan penggunaan air dapat diturunkan dengan penambahan *superplasticizer*





## BAB III

### METODE PENELITIAN

Metode pengujian dilakukan dengan menguji pada agregat kasar dan agregat halus yang akan menjadi bahan pembentuk beton yang kemudian akan dilanjutkan dengan pengujian beton segar dan beton keras sesuai dengan standar yang berlaku, baik standar Indonesia maupun standar asing. Semua cara pengujian yang dilakukan telah disesuaikan dengan standar yang ada seperti SII (Standar Industri Indonesia), SK SNI ataupun standar asing seperti ASTM (American Society for Test Material) dan BS (British Standard). Untuk semen dan air tidak dilakukan pengujian, karena semen type 1 yang digunakan sudah memenuhi standar serta air yang dapat dipakai dilaboratorium PT Wika Beton Binjai (air yang berasal dari air tanah) sudah layak digunakan untuk air adukan beton.

#### 3.1 Metode penelitian

Metode pengujian pada agregat yaitu agregat kasar dan agregat halus dilakukan sesuai dengan standar pengujian, yaitu sebagai berikut :

- a. Berat jenis dan penyerapan air sesuai dengan SK-SNI M 09 – 1989 – F (Agregat kasar) dan SK-SNI M 10 – 1989 – F (Agregat halus ).
- b. Berat isi sesuai dengan ASTM C – 91a – 78
- c. Analisa ayak sesuai dengan SK-SNI M 08 – 1989 – F
- d. Kadar air sesuai dengan SK-SNI M 11 – 1989 – F

- e. Kadar lumpur sesuai dengan ASTM C 117 – 95
- f. Organik impuritis sesuai dengan ASTM C 40 – 92
- g. Kekerasan sesuai dengan British Standart 812 : PART 3 : 1975

Setelah didapat sifat fisik dari agregat lalu dibandingkan dengan persyaratan agregat untuk beton menurut SII NO.0052 – 80. Dari persyaratan tersebut dapat dianalisa apakah agregat tersebut memenuhi syarat atau tidak. Selanjutnya untuk mengetahui sifat fisik dari beton, baik itu beton segar maupun beton kaku, maka dilakukan pengujian berdasarkan standar pengujian, sebagai berikut :

1. Pengujian terhadap beton segar
  - a. Uji slump sesuai dengan SK SNI M – 12 – 1989 – F
  - b. Berat isi sesuai dengan ASTM C 138 – 92
2. Pengujian terhadap beton keras
  - a. Kuat tekan sesuai dengan SK SNI M – 14 – 1989 – F

### 3.2 Bahan – bahan penelitian

Dalam penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah :

- a. Air yang digunakan adalah air yang tersedia dilaboratorium PT Wika Beton Binjai.
- b. Semen yang digunakan, adalah Semen Portland type I dengan merk Semen Padang dari PT Wika Beton Binjai.
- c. Agregat halus yang digunakan, adalah agregat dari PT Wika Beton di Binjai yang diambil dari Sungai Sei Semayang Stabat.

- d. Agregat kasar yang digunakan, adalah agregat dari PT Wika Beton yang diambil dari Binjai dengan ukuran maksimum 20 mm.
- e. Bahan Tambah (Admixture) *Superplasticizer* Type F Dari Kao Mighty dan Sika.

### 3.3 Tempat penelitian

Semua pengujian yang terdiri dari pengujian agregat, pengujian beton segar, dan pengujian beton kaku dilaksanakan di laboratorium PT Wika Beton Binjai, Sumatera Utara.

### 3.4 Prosedur pengujian

#### 3.4.1 Pengujian agregat kasar

##### A. Berat jenis dan penyerapan air

###### Tujuan :

Untuk menentukan berat jenis dan prosentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar.

###### Alat :

- a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No.6 atau No.8 ) dengan kapasitas 5 kg.
- b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pengujian.
- c. Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi ( $110 \pm 5$ )° C



#### e. Saringan No.4

Bahan : Agregat kasar yang tertahan ayakan 4 mm sebanyak  $\pm 5$  kg.

#### Prosedur pengujian

1. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
2. Keluarkan benda uji, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan benda uji hilang (SSD), untuk butir yang besar harus satu persatu.
3. Timbang benda uji dalam keadaan SSD ( $B_j$ ).
4. Letakkan benda uji didalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air ( $B_a$ ).  
Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar  $25^\circ\text{C}$ .
5. Masukkan benda uji didalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
6. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu sampai tiga jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gr ( $B_k$ ).

#### Perhitungan

1. Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*)  $= \frac{B_k}{B_j - B_a}$
2. Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)  $= \frac{B_j}{B_j - B_a}$
3. Berat jenis semu (*Apparent Surface Dry*)  $= \frac{B_k}{B_k - B_a}$
4. Penyerapan air (*Absorption*)  $= \frac{B_j - B_k}{B_k - B_a} \times 100 \%$

Dimana :

$B_k$  = Berat benda uji kering oven (gr)

$B_j$  = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD) (gr)

$B_a$  = Berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gr)

## B. Berat Isi

### Tujuan :

Untuk menentukan berat isi lepas dan berat isi padat agregat kasar

### Alat :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
- b. Talam dengan kapasitas besar
- c. Tongkat pemadat diameter 15 mm dan panjang 60 cm
- d. Mistar perata (*straight edge*)
- e. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang

Bahan : Benda uji adalah agregat yang telah dioven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.

### Prosedur pengujian :

#### A. Berat isi lepas :

1. Timbang silinder dan catat beratnya ( $W_1$ ).
2. Masukkan benda uji dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catatlah wadah serta isinya ( $W_2$ ).
5. Hitung berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).

## B. Berat isi padat

1. Timbang silinder dan catatlah beratnya (W1).
2. Isilah silinder / wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan mistar perata.
4. Timbang dan catat berat wadah serta benda uji (W4).
5. Hitung berat benda uji ( $W5 = W4 - W1$ ).

### Perhitungan :

$$\text{Berat isi agregat lepas} = \frac{W3}{V} \text{ Kg/lt}$$

$$\text{Berat isi agregat padat} = \frac{W5}{V} \text{ Kg/lt}$$

Dimana : W3 = Berat benda uji dalam kondisi lepas (Kg)

W5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume tabung silinder (lt)

## C. Analisa Ayak

### Tujuan :

Untuk menentukan persen tertahan pada masing-masing saringan, nilai persen lolos kumulatif, angka kehalusan (fine modulus) dan diameter maksimum agregat.

