



**PENGARUH PENAMBAHAN BATU PUALAM (MARMER)  
SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP  
KUAT TEKAN BETON**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Disusun Oleh:**

**ADHYAKSON M.H HUTAPEA**

**11 811 0053**



**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2014**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/7/24

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

**PENGARUH PENAMBAHAN BATU PUALAM (MARMER)  
SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP  
KUAT TEKAN BETON**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**(Ir. Irwan, MT)**

**(Ir. Melloukey Ardan, MT)**

**DEKAN**

**Ka. Program Studi**

**(Ir. HJ. Haniza, MT)**

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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/7/24

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)17/7/24

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan,

Januari 2015

METERAI  
TEMPEL

NO. 20

5CB42ADC002842641

6000  
ENAM RIBU RUPIAH

ADHYAKSON M.H HUTAPEA

## ABSTRAK

Beton merupakan campuran dari agregat kasar (kerikil), pasir, semen dan air. Batu pualam (marmer) merupakan hasil proses metamorfosa dari batu gamping. Dengan memiliki warna yang bervariasi, ukiran butir sedang dan tekstur berupa butiran halus seperti gula.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah batu pualam (batu marmer) dapat digunakan sebagai bahan tambah dan bahan campuran dalam pembuatan beton. Dan untuk mengetahui pengaruh penambahan batu pualam (marmer) tersebut terhadap kuat tekan beton.

Metode penelitian dilakukan dengan cara melakukan persiapan bahan, pemeriksaan analisa ayak, berat jenis dan laen sebagainya (dengan cara primer). Dan juga metode melihat jurnal, referensi buku dan lain sebagainya (dengan cara sekunder).

Dari penelitian yang dilakukan, bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan yang signifikan. Hasil kuat tekan beton untuk variasi 0% adalah 196.05 kg/cm<sup>2</sup>, untuk 10% adalah 205.87 kg/cm<sup>2</sup>, untuk 30% adalah 214.36 kg/cm<sup>2</sup> dan untuk 50% adalah 218.62 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci: Batu Marmer, Kuat Tekan Beton**



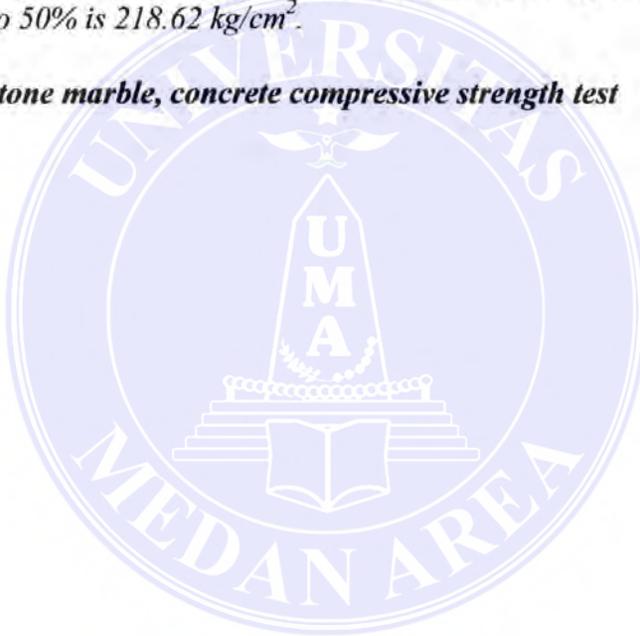
## ABSTRACT

*Concrete is a mixture of coarse aggregate (gravel), sand, cement and water. Limestone (marble) is the result of a process of metamorphosis of limestone. By having a variety of colors, engraving medium grain and texture in the form of fine grains such as sugar.*

*This study aims to determine whether the marble (marble) can be used as an ingredient added and mixed materials in the manufacture of concrete. And to determine the effect of limestone (marble) of compressive strength of the concrete. Methods of research conducted by preparing materials, examination sieve analysis, density and others are so (the primary way). And also the method see the journal, reference books and so forth (by way of secondary)*

*From the research conducted, that the compressive strength of concrete has increased significantly. The results of the compressive strength of the concrete for the variation of 0% is 196.05 kg / cm<sup>2</sup>, to 10% is 205.87 kg/cm<sup>2</sup>, to 30% is 214.36 kg/cm<sup>2</sup> and to 50% is 218.62 kg/cm<sup>2</sup>.*

**Keywords: stone marble, concrete compressive strength test**



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis mengucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya yang memberikan pengetahuan, pengalaman dan kesempatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini berjudul “Pengaruh Penambahan Batu Pualam (Marmer) Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” merupakan tugas skripsi yang wajib diselesaikan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Strata 1 (S1) di jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Dalam proses pembuatan laporan ini, Penulis telah mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material, spiritual, informasi. Oleh karena itu, sudah selayaknya penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H.A. Ya'kub Matondang, MA, Rektor Universitas Medan Area
2. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area
4. Bapak Ir. Irwan, MT sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir I
5. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT, sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir II
6. Kedua Orangtua Tercinta & Seluruh Keluarga
7. Seluruh Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area
8. Seluruh Teman-teman yang telah memberinya dukungannya

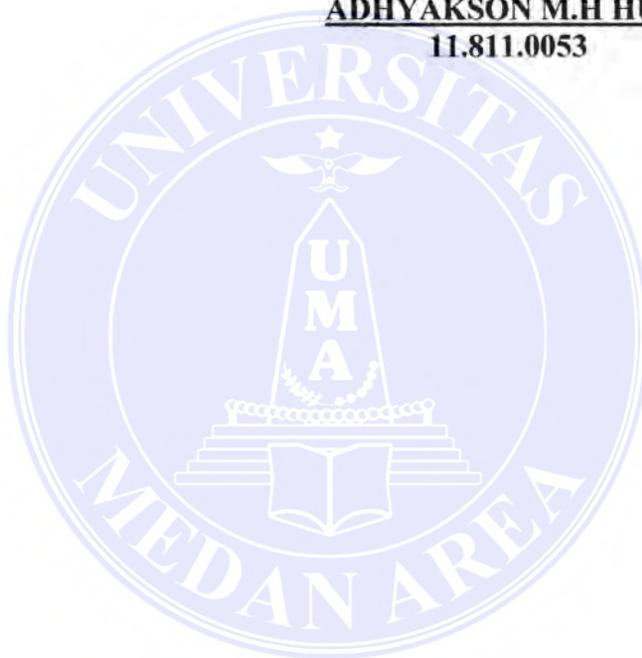
Walaupun penulis sudah berupaya semaksimal mungkin, namun penulis juga menyadari kemungkinan terdapat kekurangan dan kesalahan di dalam skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan saran-saran dan kritikan yang dapat memperbaiki skripsi ini.

Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dan bisa menjadi panduan bagi siapa pun yang membacanya.

Medan, Desember 2014

Hormat Saya Penulis:

**ADHYAKSON M.H HUTAPEA**  
**11.811.0053**





## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan .....	2
1.3. Permasalahan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metode Penelitian .....	2
1.6. Kerangka Berpikir .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Defenisi Beton .....	4
2.2. Keunggulan dan Kelemahan Beton .....	5
2.3. Klasifikasi Beton .....	6
2.4. Sifat dan Karakteristik Beton .....	9

2.5. Bahan Penyusun Beton.....	10
2.6. Perancangan Campuran Beton .....	26
2.7. Metode Pengerjaan Beton .....	37
2.7.1. Persiapan.....	37
2.7.2. Penakaran .....	37
2.7.3. Pengadukan.....	45
2.7.4. Penuangan.....	38
2.7.5. Pemadatan.....	38
2.7.6. Penyelesaian akhir .....	39
2.7.7. Perawatan .....	40
2.7.8. Pengujian kuat tekan beton.....	40
2.8. Batu Pualam (Marmer) .....	41
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
3.1. Persiapan Bahan .....	43
3.2. Metode Pemeriksaan Bahan .....	45
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
4.1. Hasil .....	67
4.1.1. Pengujian Bahan.....	67
4.1.2. Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) .....	69
4.1.3. Pengujian Slump Beton Segar .....	71
4.1.4. Perawatan Benda Uji .....	71