### Alat :



- a. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gr
- b. Satu set saringan
- c. Oven untuk memanaskan bahan
- d. Alat pemisah contoh
- e. Mesin getar saringan
- f. Talam
- g. Kuas, sikat halus, sikat kuningan
- h. Sendok dan alat-alat lainnya

Bahan : Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak :

1. Ukuran maksimum 3.5” : berat minimum 35 kg
2. Ukuran maksimum 3” : berat minimum 30 kg
3. Ukuran maksimum 2.5” : berat minimum 25 kg
4. Ukuran maksimum 2” : berat minimum 20 kg
5. Ukuran maksimum 1.5” : berat minimum 15 kg
6. Ukuran maksimum 1” : berat minimum 10 kg
7. Ukuran maksimum ¾” : berat minimum 5 kg
8. Ukuran maksimum ½” : berat minimum 2.5 kg
9. Ukuran maksimum 3/8” : berat minimum 1 kg

Bila agregat berupa campuran dari agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi dua bagian dengan saringan no.4 selanjutnya agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti yang tercantum diatas.

### Prosedur Pengujian :

1. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan.
3. Susun saringan dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas, letakan pan pada bagian bawah.
4. Masukkan agregat dari bagian atas, lalu tutup bagian atas saringan dengan penutup saringan.
5. Letakkan susunan saringan dalam mesin penggetar saringan (*sieve shaker*), lalu jalankan mesin penggetar saringan selama  $\pm 15$  menit.
6. Timbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

### Perhitungan

1. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.
2. Hitung persentase tertahan kumulatif
3. Hitung angka kehalusan (fineness modulus)

$$FM = \frac{\sum \% \text{ tertahan kumulatif diatas ayakan } 0,15}{100}$$

4. Hitung persentase lolos kumulatif

## D. **Kadar Air**

### Tujuan :

Untuk menentukan kadar air yang terdapat dalam agregat dengan cara pengeringan.

### Alat:

1. Timbangan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 0.1 gr
2. Oven
3. Talam

Bahan : Benda uji yang diambil dari lapangan.

### Prosedur pengujian :

1. Ambil agregat kasar yang akan diuji dari lapangan dan taruh pada wadah.
2. Timbang dan catat berat agregat kasar beserta wadah (W1).
3. Masukkan agregat kasar dan pan kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai didapat yang tetap.
4. Setelah kering, timbang dan catat agregat kasar yang diuji beserta wadah (W2).

### Perhitungan :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W1-W2}{W2} \times 100 \%$$

Sumber : Tri mulyono, 2004



## E. Kekerasan agregat

### Tujuan :

Untuk menentukan kekerasan agregat kasar, apakah agregat tersebut cocok digunakan untuk beton.

### Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
2. Oven pengering
3. Ayakan standar
4. Bejana tekan lengkap
5. Mesin tekan

Bahan : Agregat kasar yang akan diuji dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) atau dalam keadaan kering yaitu dengan mengeringkan terlebih dahulu dalam oven ( $110 \pm 5$ )°C selama empat jam.

### Prosedur pengujian

1. Saring agregat kasar dengan susunan ayakan 14 mm dan 10 mm.
2. Timbang berat bejana beserta alasnya ( $W_1$ ) gram.
3. Masukkan agregat dengan fraksi 10-14 mm kedalam bejana setinggi 10 cm dalam tiga lapisan yang masing-masing lapisan dipadatkan sebanyak 25 kali dengan batang baja, (tinggi jatuh dari batang baja tersebut adalah 50 mm diatas permukaan agregat).
4. Ratakan permukaan agregat.
5. Timbang berat bejana dengan agregatnya ( $W_2$ ) gram.
6. Hitung berat benda uji ( $a = W_2 - W_1$ ).

7. Letakkan stempel penekan diatas benda uji.
8. Tekan stempel dengan beban 400 KN yang dicapai dalam waktu 10 menit.
9. Hentikan penekanan dan keluarkan benda uji dari dalam bejana.
10. Saring benda uji yang telah ditekan, timbang berat benda uji yang telah ditekan diatas ayakan 2.36 mm (b gram).
11. Hitung prosentase benda uji yang tertahan lubang ayakan 2.36 mm sampai satu desimal.

Perhitungan:

Keausan (banyaknya benda uji yang lolos lubang ayakan 2.36 mm) adalah :

$$\frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

A

Dimana :

A = Berat benda uji

B = Berat benda uji yang tertahan diatas ayakan 2.36 mm

**F. Kadar lumpur agregat (Aayakan 200 mesh)**

Tujuan :

Untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan no.200 mesh dengan cara pencucian.

Alat:

1. Saringan no.16 dan no.200 (1,18 dan 0,075 mm)
2. Tempat pencuci kapasitas besar
3. Oven panas
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr

## 5. Talam untuk mengeringkan contoh

**Bahan :** Benda uji berupa agregat yang telah dikeringkan.

**Prosedur pengujian :**

1. Ambil benda uji atau agregat kasar dari lapangan (W1).
2. Masukkan benda uji kedalam wadah dan beri air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian kedalam susunan saringan No.16 dan No.200. Pada waktu menuangkan air cucian usahakan agar bahan agregat kasar tidak ikut tertuang.
4. Masukkan air pencuci baru, dan ulangi pekerjaan diatas sampai air cucian menjadi bersih.
5. Selain cara diatas, perhitungan kadar lumpur dapat pula dilakukan dengan meletakkan benda uji diatas ayakan no.16 dan no.200. Kemudian cuci benda uji diatas susunan ayakan tersebut pada air yang mengalir (air kran) hingga air cucian menjadi bening.
6. Semua bahan yang tertahan diatas saringan no.16 dan no.200 kembalikan kedalam wadah dan keringkan dalam oven dengan suhu  $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
7. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya (W2).

**Perhitungan :**

$$\text{Jumlah bahan yang lolos saringan No.200} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \%$$



### 3.4.2 Pengujian agregat halus

#### A. Berat jenis dan penyerapan air

Tujuan :

Untuk menentukan berat jenis dan prosentase air yang dapat diserap oleh agregat

Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram mempunyai kapasitas 5 kg
2. Picnometer dengan kapasitas 500 ml
3. Kerucut terpancung
4. Batang penumbuk
5. Saringan 4 mm
6. Oven
7. Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C
8. Talam
9. Bejana tempat air
10. Pompa hampa udara (vacuum pump)
11. Air suling
12. Desikator

Bahan : Benda uji adalah agregat yang lewat ayakan no.4 (4,75 mm) diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 2000 gram.