4.1.5. Pengujian Benda Uji.....	72
4.2. Pembahasan.....	76
<b>BAB V. PENUTUP</b> .....	<b>81</b>
5.1. Kesimpulan.....	81
5.2. Saran.....	81

**DAFTAR PUSTAKA**

**FOTO DOKUMENTASI**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Bagan alir penelitian.....	3
Gambar 2.1. Proses terjadinya beton.....	4
Gambar 2.2. Bentuk butiran agregat .....	16
Gambar 3.1. Ilustrasi penurunan agregat dengan berbagai kondisi .....	50





### DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kelas dan mutu beton.....	7
Tabel 2.2. Pengaruh sifat agregat pada beton .....	13
Tabel 2.3. Jenis agregat berdasarkan kepadatannya.....	14
Tabel 2.4. Ukuran agregat.....	15
Tabel 2.5. Batas gradasi agregat halus .....	17
Tabel 2.6. Ikhtisar saringan.....	20
Tabel 2.7. Syarat gradasi agregat sesuai ASTM C33.....	21
Tabel 2.8. Berat rata – rata beton segar.....	22
Tabel 2.9. Faktor pengali standar deviasi.....	28
Tabel 2.10. Nilai standar deviasi.....	28
Tabel 2.11. Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0,5 dan jenis serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.....	29
Tabel 2.12. Persyaratan jumlah minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.....	30
Tabel 2.13. Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah Yang mengandung sulfat .....	31
Tabel 2.14. Nilai – nilai slump untuk berbagai pekerjaan .....	33
Tabel 2.15. Perkiraan kadar air bebas (kg/m <sup>3</sup> ) yang dibutuhkan untuk Beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan .....	34
Tabel 2.16. Perbandingan kekuatan tekan terhadap bentuk benda uji .....	41

### UNIVERSITAS MEDAN AREA

Tabel 2.17.	Kandungan kimia pecahan marmer.....	42
Tabel 3.1.	Spesifikasi yang direncanakan.....	43
Tabel 3.2.	Perencanaan kebutuhan alat.....	44
Tabel 3.3.	Deviasi standar.....	57
Tabel 3.4.	Contoh perhitungan mix design agregat binjai.....	61
Tabel 4.1.	Perhitungan mix design.....	69
Tabel 4.2.	Hasil mix design dan kebutuhan bahan untuk 20 benda uji...	70
Tabel 4.3.	Hasil mix design dan total kebutuhan bahan (60 benda uji)...	71
Tabel 4.4.	Perbandingan hasil pengujian slump.....	71
Tabel 4.5.	Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 0 %.....	72
Tabel 4.6.	Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 10 %.....	73
Tabel 4.7.	Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 30 %.....	74
Tabel 4.8.	Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 50 %.....	75

## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1. Grafik batas gradasi pasir zona 1 .....	18
Grafik 2.2. Grafik batas gradasi pasir zona 2 .....	19
Grafik 2.3. Grafik batas gradasi pasir zona 3 .....	19
Grafik 2.4. Grafik batas gradasi pasir zona 4 .....	19
Grafik 2.5. Grafik hubungan antara kuat tekan dengan factor air semen (benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm).....	32
Grafik 2.6. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan	33
Grafik 2.7. Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm .....	35
Grafik 2.8. Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm .....	36
Grafik 2.9. Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm .....	36
Grafik 4.1. Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 10 % .....	76
Grafik 4.2. Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 10 % .....	77
Grafik 4.3. Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 30 % .....	78
Grafik 4.4. Hasil kuat tekan beton untuk waktu pemadatan 50 % .....	79
Grafik 4.5. Hasil kuat tekan beton seluruhnya .....	80



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. LatarBelakang

Beton merupakan campuran dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen dan air, untuk jenis beton tertentu ditambah bahan tambahan seperti admixture, Aman Subakti(1994). Dengan berbagai komposisi dan mutu beton masing-masing bahan campuran beton akan didapat hasil mutu beton yang berbeda-beda. Beton adalah bahan yang paling banyak pemakaiannya di seluruh dunia dan digunakan secara luas di dunia sebagai bahan konstruksi selain baja dan kayu. Agregat merupakan komponen yang sangat dominan berkisar 70% - 80% dari seluruh masa padat beton, oleh karena itu kualitas suatu agregat mempengaruhi terhadap kualitas beton, serta semen sebagai bahan pengikatnya

Batu pualam (batu marmer) merupakan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping. Pengaruh suhu dan tekanan yang sangat tinggi, yang dihasilkan oleh gaya endongen sehingga tekstur batuan asal seperti tekstur sedimen dan biologi menghilang. Dan membentuk tekstur batuan baru atau terjadi proses rekristalisasi pada batuan tersebut, hingga membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi.

Dengan memiliki warna yang bervariasi, ukiran butirnya sedang, teksturnya berupa butiran halus seperti gula, dan bias juga butiran kasar, mineral-mineral aksesor pada marmer. Dimana antara laen : tremolit, forserite, periclose, dan garnet, yang kesemuanya tergantung batuan asalnya. Di Indonesia, penyebaran batu marmer sangat banyak, seperti dilihat pada penggunaannya. Yang mana batu marmer di kategorikan pada 2 (dua) tipe. Yaitu tipe ordinario yang biasanya digunakan pada pembuatan meja, dinding dan laennya. Sedang tipe ke 2 (dua) yaitu tipe staturio yang biasanya digunakan pada pahat dan patung.

## 1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian adalah untuk mengetahui apakah batu pualam (batu marmer) dapat digunakan sebagai bahan tambahan dan bahan campuran dalam pembuatan beton dengan melakukan pengujian kuat tekan beton.

Tujuan dari penelitian adalah mengetahui pengaruh penambahan batu pualam (batu marmer) tersebut terhadap kuat tekan beton.

## 1.3. Permasalahan Penelitian

1. Bagaimana pengaruh penambahan batu pualam (batu marmer) terhadap kuat tekan beton?
2. Apakah hasil yang didapat atau diperoleh mempengaruhi kuat tekan beton?

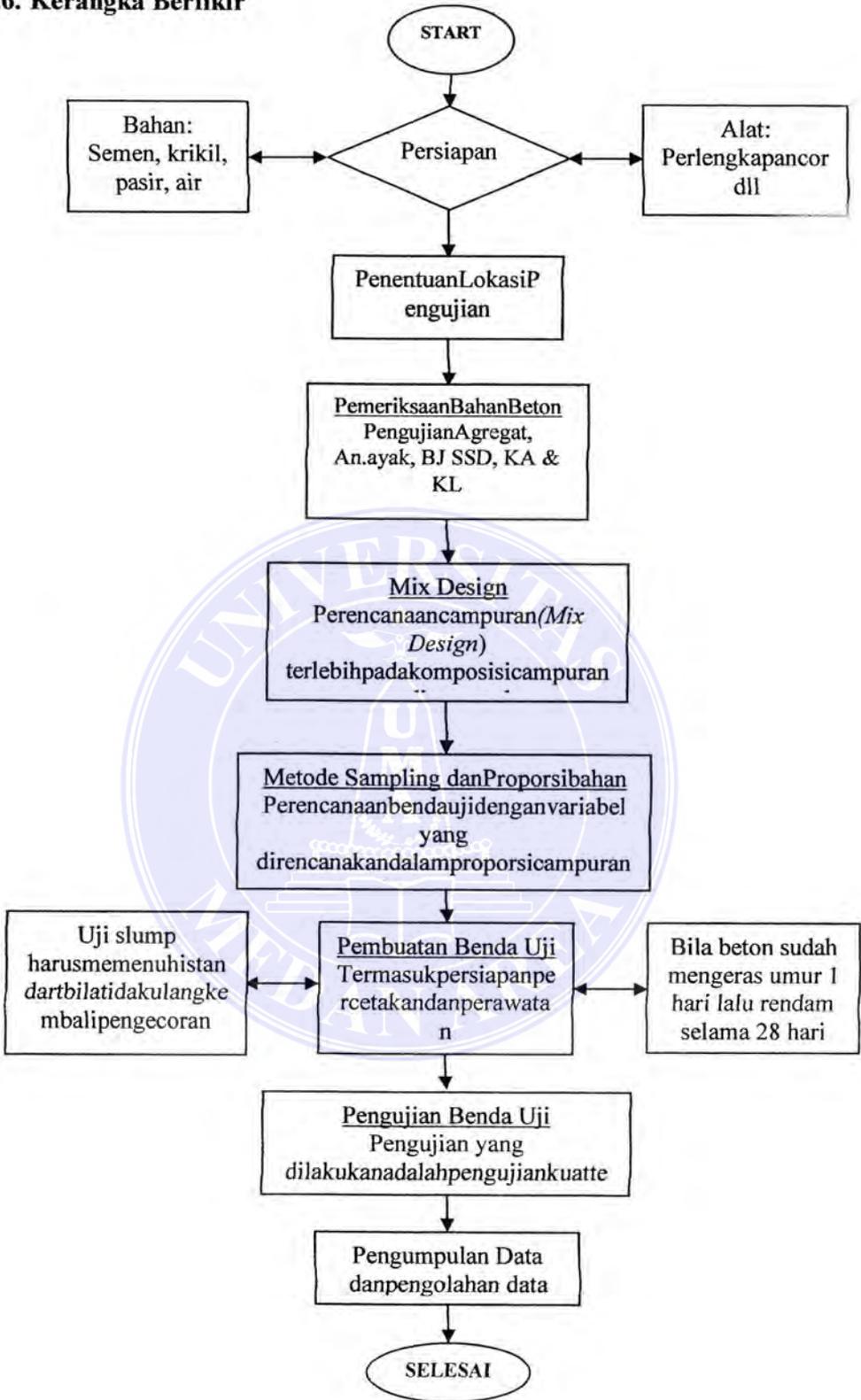
## 1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini hanya mencakup tentang pengaruh penambahan batu pualam (batu marmer) terhadap kuat tekan beton. Dengan mutu beton K-175, variasi yang direncanakan yakni 4 variasi, yaitu 0%, 10%, 30% dan 50% dari volume atau massa pasir.

## 1.5. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Sumatera Utara. Metode pengumpulan data biasa dilakukan dengan primer (pengumpulan data dilakukan di Laboratorium) seperti : pemeriksaan analisa ayak, berat jenis dan lain sebagainya. Dan dengan cara sekunder (literature, jurnaldanlaennya). Tata cara pelaksanaan penelitian dapat dijelaskan secara singkat dari bagan alir berikut

1.6. Kerangka Berfikir



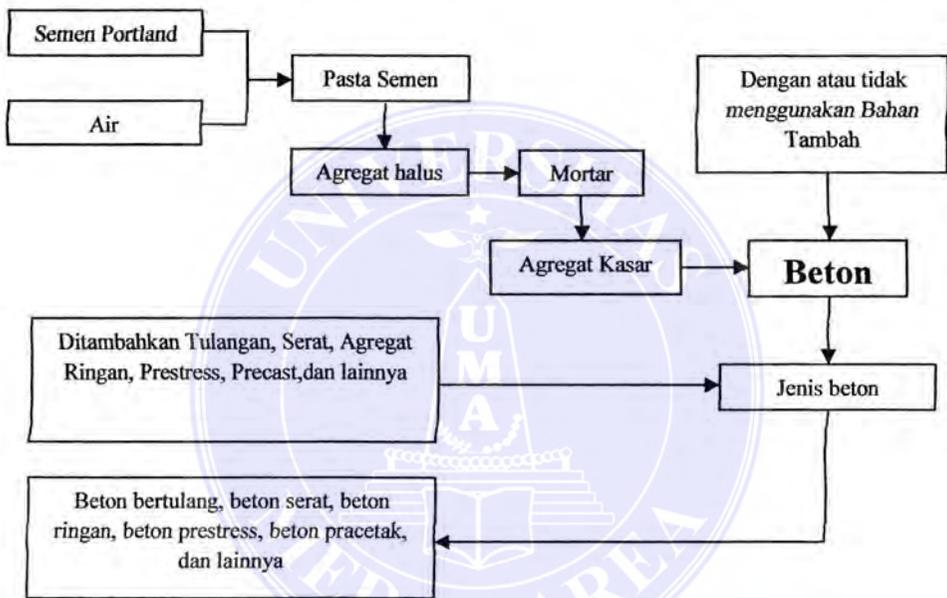
Gambar 1.1 Bagan alir penelitian



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Defenisi Beton

Beton merupakan campuran antara semen, air, pasir, dan kerikil dengan perbandingan tertentu yang mengeras menyerupai batu. Air dan semen membentuk pasta yang akan mengisi rongga-rongga diantara butir-butir pasir dan kerikil. Proses terbentuknya beton dapat dilihat pada gambar ini:



Gambar 2.1 Proses terjadinya beton

Untuk dapat memahami perilaku beton maka diperlukan pengetahuan tentang karakteristik dari masing-masing komponen penyusun beton tersebut. Dengan memahami perilaku dari beton maka kita akan dapat membuat beton dengan karakteristik yang kita inginkan sesuai dengan perencanaan.

Menurut Tri Mulyono (2003), Adapun parameter-parameter yang paling berpengaruh dalam kekuatan beton adalah:

1. Kualitas semen yang digunakan
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekuatan dan kebersihan agregat
4. Interaksi antara pasta semen dengan agregat
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
6. Penempatan, penyelesaian dan pemadatan beton yang benar
7. Perawatan beton
8. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos
9. Kualitas pelaksanaannya.

## 2.2. Keunggulan dan Kelemahan Beton

Secara umum, keunggulan dan kelemahan beton adalah:

1. Keunggulan beton
  - a. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen Portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil mungkin harga beton agak mahal.
  - b. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami.
  - c. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang tergantung keinginan. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomis menjadi murah.
  - d. Kuat tekannya yang tinggi mengakibatkan pasangan yang kokoh jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi), dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai yang hampir sama.
  - e. Beton segar dapat disemprotkan dipermukaan beton lama yang retak maupun diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.

- f. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
- g. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran sehingga biaya perawatan termasuk rendah.

## 2. Kelemahan beton

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b. Berat sendiri beton yang besar, sekitar  $2400 \text{ kg/m}^3$
- c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (meshes).
- d. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga dilatasi (contraction joint) perlu diadakan pada beton yang panjang dan lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
- e. Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
- f. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
- g. Beton bersifat getas, sehingga harus dihitung dan di detail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail.

### 2.3. Klasifikasi Beton

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya dan menurut kelasnya. Berdasarkan berat jenisnya beton dibedakan menjadi beton ringan, beton sedang dan beton berat. Dan berdasarkan kelasnya beton terdiri dari beton kelas I, beton kelas II, dan beton kelas III. Mutu beton kelas III dinyatakan dengan huruf K(sesuai PBI '71) dan  $f_c'$ (sesuai SNI '91), dengan angka di belakangnya menyatakan kekuatan karakteristik.

Ditinjau dari pemakaiannya secara umum beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu: Beton konstruksi massa, beton konstruksi bentuk, dan beton konstruksi jalan. Sedangkan berdasarkan teknik pembuatannya, beton dibedakan menjadi: beton biasa yang terdiri dari 2 jenis yaitu beton pracetak dan beton pra tegang.

1. Menurut PBI tahun 1971, beton dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu:

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

KELAS	MUTU	$\sigma'_{bk}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_{bm}$	PEMAKAIAN	PENGAWASAN	
			dengan $S_d = 46$ (Kg/cm <sup>2</sup> )		MUTU AGREGAT	KEKUATAN TEKAN
I	B0	-	-	non struktural	ringan	-
II	B1	-	-	struktural	sedang	-
	K-125	125	200	struktural	ketat	kontinyu
	K-175	175	250	struktural	ketat	kontinyu
	K-225	225	300	struktural	ketat	kontinyu
III	di atas K-225	di atas 225	di atas 300	struktural	ketat	kontinyu

Sumber :PBI 1971 N.I.-2

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa :

- a. Beton kelas I : beton untuk pekerjaan-pekerjaan non-struktural.
- b. Beton kelas II : beton pekerjaan-pekerjaan structural secara umum.
- c. Beton kelas III : beton untuk pekerjaan structural dimana dipakai mutu beton dengan kuat desak karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm<sup>2</sup>.