Prosedur pengujian :

1. Keringkan benda uji didalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap,

2. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talem, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji atau jika tidak mungkin dapat dilakukan dengan cara memanaskannya diatas kompor. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan SSD.
3. Periksa keadaan SSD dengan memasukkan benda uji kedalam kerucut terpancung dalam tiga bagian kemudian padatkan masing-masing 8x, 8x dan 9x. Lalu angkat kerucut terpancung, keadaan SSD tercapai bila benda uji lerengnya runtuh akan tetapi tingginya masih tetap .
4. Setelah keadaan SSD tercapai, ambil benda uji sebanyak  $\pm 500$  gram (Bssd), lalu masukkan kedalam picnometer. Masukkan air suling sebanyak 90% dari isi picnometer, putar sambil diguncang-guncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat dapat digunakan pompa hampa udara atau dengan cara merebus picnometer.
5. Rendam picnometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar 25°C.
6. Tambahkan air sampai pada batas tertentu.
7. Timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (BT).
8. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
9. Setelah benda uji dingin lalu timbang (Bk).

10. Tentukan berat picnometer berisi air penuh (B) dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C.

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Berat jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{Bk}{B + Bssd - BT} \\
 2. \text{ Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{Bssd}{B + Bssd - BT} \\
 3. \text{ Berat jenis semu (Apparent Surface Dry)} &= \frac{Bk}{B + Bk - BT} \\
 4. \text{ Penyerapan Air} &= \frac{Bssd - Bk}{Bk} \times 100 \%
 \end{aligned}$$

Dimana : Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD) (gram)

B = Berat picnometer + air (gram)

BT = Berat picnometer + benda uji + air (gram)

**B. Berat isi**

Tujuan :

Untuk menentukan berat isi lepas dan berat isi padat agregat halus.

Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
2. Talam dengan kapasitas besar
3. Tongkat pemadat diameter 15 mm dan panjang 60 cm



#### 4. Mistar perata (straight edge)

5. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang.

**Bahan** : Benda uji adalah agregat yang telah dioven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.

#### Prosedur pengujian :

##### A. Berat isi lepas :

1. Timbang silinder dan catat beratnya ( $W_1$ )
2. Masukkan benda uji dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
4. Timbang dan catatlah wadah serta isinya ( $W_2$ )
5. Hitung berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )

##### B. Berat isi padat :

1. Timbang silinder dan catatlah beratnya ( $W_1$ )
2. Isilah silinder / wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan mistar perata
4. Timbang dan catat berat wadah serta benda uji ( $W_4$ )
5. Hitung berat benda uji ( $W_5 = W_4 - W_1$ )

**Perhitungan :**

$$\text{Berat isi agregat lepas} = \frac{W3}{V} \text{ Kg/lt}$$

$$\text{Berat isi agregat padat} = \frac{W5}{V} \text{ Kg/lt}$$

Dimana : W3 = Berat Benda Uji dalam kondisi Lepas (Kg)

W5 = Berat Benda Uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume Tabung Silinder (lt)

**C. Analisa ayak****Tujuan :**

Untuk menentukan persen tertahan pada masing-masing saringan, nilai persen lolos kumulatif, angka kehalusan (fineness modulus) dan diameter maksimum agregat.

**Alat :**

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gr
2. Satu set saringan
3. Oven untuk memanaskan bahan
4. Alat pemisah contoh
5. Mesin getar saringan
6. Talam
7. Kuas, sikat halus, sikat kuning
8. Sendok dan alat - alat lainnya

**Bahan :**

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak :

Agregat halus :

- a. Ukuran maksimum no.4 : berat minimum 500 gram
- b. Ukuran maksimum no.8 : berat minimum 100 gram

Bila agregat berupa campuran dari agregat halus, agregat tersebut dipisahkan menjadi dua bagian dengan saringan no.4 selanjutnya agregat halus disediakan sebanyak jumlah seperti yang tercantum diatas.

Prosedur pengujian :

1. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan.
3. Susun saringan dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas, letakkan pan pada bagian bawah.
4. Masukkan agregat dari bagian atas, lalu tutup bagian atas saringan dengan penutup saringan.
5. Letakkan susunan saringan dalam mesin penggetar saringan (sieve shaker), lalu jalankan mesin penggetar saringan selama  $\pm 15$  menit.
6. Timbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

Perhitungan

1. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji
2. Hitung persentase tertahan kumulatif
3. Hitung angka kehalusan (fineness modulus)



$$FM = \frac{\Sigma \% \text{ tertahan komulatif diatas ayakan } 0,15}{100}$$

#### 4. Hitung persentase Lolos Komulatif

### D. Kadar Air

#### Tujuan :

Untuk menentukan kadar air yang terdapat dalam agregat dengan cara pengeringan.

#### Alat :

1. Timbangan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 0.1 gr
2. Oven
3. Talam dari logam anti karat

Bahan : Benda uji yang diambil dari lapangan

#### Prosedur pengujian :

1. Ambil agregat halus yang akan diuji dari lapangan dan taruh pada wadah.
2. Timbang dan catat berat agregat halus beserta wadah (W1).
3. Masukkan agregat halus dan pan kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai didapat berat yang tetap.
4. Setelah kering, timbang dan catat berat agregat halus yang diuji beserta wadah (W2).

#### Perhitungan :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \%$$

Sumber : Tri mulyono, 2004

## **E. Kadar Lumpur Agregat (Ayakan 200 mesh)**

### Tujuan :

Untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat agregat lewat saringan no.200 mesh dengan cara pencucian.

### Alat:

1. Saringan no.16 dan no.200 (1,18 dan 0,075 mm)
2. Tempat pencuci kapasitas besar
3. Oven panas
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
5. Talam untuk mengeringkan contoh

Bahan : Benda uji berupa agregat yang telah dikeringkan. Banyaknya tergantung kepada ukuran maksimum.

### Prosedur pengujian :

1. Ambil benda uji atau agregat kasar dari lapangan (W1).
2. Masukkan benda uji kedalam wadah dan beri air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian kedalam susunan saringan No.16 dan No.200. Pada waktu menuangkan air cucian usahakan agar bahan agregat kasar tidak ikut tertuang.
4. Masukkan air pencuci baru, dan ulangi pekerjaan diatas sampai air cucian menjadi bersih.
5. Selain cara diatas, perhitungan kadar lumpur dapat pula dilakukan dengan meletakkan benda uji diatas ayakan no.16 dan no.200. Kemudian cuci benda

uji diatas susunan ayakan tersebut pada air yang mengalir (air kran) hingga air cucian menjadi bening.