2. Menurut Kekasarannya :

- a. Beton segar : masih dapat dikerjakan
- b. Beton hijau : beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
- c. Beton muda : 3 hari < 28 hari
- d. Beton keras : umur >28 hari

3. Menurut Cara Pengecorannya :

- a. Cara Setempat (*In situ*) : tidak dipindahkan/tetap disitu.

- b. Cara Eksitu ditempat : tidak langsung pada fungsi (dibuat di tempat lain).
- c. Pabrikasi/pracetak : dirancang, dicetak, dibuat pabrik.
- d. Beton siap pakai : beton dirancang khusus dengan mutu berat dengan suhu tinggi.

#### 4. Menurut Berat Jenisnya

##### a. 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  $1900 \text{ kg/m}^3$  atau berdasarkan kepentingan penggunaan dan strukturnya yang berkisar antara  $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$ , dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari  $17,2 \text{ MPa}$  (ACI-318). SNI memberikan batasan kriteria beton ringan sebesar  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

##### b. Beton Normal

Merupakan beton yang diproduksi dengan menggunakan agregat normal. Beton jenis ini memiliki berat isi sebesar  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$ , dengan kuat tekan sebesar  $15-40 \text{ MPa}$ . Beton normal pada umumnya sering digunakan pada industri konstruksi. Contohnya yaitu dalam pembuatan gedung-gedung, jalan (jenis perkerasan beton), bendungan, saluran air, dan lainnya.

##### c. Beton Berat

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

## 2.4. Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi pemadatan dan tindakan preventif terhadap perhatiannya pada tegangan dalam beton. Hal ini tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran gel (pasta semen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi. Beberapa sifat dan karakteristik beton yang perlu diperhatikan antara lain adalah

### 2.4.1. Kuat Tekan Beton

Salah satu cara untuk mengendalikan mutu beton adalah dengan menguji sampel atau benda uji. Dimana nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk, ukuran, kecepatan pembebanan dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan tekan karakteristik beton (K), yang didefinisikan sebagai kekuatan tekan yang dilampaui oleh paling sedikitnya 95% dari benda uji. Nilai karakteristik beton (K) merupakan kekuatan tekan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan panjangnya 300 mm sebagaimana ditetapkan dalam SNI T-15-1991. Pengujian standarnya didasarkan atas kekuatan beton umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\sigma_b =$$

Dimana :

$\sigma_b$  = kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )

P = beban tekan (kg)

A = luas permukaan benda uji ( $\text{cm}^2$ )

## 2.4.2. Kemudahan Pengerjaan

Kemudahan pengerjaan beton merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan. Walaupun suatu struktur beton dirancang agar mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat diimplementasikan di lapangan karena sulit untuk dikerjakan maka rancangan tersebut menjadi percuma.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat pengerjaan beton (*PEDC Bandung: 1983*):

### a. Bahan – bahan campuran:

Bahan – bahan campuran dalam beton meliputi agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan bahan pembantu.

### b. Kondisi lingkungan sekeliling:

Kondisi pada saat pengerjaan sangat penting dan menentukan mudah atau tidaknya pengerjaan beton. Kondisi lingkungan sekeliling dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan kecepatan angin.

### c. Waktu

Faktor waktu berperan sangat besar terhadap kemudahan pengerjaan beton. Waktu yang dimaksud meliputi waktu pengadukan, waktu pengecoran, dan juga waktu pematatan.

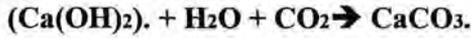
## 2.5. Bahan Penyusun Beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama, yaitu semen, agregat dan air. Bilamana diperlukan, bahan tambah dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga bahan penyusun utama beton tersebut, maupun bahan tambahnya yang saat ini dapat digunakan, Kusumadi, dkk: (2008).

### 2.5.1. Bahan Perekat (Semen Portland)

Bahan perekat (semen) merupakan bahan yang sangat reaktif terhadap air, sehingga jika bahan perekat bereaksi dengan air akan membentuk pasta. Bahan perekat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu

bahan perekat non hidrolik dan perekat hidrolik. Bahan perekat non hidrolik adalah bahan perekat dimana dalam proses pengerasannya atau sangat berlangsung reaksi hidrasi diperlukan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Contohnya kapur murni atau kapur yang mempunyai derajat hidrasi rendah ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).



Perekat jenis hidrolik ini tidak bisa mengeras di dalam air karena di dalam air tidak ada gas  $\text{CO}_2$ . Apabila perekat ini digunakan untuk konstruksi bangunan air seperti saluran irigasi, kolam, bendungan, maka kapur akan membentuk senyawa yang kalsium bikarbonat ( $\text{Ca(CO}_3)_2$ ) yang labil sehingga mudah untuk terurai dan selanjutnya bangunan keropos kemudian hancur. Bahan perekat hidrolik adalah bahan perekat dimana dalam proses pengerasannya atau saat terjadi reaksi hidrasi bisa berlangsung sempurna tanpa adanya gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Hal ini bisa terjadi karena di dalam perekat ada senyawa silikat ( $\text{SiO}_2$ ), senyawa aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan senyawa besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang semuanya akan bereaksi dengan air membentuk tubermorit ( $\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_6$ ) atau senyawa kalsium silikat hidrat. Senyawa-senyawa ini bisa memang sudah ada dalam bahan perekat atau berupa bahan tambah yang dicampurkan dengan bahan perekat. Contoh perekat ini adalah kapur murni ditambah puzzolan, kapur dengan derajat hidrolis tinggi atau semen portland. Reaksi hidrasi kapur + puzzolan atau kapur dengan derajat hidrasi tinggi :  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} + (\text{SiO}_2, \text{AlO}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3) \rightarrow$  Kalsium Silikat Hidrat.

### 1. Type Semen Portland

Semen Portland adalah bahan yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya..

Semen portland dipergunakan dalam semua jenis beton struktural seperti tembok, lantai, jembatan, terowongan dan sebagainya, yang diperkuat dengan tulangan atau tanpa tulangan.

Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989), membagi semen portland menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) 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.

Semen Portland yang digunakan untuk konstruksi sipil harus memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di Indonesia, syarat mutu yang digunakan adalah SII.0013-81, "Mutu dan Cara Uji semen Portland". Syarat mutu yang ditetapkan oleh SII ini diadopsi dari syarat mutu ASTM C-150. Syarat mutu ini meliputi syarat kimia dan syarat fisika. Syarat kimia semen meliputi kandungan-kandungan kimia yang ada pada semen itu sendiri. Sedangkan syarat fisika meliputi kehalusan, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, panas hidrasi, dan pemuaiannya karena sulfat.

### 2.5.2. Bahan Pengisi (Agregat)

Mengingat bahwa agregat menempati 70-80% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan, kuat, tahan lama, dan ekonomis. Pengaruhnya bisa dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Pengaruh Sifat Agregat pada Beton

Sifat Agregat	Pengaruh pada	Sifat Beton
Bentuk, Tekstur, Gradasi	Beton Cair	Kelecekan, pengikatan dan pengerasan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton Keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan ( <i>durability</i> )

Sumber: *Teknologi Beton*, 2007.

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa sifat agregat sangat mempengaruhi sifat beton yang akan dibuat. Sehingga bentuk, tekstur, dan gradasi agregat berpengaruh langsung terhadap sifat beton yang terjadi.

Ada dua peraturan yang berlaku. Pertama, SII 0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton”. Kedua, PBI 89 menyebutkan ASTM C33 “*Standard Specification For Concrete Aggregate*”. Mengingat agregat lebih murah daripada semen maka akan ekonomis bila agregat dimasukkan sebanyak mungkin selama secara teknis memungkinkan, dan kandungan semennya minimum. Meskipun dulu agregat dianggap sebagai material pasif, berperan sebagai pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi posisi agregat pada sifat beton, seperti stabilitas volume, ketahanan abrasi, dan ketahanan umum (*durability*) diakui. Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat, seperti kepadatan, panas jenis, dan modulus elastisitas.

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, yang berupa butiran atau pecahan, yang termasuk di dalamnya antara lain : pasir, krikil, agregat pecah, terak dapur tinggi, abu (debu). Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa alami dan buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus.

### A. Jenis- Jenis Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan menurut kriteria dibawah ini :

### 1. Ukuran dan produksi

Perbedaan antara agregat kasar dan agregat halus adalah ayakan 5 mm atau 3/16". Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 5 mm dan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Berdasarkan produksinya agregat dibagi menjadi:

#### a. Agregat alam

Agregat alam diambil dari endapan alam tanpa merubah keadaan aslinya selama produksi, kecuali pemecahan, penyaringan, penentuan ukuran butiran atau pencucian. Dalam kelompok ini batu pecah, kerikil dan pasir merupakan agregat alam yang biasa digunakan

#### b. Agregat buatan

Agregat buatan adalah agregat yang dihasilkan sebagai produk tambahan dari pembuatan produk lain adalah kerak dapur yaitu hasil sampingan pembakaran biji logam. Agregat jenis ini ringan dan tahan terhadap cuaca. Biasa digunakan untuk penutup geladak jembatan, penutup atap, dan sebagai tulangan pada perkerasan aspal. Selain itu adalah hasil pembakaran tanah liat seperti batu bata /klinker yang dapat juga digunakan sebagai tulangan perkerasan jalan, *PEDC Bandung (1983)*.

### 2. Kepadatan agregat

Tidak ada batas yang jelas antara agregat biasa dengan agregat ringan atau agregat berat, pengelompokan umum dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3. Jenis Agregat Berdasarkan Kepadatannya

Jenis	Kepadatan (Kg/m <sup>3</sup> )
Ringan	300 – 1800
Sedang	2400 – 3000
Berat	>4000

Sumber: *Teknologi Beton, 2007.*

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa agregat dapat dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan kepadatannya. Yaitu agregat ringan, agregat sedang, dan agregat berat

**B. Susunan Agregat**

1. Ukuran Butir Maksimum agregat

Tabel 2.4. Ukuran Agregat

Ukuran sangat kecil (mm)	Ukuran besar (mm)	Agregat alami	Agregat dipecah
-	0,25	Halus	Halus
-	1	Sedang pasir	Sedang pasir pecah
1	4	Kasar	Kasar
4	32	Kerikil	Chip (batu jagung)
32	63	Kerikil kasar	Batu pecah

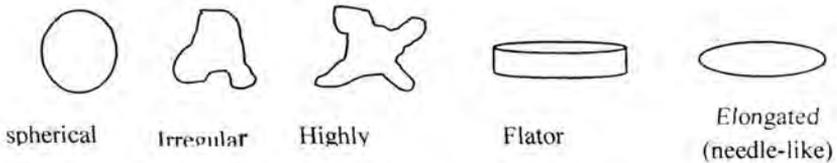
Sumber: teknologi beton, 2003

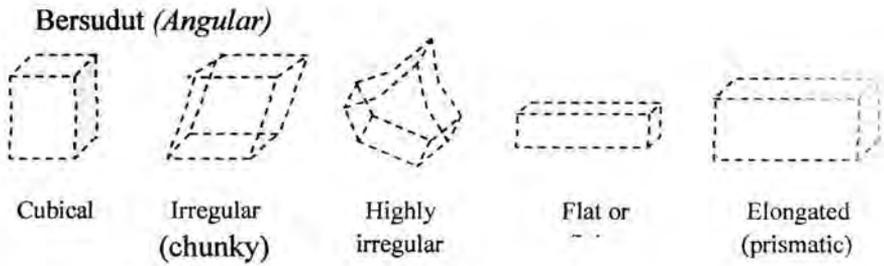
Dari tabel dapat dilihat ukuran butir agregat. Secara umum dipakai agregat yang maksimum ukurannya karena biasanya yang paling ekonomis (luas permukaan kecil, ruang kosong kecil, pasta semen yang dibutuhkan juga sedikit), juga susut karena pengeringan dapat dikurangi. Ada beberapa faktor yang ditinjau untuk menentukan diameter maksimum agregat, yaitu tebal elemen beton yang bersangkutan (1/5 dari dimensi minimum), jarak tulangan serta alat pengaduk dan alat penuang yang dipakai.

2. Bentuk butiran

Selain ukuran gradasi, penting juga mempelajari bentuk tekstur permukaan butir. Ada bermacam-macam bentuk butir agregat. Salah satu klasifikasi adalah *angular - subangular - subrounded - rounded - well rounded*

Batu bulat (*rounded*)





Gambar 2.2. Bentuk Butiran Agregat

Angular berarti tidak ada keausan, sedangkan *well rounded* berarti bulat, bentuk aslinya sudah tidak kelihatan lagi. Batu pecah berbentuk angular, sedangkan krikil dari sungai berbentuk bulat dan agak pipih. Secara umum yang terbaik untuk kelecakan adalah yang berbentuk bulat, sedangkan untuk kekuatan yang tinggi adalah angular, karena luas permukaannya lebih besar. Menurut SII, agregat yang berbentuk pipih memanjang tidak boleh lebih dari 20% berat. Bentuk yang dikehendaki adalah bentuk pipih.

- Indeks pipih: butir pipih mempunyai luas permukaan spesifik yang lebih besar daripada butir bulat. Ini akan menambah kebutuhan air untuk kelecakan tertentu. Mereka juga cenderung berorientasi posisi horizontal, selama pemadatan dengan vibrator. Ini juga menyebabkan terbaknya air dan buih udara dibawahnya, yang disebut *water gain*. Hal ini akan mengurangi ketahanan karena merupakan kelemahan.
- Indeks panjang: butir disebut memanjang bila panjangnya (dimensi terbesar) lebih dari 1,8 kali ukuran nominal. Prinsip sama dengan indeks pipih. Penanganan diperlukan, apalagi bila butirnya pipih dan memanjang.
- Angka angularitas : ditentukan dari proporsi ruang kosong agregat serta ukuran setelah dipadatkan dengan cara tertentu. Ini mengindikasikan deviasi dari kebulatan butir.

### C. Gradasi Agregat

Gradasi agregat dibagi menjadi 2 macam, yaitu gradasi agregat halus dan agregat kasar. Berikut penjelasannya:

### 1. Gradasi Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Bagian yang lolos dari suatu ayakan tidak boleh lebih dari 45% dari yang tertahan pada ayakan berikutnya. Modulus kehalusan anantara 2,3 – 3,1. Variasi tidak lebih dari 0,2. Batasan ini memberikan variasi gradasi yang cukup lebar. Sebagai contoh, untuk ukuran maksimum 40 mm, berat per unit volume beton 1610 kg/m<sup>3</sup>, modulus kehalusan pasir = 2,80. Nilai Af (persentase jumlah agregat dalam beton) = 0,73. Jadi agregat kasar = 1610x0,73 = 1175 kg/m<sup>3</sup>. Variasi 0,2 pada modulus kehalusan akan menghasilkan 1208 atau 1143 kg/m<sup>3</sup>. Yaitu kisaran sekitar 33 kg/m<sup>3</sup> yang cukup besar.

Gradasi adalah keseragaman agregat halus lebih menentukan kelecakan (*workability*) daripada gradasi dari keseragaman agregat kasar karena mortar berfungsi sebagai pelumas sedangkan agregat kasar hanya mengisi ruang saja. Jumlah agregat halus yang melewati ayakan terkecil mempengaruhi kelecakan, tekstur permukaan. Pasir dibagi kedalam 4 zona. Dalam praktik di Indonesia masih banyak digunakan 4 zona tersebut. Ada beberapa kelemahan pada penerapan zona tersebut, antara lain terjadinya pertautan umum yang salah bahwa material dapat diterima selama berada didalam batas zona, padahal kurang beralasan. Modulus kehalusan zona-zona ini juga bertautan. Misalnya, zona 1 memiliki modulus kehalusan antara 4,00 – 2,71, sedangkan zona 2 antara 3,37 sampai 2,11.