6. Semua bahan yang tertahan diatas saringan no.16 dan no.200 kembalikan kedalam wadah dan keringkan dalam oven dengan suhu  $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
7. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya ( $W_2$ ).

Perhitungan :

$$\text{Jumlah bahan yang lolos saringan No.200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$$

## F. Organic Impurities

Tujuan :

Untuk menentukan adanya bahan organik dalam agregat halus yang akan digunakan untuk campuran beton.

Alat:

1. Botol gelas tidak berwarna dengan isi kurang lebih 350 ml
2. Standar warna
3. Larutan NaOH 3% (dibuat dengan cara melarutkan NaOH sebanyak 3 gram dengan air suling 97 gram)

Bahan : Pasir dalam keadaan asli sebanyak  $\pm 450$  gram

Prosedur pengujian :

1. Isi botol gelas dengan benda uji sampai mencapai  $\pm 130$  ml.
2. Tambahkan sodium hydroxide sampai permukaan larutan mencapai  $\pm 200$  ml.
3. Tutup botol, lalu kocok dan biarkan selama 24 jam.



4. Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat diatas benda uji dengan warna standar.

Perhitungan :

Benda uji dinyatakan mengandung zat organik jika setelah 24 jam warnanya lebih tua dari warna standar (cokelat tua).

### 3.4.3 Pengujian beton segar

#### A. Slump test

Tujuan :

Untuk menentukan slump beton, Slump merupakan ukuran kekentalan beton segar.

Alat :

1. Kerucut Abram, yaitu kerucut terpancung dengan ukuran diameter 20 cm diameter atas 10 cm, tinggi 30 cm.
2. Plat baja tahan karat untuk alas pengujian
3. Tongkat pemadat diameter 20 mm panjang 50 cm
4. Mistar pengukur

Bahan : Contoh beton segar sebanyak-banyaknya sama dengan isi cetakan.

Prosedur pengujian :

1. Lumasi bagian dalam alat slump dengan kain basah, supaya tidak menyerap air dari sample.

2. Letakkan alat slump di tempat datar, lalu tahan kerucut terpancung tersebut dengan cara menginjak bagian bawah agar tidak terangkat pada saat beton dimasukkan.
3. Masukkan beton dalam tiga lapisan, setiap lapisan dipadatkan dengan batang pemadat sebanyak 25 kali
4. Ratakan permukaan atas, dengan menggeserkan batang pemadat secara mendatar.
5. Bersihkan kelebihan beton yang menempel pada alat slump
6. Lepaskan injakan kaki, lalu segera angkat vertikal ke atas kerucut abras.
7. Letakkan kerucut abras dengan cara terbalik di samping benda uji, letakkan batang pemadat secara mendatar pada bagian atas kerucut abras, lalu ukur dengan mistar pengukur.

Perhitungan :

Besar Slump = Tinggi cetakan – tinggi rata-rata benda uji

**B. Berat isi (unit weight)**

Tujuan :

Untuk menentukan berat isi (unit weight) beton segar (fresh concrete) serta banyaknya semen per meter kubik beton.

Alat :

1. Tabung silinder
2. Timbangan kapasitas 25 kg, dengan ketelitian 0,1 gram
3. Skop baja

4. Tongkat pemadat diameter 16 mm panjang 600 mm
5. Mistar Perata
6. Mistar Pengukur

Bahan:

Contoh beton segar sebanyak-banyaknya sama dengan kapasitas takaran.

Prosedur pengujian :

1. Siapkan peralatan seperti yang tercantum diatas.
2. Timbang tabung silinder → A gram.
3. Ukur volumenya.
  - a. Pengukuran volume, dapat dengan cara diukur atau diisi dengan air.
  - b. Dengan cara di isi air: Letakkan tabung diatas timbangan yang datar. Masukkan air kedalam tabung sampai penuh, lalu catat beratnya B gram. →
  - c. Volume tabung dapat dihitung dengan cara mengkonversi berat air dengan berat isi air (=1 kg/liter)
  - d. Volume tabung = B – A (liter)
4. Untuk pemadatan dengan tongkat pemadat lakukan sebagai berikut :
  - a. Masukkan beton segar kedalam tabung dalam tiga lapisan yang sama volumenya. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
  - b. Padatkan secara dengan tongkat pemadat secara saling silang



c. Pada lapis pertama pemadatan sampai lapis bawah, tapi jangan sampai dasar tabung, pada lapis kedua dan ketiga, tongkat pemadat harus masuk sedalam 25 mm pada lapisan dibawahnya.

5. Ratakan permukaan tabung dengan mistar perata, lalu timbang → Cgram

Perhitungan :

$$\text{BERAT ISI} = \frac{C - A}{B - A} \text{ Gram / liter atau Kg / liter}$$

$$\text{Koreksi} = \frac{\text{Berat isi beton perencanaan}}{\text{Berat isi beton pelaksanaan}}$$

### 3.4.4 Pengujian beton keras

#### A. Kuat Tekan

Tujuan :

Untuk menentukan besarnya kuat tekan yang dihasilkan oleh suatu campuran beton sesuai dengan yang direncanakan.

Alat :

1. Cetakan Silinder 15 cm x 30 cm
2. Batang penumbuk diameter 16 cm, panjang 60 cm dengan satu ujungnya dibulatkan
3. Sendok beton
4. Alat caping
5. Mesin uji kuat tekan beton

Bahan : Beton segar yang selesai diaduk dimasukkan kedalam cetakan kubus 15 cm x 30 cm.