Tabel 2.5. Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lewat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 - 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 - 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 ~ 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 - 10	0 – 15

**Keterangan :**

Daerah Gradasi I=Pasir kasar

Daerah Gradasi II=Pasir agak kasar

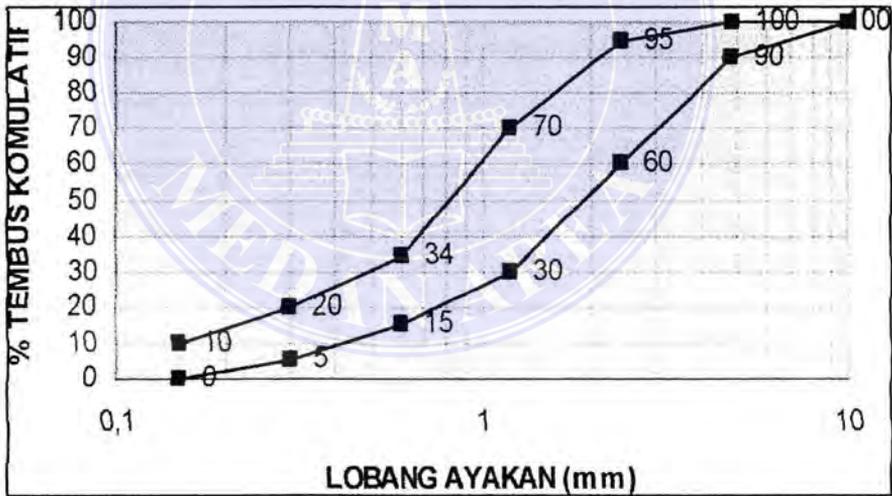
Daerah Gradasi III=Pasir agak halus

Daerah Gradasi IV=Pasir sangat halus

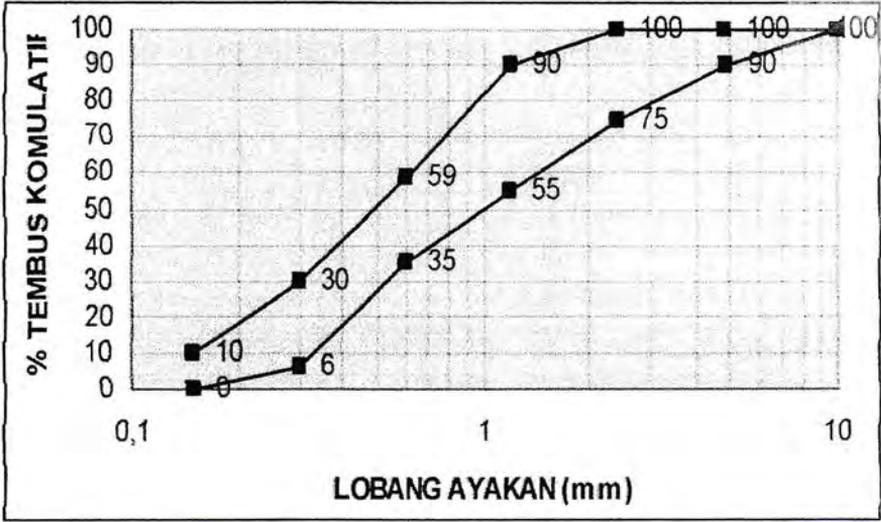
Untuk mendapatkan campuran beton yang baik, kadang-kadang kita harus mencampur beberapa jenis agregat. Untuk itu, pengetahuan mengenai gradasi ini pun menjadi penting. Dalam pekerjaan beton, yang banyak dipakai adalah agregat normal dengan gradasi yang harus memenuhi syarat standar, namun untuk keperluan yang khusus sering dipakai agregat ringan ataupun agregat berat. Untuk gradasi agregat normal, SK.SNI T-15-1990-03 memberikan syarat - syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris.

Agregat dikelompokkan dalam empat zone (daerah), yaitu zona 1, 2, 3, dan 4

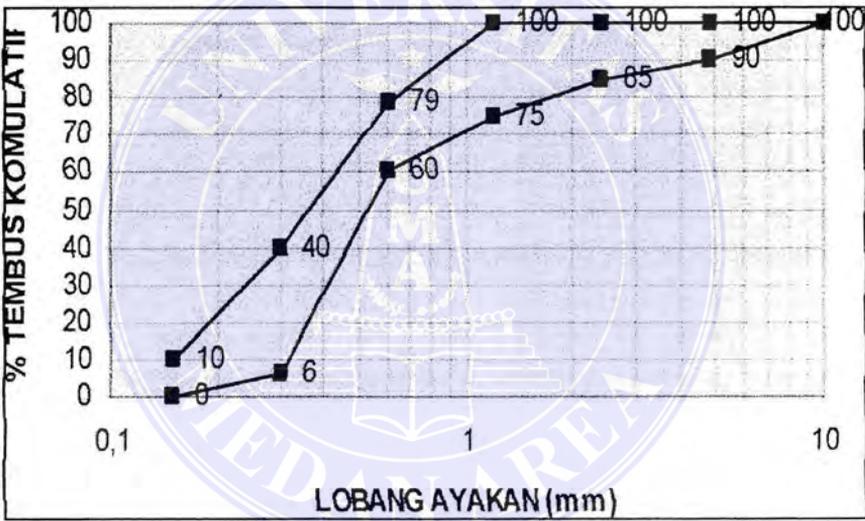
Grafik 2.1.Grafik batas gradasi pasir Zona 1



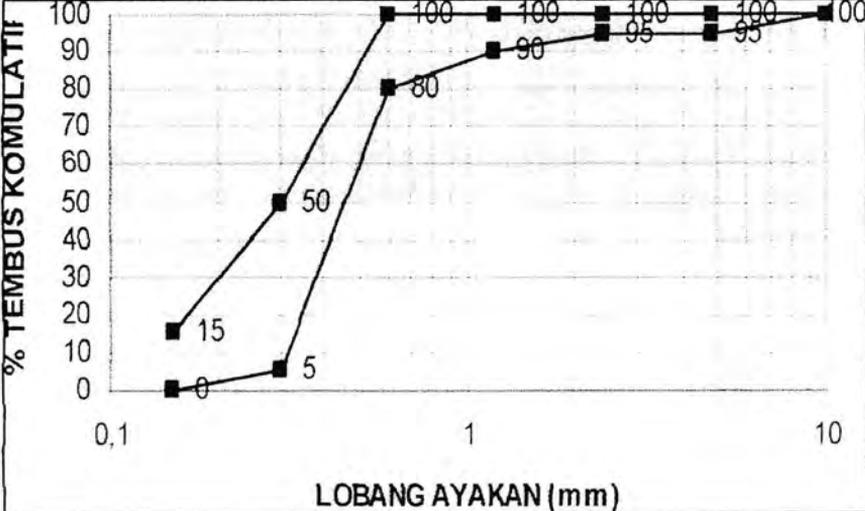
Grafik2.2.Grafik batas gradasi pasir Zona 2



Grafik2.3.Grafik batas gradasi pasir Zona 3



Grafik2.4.Grafik batas gradasi pasir Zona 4



Ikhtisar saringan-saringan yang biasa digunakan, yaitu :

Tabel 2.6. Ikhtisar Saringan

Standar ISO	Standar ASTM	Standar Inggris	Standar Jerman
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
128	152	150	
64	76	75	63
32	38	37,5	31,5
16	19	20	16
8	9,6	10	8
4	4,8	5	4
2	2,4	2,36	2
1	1,2	1,18	1
0,5	0,6	0,6	0,5
0,25	0,3	0,3	0.25
0,125	0,15	0,15	
0,062	0,075	0,075	

Sumber: Teknologi Beton, 2003.

Dalam tabel 2.6 dapat dilihat:

- a. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980/ atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).
- b. Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

## 2. Gradasi Agregat Kasar

ASTM mensyaratkan gradasi agregat melalui persentase berat yang melalui masing-masing ayakan.

Tabel 2.7. Syarat gradasi agregat sesuai ASTM C33

No. Ayakan	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat melalui Ayakan	
		Agregat Kasar	
		Batas Bawah	Batas Atas
1 in	25	95	100
¾ in	19		
½ in	12,5	25	60
3/8 in	10		
No.4	5	0	10
No.8	2,5	0	5
No.16	1,2		
No.30	0,6		
No.50	0,3		
No.100	0,15		
Dasar			

Sumber: Teknologi Beton, 2007.

Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Karena variasi sulit diantisipasi, sering lebih ekonomis untuk mempertahankan keseragaman penanganan daripada menyesuaikan proporsi untuk variasi gradasi. Makin besar diameter maksimum agregat maka semakin ekonomis. Selain itu *British Standard* mensyaratkan gradasi agregat gabungan, yaitu untuk diameter maksimum 10, 20 dan 40 mm.

### 2.5.3. Perbandingan Agregat halus terhadap Agregat kasar

Perlu berhati-hati dalam memilih persentase pasir terhadap total agregat. Terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan beton yang segregasi atau keropos, karena kelebihan agregat kasar. Pasir pada umumnya 25 – 65% volume dari total agregat. Persentase rendah dipakai untuk batu bulat dan persentase tinggi untuk batu pecah. Untuk pemadatan yang baik, volume matriks (udara, air, semen, dan agregat halus) sebaiknya adalah sekitar 45 – 50% volume tergantung angularity dari agregat kasar. Agregat bulat seperti krikil memerlukan 45 - 48% matriks, sementara batu pecah membutuhkan sedikit lebih tinggi, 48 - 51%. Kebanyakan beton yang tergradasi menurun mempunyai presentase matriks 55% atau lebih. Jika

agregat mengandung butir yang sangat halus maka semakin sedikit dibutuhkan untuk membuat campuran beton.

Dalam kasus demikian, *workability* yang dikehendaki kadang-kadang dapat dikembalikan dengan menambahkan air untuk menambahkan volume pasta. Namun hal itu akan mengakibatkan bertambahnya faktor air semen. Sebaliknya, agregat halus yang mengandung sedikit partikel lembut dapat memerlukan lebih banyak proporsi agregat halus yang dipakai untuk memenuhi *wokability* dan pepadatan.

Bila jumlah agregat halus terlalu sedikit maka campuran beton akan disebut *undersanded*. Pasta tidak cukup untuk mengisi ruang-ruang kosong sehingga campuran akan mudah untuk terpisah (*segregate*) dan sukar untuk dikerjakan. Sebaliknya, bila jumlah agregat halus terlalu banyak maka campuran disebut *oversanded*.

2.5.4. Berat jenis dan berat volume agregat

Berat jenis agregat adalah 2400 – 2900 kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis ini agak sukar untuk diukur karena agregat mempunyai pori. Berat volume kering agregat sekitar 1200 – 1750 kg/m<sup>3</sup>. Berat agregat halus dan kasar per unit volume beton dapat dihitung dari tabel dibawah ini. Nilai berkisar antara 1691 – 2245 kg/m<sup>3</sup>. Ini identik dengan 77 – 89% berat beton, atau 67 – 82% volume beton.

Tabel.2.8. Berat Rata-rata Beton Segar

D max agregat (mm)	Kadar udara (%)	Kadar air (kg/m <sup>3</sup> )	Kadar semen (kg/m <sup>3</sup> )	Kepadatan (kg/m <sup>3</sup> ), untuk kepadatan relatif agregat				
				2,55	2,60	2,65	2,70	2,75
19	6,0	168	336	2194	2227	2259	2291	2323
38	4,5	145	291	2259	2291	2339	2371	2403
76	3,5	121	242	2307	2355	2387	2435	2467
152	3,0	97	167	2355	2387	2435	2467	2515

Sumber: *Teknologi Beton, 2007*

### 2.5.5. Absorpsi dan kadar air

Air yang terkandung didalam agregat akan mempengaruhi jumlah air yang akan diperlukan di dalam campuran (*mix*). Agregat yang basah akan membuat campuran lebih basah dan meningkatkan faktor air semen, dan sebaliknya agregat yang kering akan menyerap air campuran dan menurunkan kelecakan beton. Perubahan kadar air tidak hanya tergantung pada pengiriman, tapi juga pengaruh dari cuaca (misal: hujan, panas terik) dan lama penyimpanan.

Pasir yang ditumpuk dan diberikan kesempatan untuk mengering selama 16 jam akan mempunyai kadar air sekitar 5%, dalam keadaan basah antara 7 – 10%, dan memungkinkan hingga 15%. Pasir yang lembab terasa agak basah, tetapi tidak menimbulkan kebasahan ditangan. Kadar air sekitar 2% berat, pasir terasa basah dan sedikit membasahi tangan, membentuk bola di tangan. Kadar air sekitar 4% berat, pasir yang sangat basah, airnya sampai menetes ketika diangkat, semakin membasahi tangan dan tampak mengkilat. Ada 4 kondisi kandungan air di dalam agregat:

1. Kering krontang (*bone dry - od*)

Bisa didapat dengan memasukkan agregat ke dalam oven selama 24 jam pada temperatur 105 – 110°C.

2. Kering udara (*air dry - ad*)

Bagian luar kering namun bagian dalamnya masih mengandung air, keadaan agregat lapangan apabila terjemur.

3. Saturated surface dry (SSD)

Ini adalah keadaan paling ideal, yaitu butir didalam sudah jenuh air (*saturated*), namun bagian sebelah luar masih kering. Kondisi ini dipakai sebagai dasar perhitungan *mix design*.

4. Lembab (*moist atau wet*)

Selain bagian dalam jenuh air, bagian luar juga basah. Didapat dengan merendam agregat selama 24 jam.

Kadar air total adalah persentase jumlah air tersebut terhadap berat agregat kering. Kadar air bebas adalah persentase jumlah air yang di luar

butir saja. Kadar air bebas dipakai sebagai dasar untuk perencanaan campuran karena agregat dianggap dalam keadaan SSD. Adanya garam akan menyebabkan korosi pada tulangan, terutama apabila kualitas betonnya jelek. Karena itu secara praktis pasir laut dilarang dipakai sebagai campuran beton.

#### 2.5.6. Pengolahan Agregat

Proses pengolahan agregat terdiri dari:

1. Proses dasar: memecah, mengayak, mencuci, dan klasifikasi agregat. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gradasi dan kebersihan yang sesuai.
2. Benefikasi: pemisahan lebih lanjut bila diperlukan. Sifat-sifat fisik dan kimia dasar tidak bisa diubah, meskipun membersihkan kotoran. Pengolahan memperbaiki bentuk, gradasi dan kadar lengasnya.

Pengolahan agregat meliputi pengolahan agregat halus dan pengolahan agregat kasar.

##### 1. Agregat Halus

Pasir alam sering kali basah dan perlu dibersihkan. Umumnya diproses basah pada macam-macam jenis pemilah, yang berdasarkan perbedaan kecepatan penurunan dari ukuran yang berbeda. Waktu dipisahkan, pasir juga dicuci dengan genangan air. Pemecahan dan penggilingan batuan dan agregat kadang dipakai untuk menghasilkan bermacam-macam ukuran pasir. Pasir yang dihasilkan umumnya angular sehingga menyebabkan beton yang kasar.

Pasir harus dihancurkan di dalam *rod mill* atau *hammer mill*. Jangan pada *roll mill* yang akan menghasilkan butir pipih dan panjang. Diameter besar pasir pecah (*crushed sand*) yang kelebihan dibuang dengan ayakan nomor 8 atau 10, dicuci untuk membuang butir yang lebih halus dari no 100 atau 200. Sering kekurangan ukuran no 50 – 100 sehingga dibantu dengan menggiling atau mencampur dengan pasir

alam. Sebaiknya dipakai bila pada kondisi pasir alam dengan harga yang tidak wajar.

## 2. Agregat kasar

Pengolahan batu pecah tidak semudah pasir dan krikil. Batu di dinamit dalam bentuk bongkahan diangkut dengan truk, *overhead skip* atau *belt conveyor* ke *crushing plant*. *Crusher plant* utama berbentuk *studded roll*, *gyrator*, *jow* atau *cone* memperkecil ukuran sampai 75 mm. diayak kembali dengan *belt conveyer* untuk memisahkan butiran yang besar dan dimasukkan ke *crusher* kedua. Ada 6 jenis penghancur *crusher* untuk memproduksi batu pecah yaitu, *jaw crusher*, *gyrator crusher*, *disk crusher*, *hammer (impact crusher)*, *roll crusher*, dan *rod mil*.