Prosedur pengujian :

a. Pembuatan benda uji

1. Siapkan cetakan silinder yang sudah diberi pelumas.
2. Lalu beton segar dimasukkan kedalam silinder dalam tiga lapis. Tiap lapis ditumbuk 25 x secara merata dengan batang penumbuk sampai permukaannya mengkilap.
3. Ratakan permukaan benda uji didalam cetakan.
4. Simpan benda uji didalam cetakan selama 24 jam.
5. Buka cetakan dan rendam benda uji sampai umur 28 hari.

b. Pengujian

1. Beton berbentuk silinder, yang telah di rawat sampai hari pengujian, diambil dari tempat perawatan.
2. Lap permukaannya sehingga kering, beri nomor masing-masing sampel agar tidak tertukar.
3. Timbang benda uji → gram.
4. Lapisilah (*capping*) permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut :
  - Lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh (*melting pot*) yang dinding dalamnya telah dilapisi tipis dengan gemuk
  - Kemudian letakkan benda uji tegak lurus pada cetakan pelapis

sampai mortar belerang cair menjadi keras

- Dengan cara yang sama lakukan pelapisan pada permukaan lainnya
5. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara centris
  6. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik
  7. Atur kecepatan pembebanan dengan memutar *load rate* antara 0.14 – 0.34 Mpa / detik.
  8. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji

Perhitungan :

$$f_c' (\sigma_b) = P / A$$

dimana :  $f_c' (\sigma_b)$  = nilai kuat tekan benda uji

P = beban yang dapat dipikul hingga runtuh

A = luas penampang yang menerima beban

### 3.4.5 Rancangan campuran beton (mix design)

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton dengan metode SK SNI T-15-1990-03:

#### a. Penetapan kuat tekan beton

Kuat tekan beton yang disyaratkan/direncanakan ditentukan dengan kuat tekan pada beton umur 28 hari ( $f_c$ ).

#### b. Penetapan nilai deviasi standar (s)



Deviasi standar ditetapkan berdasarkan atas tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai ini biasanya didasarkan atas hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk pembuatan beton dengan mutu yang sama, dan menggunakan bahan-bahan dasar yang sama pula.

1. Jika pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa yang lalu, persyaratan jumlah data hasil pengujian minimum adalah 30 buah. Satu data hasil pengujian kuat tekan rata-rata diambil dari pengujian kuat tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan pengujian pada umur 28 hari atau umur lain yang ditetapkan.
2. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor perkalian, seperti pada tabel 3.1

**Tabel. 3.1 Faktor perkalian deviasi standar**

Jumlah data	> 30	25	20	15	< 15
Faktor perkalian	1.00	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

Sumber : Wuryati samekto, 2001

3. Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan/pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah), nilai margin dapat langsung diambil 12 Mpa.

**Tabel.3.2 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan di lapangan**

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

Sumber: Wuryati samekto, 2001

#### 4. Penetapan nilai tambah (margin = m)

Jika nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar yang dipilih, margin dapat dihitung dengan rumus:

$$m = k \times s$$

dimana : m = Nilai tambah dalam Mpa

k = konstanta yang besarnya 1.64

s = Deviasi standar dalam Mpa

#### c. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan beton rata-rata yang hendak dicapai (direncanakan) diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

dimana :  $f'_c$  = Kuat tekan rata-rata (Mpa)

$f'_{cr}$  = Kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

m = Nilai tambah (Mpa)

#### d. Penetapan jenis semen yang digunakan

#### e. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat yang akan digunakan ditetapkan apakah menggunakan pasir alam dan kerikil alam, ataukah pasir alam dan batu pecah (crushed aggregate).

f. Penetapan faktor air semen

Berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar dan kuat tekan rata-rata silinder dan kubus beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan Tabel 3.3 dan gambar 3.1 dan gambar 3.2.

**Tabel.3.3 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0.5 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia**

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (Mpa) pada umur (hari)				Bentuk benda uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe II	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

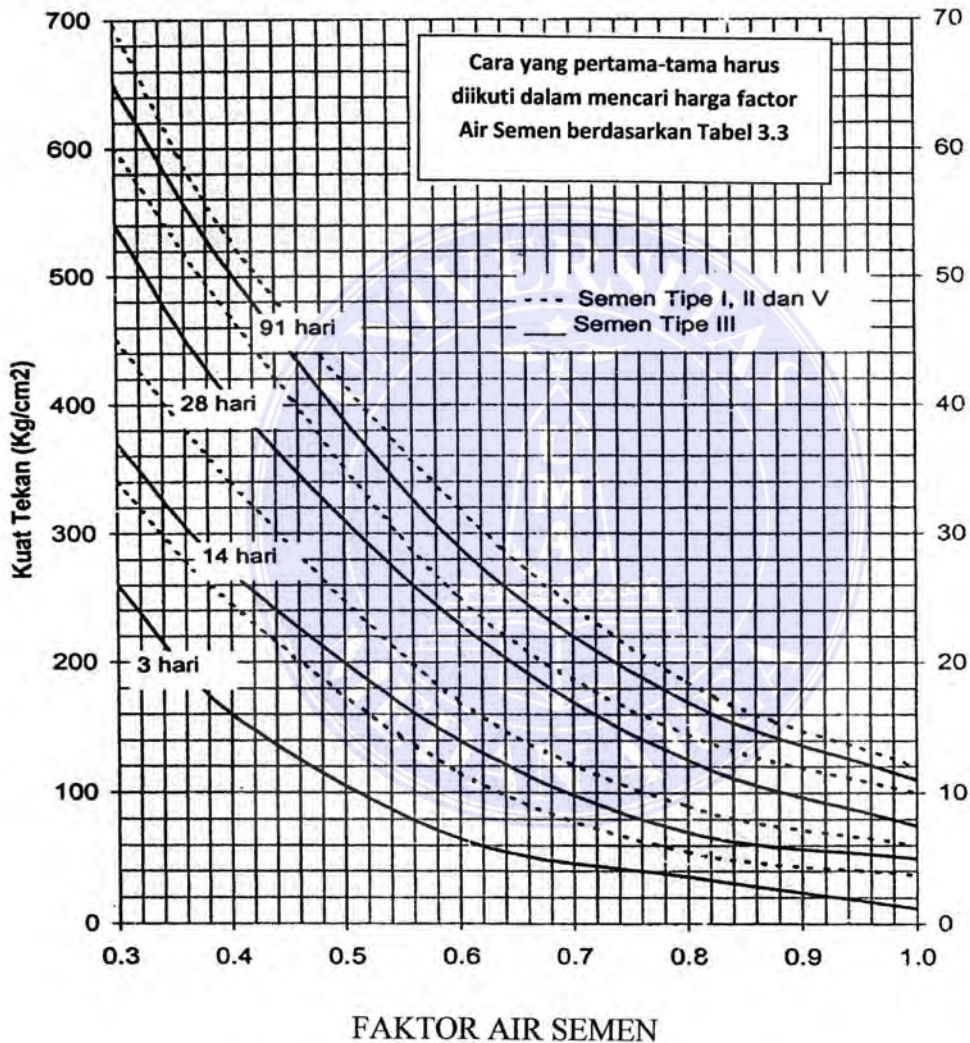
Sumber : Tri mulyono,2004

Langkah penetapannya dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Tentukan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan menggunakan tabel 3.3 sesuai dengan semen dan agregat yang dipakai.
- Pada gambar 3.1 dan gambar 3.2, grafik untuk benda uji berbentuk silinder atau kubus dilakukan penarikan garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada tabel 3.3.



- c. Tarik garis lengkung secara profesional.
- d. Tarik garis mendatar melalui kuat tekan beton yang akan direncanakan sampai memotong kurva yang baru ditentukan.
- e. Tarik garis tegak lurus ke bawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan.



Gambar 3.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Sumber : SNI 03-2834-2000

### g. penetapan FAS maksimum

Penetapan nilai faktor semen (FAS) maksimum dilakukan dengan tabel 3.4. Jika nilai faktor air semen ini lebih rendah daripada nilai faktor air semen dari langkah g, maka nilai faktor air semen maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

**Tabel 3.4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan Khusus**

Jenis konstruksi	Jumlah semen Min/m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai FAS maksimum
Beton didalam ruangan bangunan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0.60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0.52
Beton diluar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0.60
Beton yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0.52
Beton yang terus-menerus b erhubungan dengan air		
a. Air Tawar	275	0.57
b. Air Laut	375	0.52

Sumber: Wuryati samekto, 2001

### h. Menentukan slump

Harga slump dapat ditentukan sebelumnya atau tidak ditentukan. Penetapan nilai slump dilakukan dengan mempertimbangkan atas dasar pelaksanaan pembuatan, cara mengangkut (alat yang digunakan), penuangan (pencetakan), pemadatan,



maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan aduk beton dengan menggunakan pipa yang dipompa dengan tekanan, membutuhkan nilai slump yang tinggi; sedang pemadatan yang menggunakan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dengan tabel 3.5.

**Tabel.3.5 Penetapan nilai slump**

Pemakaian	Nilai Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber : Wuryati samekto,2001

i. Menetapkan ukuran agregat maksimum

Pada beton normal ada 3 pilihan besar butir maksimum, yaitu 40 mm, 20 mm, atau 10 mm. Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut:

- $\frac{3}{4}$  kali jarak bersih minimum antar baja tulangan atau berkas baja tulangan.
- $\frac{1}{3}$  kali tebal pelat
- $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antar sisi cetakan

j. Menetapkan kadar air bebas atau banyaknya air yang diperlukan penetapan per meter kubik beton



Untuk menetapkan banyaknya air yang diperlukan untuk setiap meter kubik beton, dapat dicari dengan menggunakan tabel 3.6 dengan cara sebagai berikut:

1. Jika agregat halus dan agregat kasar yang digunakan dari jenis yang sama, misalnya pasir alam dan kerikil alam, atau pasir dari baru pecah dan kerikil dari batu pecah dapat ditentukan banyaknya air yang diperlukan (Tabel 3.6)

**Tabel.3.6 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton**

Besarnya ukuran maks, agregat (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : Wuryati samekto, 2001

2. Jika agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan batu pecah), banyaknya air yang diperlukan ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$A = 0,67 \cdot W_f + 0,33 \cdot W_c$$

Dimana :

A = Banyaknya air yang dibutuhkan (liter) per meter kubik beton

$W_f$  = Banyaknya air yang dibutuhkan menurut agregat halus

$W_c$  = Banyaknya air yang dibutuhkan menurut agregat kasar

k. Menetapkan berat semen yang diperlukan

Berat semen per m<sup>3</sup> beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah k) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah g dan h.

l. Kadar semen maksimum

Jika kadar semen maksimum tidak diperlukan, dapat diabaikan.

m. Penentuan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan tabel 3.4.

n. Faktor air semen yang disesuaikan

Jika kadar semen berubah karena lebih kecil daripada kadar semen minimum yang ditetapkan atau lebih besar daripada kadar semen maksimum yang disyaratkan, faktor air semen harus diperhitungkan kembali menurut kadar semen yang berlaku.

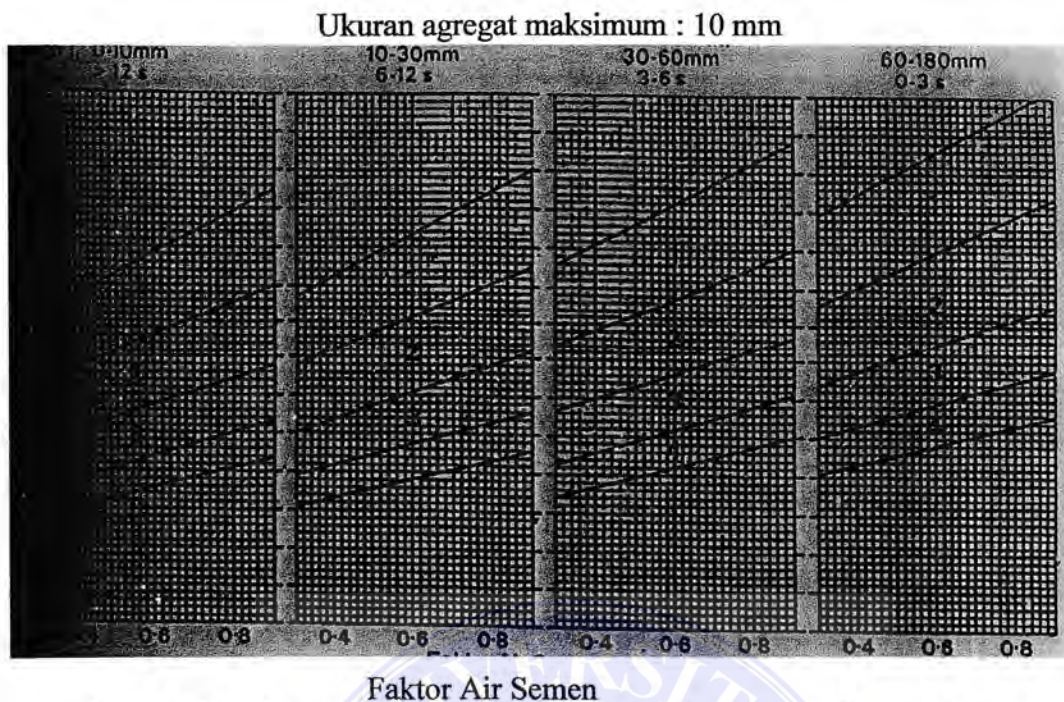
o. Susunan besar butir agregat halus

Jika besar butir agregat halus yang akan digunakan sudah dianalisis menurut standar SI, susunan besar butir pasir dapat dibandingkan dengan syarat-syarat susunan besar butir pasir dalam tabel , termasuk daerah (zone) mana zone 1, zone 2, zone 3 dan zone 4.

p. Penetapan perbandingan agregat halus dan agregat kasar

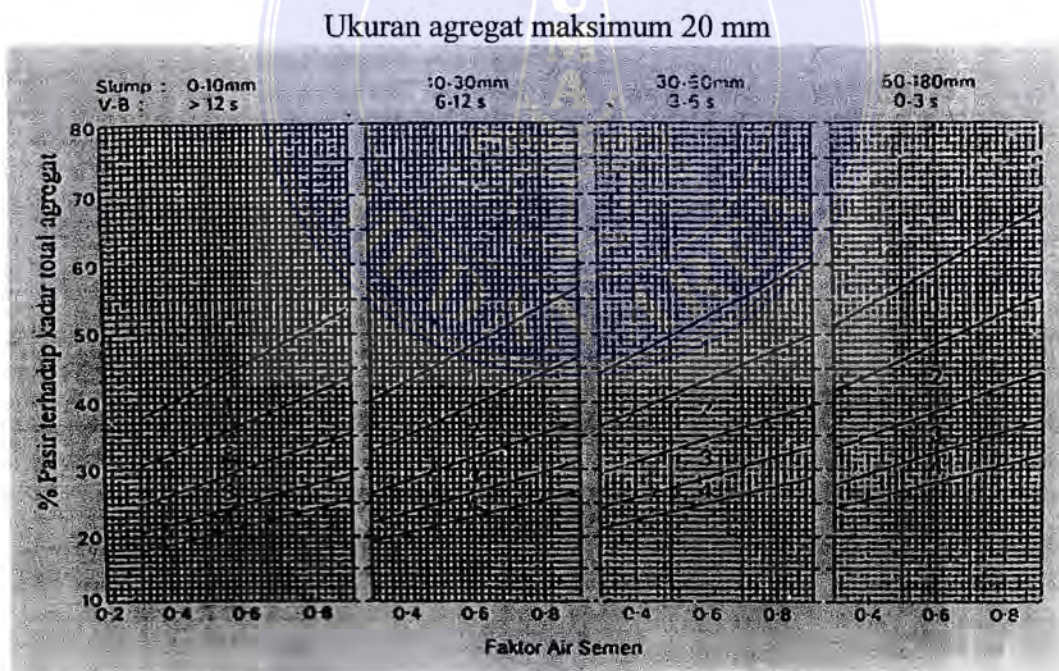
Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada gambar 3.2 atau gambar 3.3 atau gambar 3.4.





Gambar.3.2 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat dengan ukuran butiran maksimum 10 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

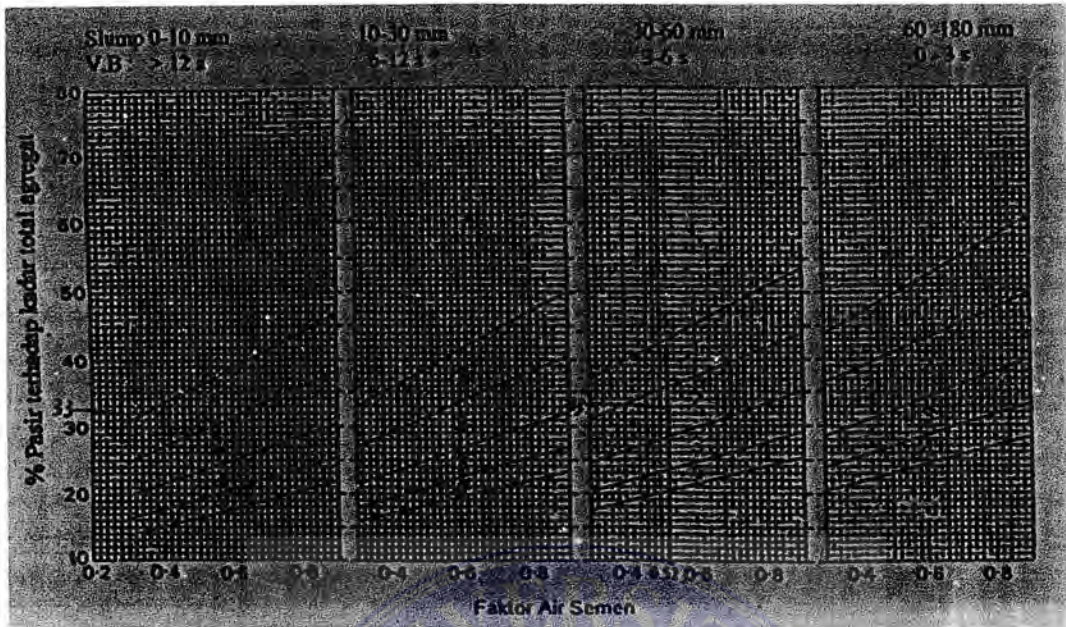


Gambar.3.3 Grafik Persentase Agregat halus terhadap agregat dengan ukuran butiran maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



## Ukuran agregat maksimum 40 mm



Gambar.3.4 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat dengan ukuran butiran maksimum 40 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

q. Penentuan berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$BJ \text{ camp} = P \cdot BJ \text{ ah} + K \cdot BJ \text{ ak}$$

Dimana : BJ camp = Berat jenis agregat campuran

BJ ah = Berat Jenis agregat halus

BJ ak = Berat jenis agregat kasar

P = Persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran

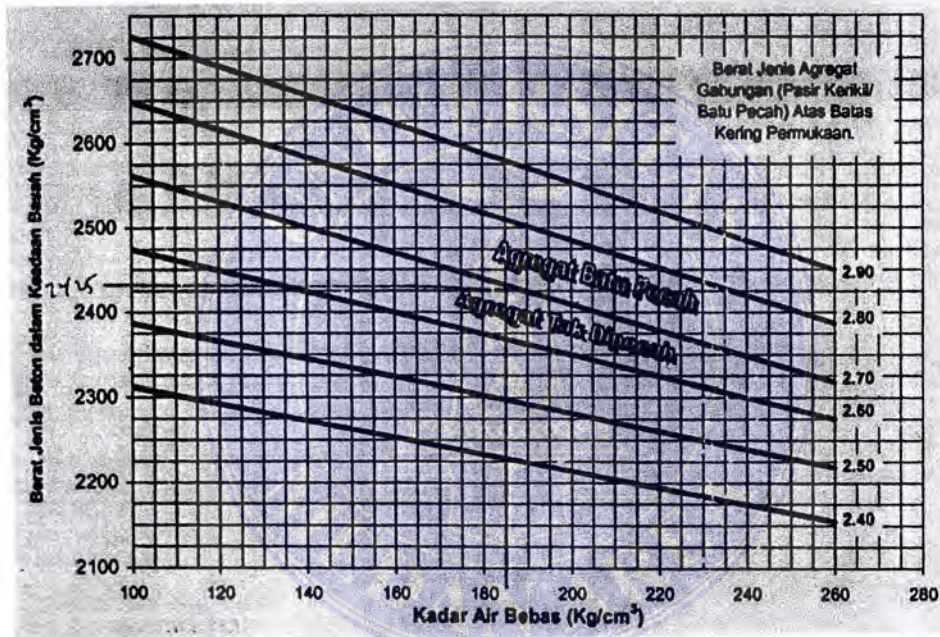
K = Persentase berat agregat kasar terhadap berat agregat campuran

r. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah r dan kebutuhan air tiap m<sup>3</sup> beton, maka dengan gambar 3.3 dapat diperkirakan berat jenis betonnya.

Caranya adalah sebagai berikut:

1. Dari berat jenis agregat campuran dibuat garis miring berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis miring yang paling dekat pada gambar 3.3.
2. Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah k dimasukkan kedalam sumbu horizontal pada gambar 3.3, kemudian dari titik ini ditarik garis vertikal keatas sampai mencapai garis miring yang dibuat pada cara sebelumnya diatas.
3. Dari titik potong ini ditarik garis horizontal kekiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 3.5 Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan  
Sumber : SNI 03-2834-2000

- s. Menentukan kebutuhan agregat gabungan

Kebutuhan agregat gabungan ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Bag = BJB - BS - BA$$



Dimana : Bag = Berat agregat gabungan

BJb = Berat Jenis beton

BS = Berat semen

BA = Berat Air

t. Menentukan kadar agregat halus

Agregat halus yang diperlukan untuk setiap meter kubik beton adalah hasil kali jumlah agregat gabungan yang didapat pada langkah (s) dengan persentase kadar pasir yang didapat pada langkah (p) setelah dikoreksi dengan fraksi lolos yang terdapat dalam agregat kasar.

u. Kadar agregat kasar

Kadar agregat kasar dapat dihitung dengan cara mengurangi kadar agregat gabungan dengan kebutuhan agregat halus. Jadi, hasil langkah (s) dikurangi hasil langkah (t).

Jika agregat dalam keadaan basah, perhitungan koreksi dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Kadar semen tetap = A

Air = B - (Cm - Ca) x C/10 - (Dm - Da) x D/100

Agregat halus = C + (Cm - Ca) x C/100

Agregat kasar = D + (Dm - Da) x D/100

Dimana :

A = Kadar semen yang ditentukan ( $\text{kg/m}^3$ )

B = Kadar air yang ditentukan ( $\text{liter/m}^3$ )

C = Kadar pasir yang ditentukan ( $\text{kg/m}^3$ )

D = Kadar kerikil /batu pecah yang ditentukan (%)



$C_a$  = Kadar air pada agregat halus jenuh kering muka (penyerapan air) (%)

$C_m$  = Kadar air pasir alam saat pengadukan beton (%)

$D_m$  = Kadar air kerikil / batu pecah alam saat pengadukan beton (%)



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian agregat kasar, agregat halus, pengujian beton segar dan pengujian beton keras dilaboratorium, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton optimum tanpa *admixture* yang dapat dicapai sebesar untuk umur 6 jam 15,27 MPa dan umur 28 hari 49,05 MPa
2. Kuat tekan beton optimum dengan menggunakan *admixture* dari KAO type 150s umur 6 jam 29,36 MPa dan umur 28 hari 59,13 MPa dan *Admixture* jenis Sika type H-5 umur 6 jam 29,34 MPa dan umur 28 hari 59,10 MPa dengan kadar *admixture* sebesar 1,6%, dan slump sebesar 5,2 cm.
3. Kuat tekan beton dengan menggunakan jenis *Admixture* yang berbeda sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu 50 Mpa. Dan hasilnya tidak jauh berbeda antara *admixture* dari Kao type 150s dan *admixture* dari Sika type H-5.
4. Mix design yang menggunakan *admixture* bisa dipakai untuk pekerjaan pengecoran produk tiang pancang tanpa menggunakan steam bisa dibuka dengan umur beton 6 jam. Dan juga untuk pekerjaan pengecoran membutuhkan waktu yang cepat untuk membuka begesting.

## 5.2 Saran

Dari uraian di atas dengan merujuk pada pembahasan dan hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi diperlukan saran-saran yang bersifat membangun seperti yang disebutkan sebagai berikut:

1. Hendaknya dalam pembuatan beton mutu tinggi pengerjaannya harus sangat teliti dan ketat.
2. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi yang berbeda lagi dan penggunaan *Superplasticizer* dengan jenis lain.
4. Pemakaian bahan tambah *Superplasticizer* dalam campuran terutama di lapangan harus diawasi dengan ketat, karena pemakaian bahan tambah yang berlebihan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton terutama kuat tekannya.



## DAFTAR PUSTAKA

**Anonim, 1989**, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, SK SNI M – 08 – 1989 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**Anonim, 1989**, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, SK SNI M – 09 – 1989 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**Anonim, 1989**, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, SK SNI M – 10 – 1989 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**Anonim, 1989**, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat, SK SNI M – 11 – 1989 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**Anonim, 1989**, *Metode Pengujian Slump Beton, SK SNI M – 12 – 1989 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**Anonim, 1989**, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SK SNI M – 14 – 1989 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

**Anonim, 2000**, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SNI 03 2384 2000, Badan Standar Nasional (BSN).

**Annual Book of ASTM Standards**, 1982, part 14 concrete and mineral agregat . C 494-81 “*Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*”.

**Tri Mulyono, Ir, MT, 2004** “*Teknologi Beton*”, Penerbit ANDI, Yogyakarta,

**Wuryati Samekto, Dr, M.Pd, Candra Rahmadiyanto, ST.2001** “*Teknologi Beton*”, Jakarta : Kanisius, 2001.

-----, **SK SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-19999-03), TATA CARA PERHITUNGAN CAMPURAN BETON BERKEKUATAN TINGGI**, Yayasan Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Antono, A, 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.