### 2.5.7. Bahan Pereaksi (Air)

Air merupakan bahan yang digunakan untuk berlangsungnya proses bereaksinya hidrasi semen agar semen membentuk pasta yang bisa mengikat agregat dengan stabil (Kusumadi, dkk: (2008). Pada pembentukan beton, air berfungsi sebagai berikut:

#### 1. Untuk reaksi semen

Air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen kurang lebih 25% terhadap berat semen yang bisa dicari dengan pengujian konsistensi normal semen, ini merupakan fungsi utama dari air adukan.

#### 2. Untuk serapan agregat

Kondisi ideal dari agregat adalah agregat dengan keadaan jenuh air kering permukaan, tetapi dilapangan akan kesulitan untuk membuat dan menjaga agar agregat bisa selalu dalam keadaan jenuh air kering permukaan di alam terbuka. Jika agregatnya lama kena sinar matahari atau kering, untuk itu perlu adanya air khusus untuk diserap oleh agregat agar air untuk reaksi semen tidak terganggu.

#### 3. Untuk kelecakan

Pada saat pembuatan atau penggunaan mortar diperlukan mobilisasi yang lancar untuk setiap agregat pada adukan agar mudah

dikerjakan. Di alam ada berbagai jenis air tetapi tidak semua air yang ada di alam bisa digunakan untuk pembuatan mortar. Jenis air yang bisa digunakan untuk pembuatan mortar adalah :

- a. Air atmosfer (air yang terdapat di udara dalam awan)
- b. Air laut (air yang mengandung antara 30.000 mg/l – 36.000 mg/l atau 3% - 3,6% bisa digunakan pada pencampuran mortar)
- c. Air hujan
- d. Air permukaan (air sungai, air rawa, air danau dan air reservoir, bila mengandung bahan organik maka tidak layak pakai).
- e. Air tanah

## 2.6. Perancangan Campuran Beton

Perancangan cara Inggris atau dikenal dengan metode Departemen Pekerjaan Umum yang tertuang dalam SK.SNIT-15-1990-03 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” merupakan adopsi dari cara *Departement of Environment (DoE), Building Research Establishment, Britain*. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan campuran beton (*mix design*).

Kriteria dasar dalam merancang campuran beton adalah kekuatan tekan dan hubungannya dengan faktor air semen yang digunakan. Kriteria lain yang harus diperhatikan adalah kemudahan pengerjaannya. Selain dua kriteria diatas, yang perlu diperhatikan adalah keawetan dan permeabilitas beton itu sendiri. Metode DoE ini mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan akan bahan-bahan yang akan digunakan dilapangan, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Metode ini melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air per kubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).

Adapun yang perlu diperhatikan dalam merencanakan mix design adalah:

### 2.6.1. Standard Deviasi dan Kuat Tekan Rata-rata

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, yaitu apabila diperiksa dengan sejumlah besar benda-benda uji, nilainya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu atau disebut juga ukuran dari mutu pelaksanaan. Penyebaran dari hasil-hasil pemeriksaan ini akan kecil atau besar bergantung pada tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya.

Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal, yaitu mengikuti lengkung Gauss, maka ukuran dari besar kecilnya variasi penyebaran dari nilai-nilai hasil pemeriksaan tersebut, jadi ukuran dari mutu pelaksanaannya adalah deviasi standar (s) dengan rumus sebagai berikut:

$$s = \frac{\sqrt{\sum (\sigma b^i - \sigma b m')^2}}{\sqrt{N - 1}}$$

Dimana:

S = Deviasi standar (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma b^i$  = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma b m'$  = kekuatan tekan beton rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)

Menurut rumus:  $\sigma b m' = \frac{\sum \sigma b^i}{N}$

N = jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan

Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan benda uji menyebar normal, maka kekuatan tekan beton karakteristik, dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi syarat, ditentukan oleh rumus:

$$\sigma b k' = \sigma b m' - 1,64 . S$$

Dengan demikian, kekuatan tekan rata-rata rencana yang dibutuhkan untuk perencanaan suatu campuran beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_{bm}^t = \sigma_{bk}^t + 1.64 S$$

Dimana S adalah deviasi standar.

Bila suatu penelitian tidak memenuhi hasil uji yang memenuhi syarat yaitu paling sedikit terdiri dari 30 benda uji yang berurutan pada masing-masing variabelnya, tetapi hanya ada 15 – 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai standart deviasi dikalikan dengan faktor pengali pada tabel 2.9:

Tabel 2.9. Faktor Pengali Standar Deviasi

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang Dari 15	Gunakan Tabel 5 (SNI.03-2847-2002)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 atau lebih	1

Sumber: SNI.03-2847-2002

Catatan: Nilai yang berada diantaranya dilakukan interpolasi

Tabel 2.10. Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan Standar Deviasi (s)(Kg/cm)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m <sup>3</sup> )	45/s/55	55/s/65	65/s/85
Sedang (1000-3000 m <sup>3</sup> )	35/s/45	45/s/55	55/s/75
Besar (>3000 m <sup>3</sup> )	25/s/35	35/s/45	45/s/65

Sumber: Teknologi Beton, 2003

### 2.6.2. Pemilihan Faktor Air Semen

Perbandingan antara kadar air dan kadar semen yang disebut faktor air semen atau perbandingan air semen dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Faktor\ Air\ Semen = \frac{Kadar\ air\ dalam\ kg\ atau\ kg/m^3}{Kadar\ semen\ dalam\ kg\ atau\ kg/m^3}$$

Dengan demikian dalam kadar air termasuk air resapan dalam agregat kasar dan agregat halus disamping air yang diisikan ke dalam wadah pengaduk beton berdasarkan perhitungan sebelumnya. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton, Namun jika nilai FAS yang semakin rendah tidak terlalu berarti bahwa kekuatan tekan beton semakin tinggi.

Tabel 2.11. Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0,6 dan jenis 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, IV	Batu alami	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu alami	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu alami	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu alami	25	31	46	48	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

sumber: Tabel 2, SNI. T-15-1990-0.3:6)

Dalam mempermudah pengerjaan pencampuran beton sering kali dibuat kesalahan dengan menambahkan air pada campuran beton di lapangan yang jumlahnya berlebihan, sekedar untuk memperoleh kemudahan dalam pengerjaan serta pemadatan beton, cara ini akan menyebabkan berkurangnya kekuatan beton. Penambahan air harus selalu diikuti dengan penambahan kadar semen yang sesuai sehingga faktor air semen tetap sama nilainya dengan yang disyaratkan.

Tabel 2.12. Persyaratan jumlah minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Deskripsi	Jumlah Semen Minimum dalam 1m <sup>3</sup> beton (kg)	FAS
<b>Beton di dalam ruangan bangunan:</b>		
a. Keadaan keliling non korosif;	275	0.6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0.52
<b>Beton di luar ruang bangunan:</b>		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung;	325	0.6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0.6
<b>Beton yang terus menerus berhubungan dengan air:</b>		
a. Air tawar;	275	0.57
b. Air laut	375	0.45
<b>Beton yang masuk ke dalam tanah:</b>		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti;	325	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0.45 s.d 0.55

(Sumber: Tabel 3, SNI. T-15-1991-0.3:7)

Tabel 2.13. Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar gangguan Sulfat	Konsentrasi Sulfat dalam Bentuk SO <sub>3</sub>			Tipe Semen	Kandungan Semen Min. Kg/m <sup>3</sup> Ukuran Nominal Agregat Maks.			Faktor
	Dalam Tanah	Sulfat			1 1			
	Total SO <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> dalam camp. Air tanah = 2:1 gr/lt	(SO <sub>3</sub> ) dalam air tanah, gr/lt		40 mm	20 mm	10 mm	Semen
1	Kurang dari 0.2	Kurang dari 1.0	Kurang dari 0.3	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15-40%)	80	300	350	0.5
2	0.2	1.0 - 1.9	0.3 - 1.2	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15-40%)	290	330	380	0.5
				Tipe I pozzolan (15-40%) atau semen portland pozzolan	270	310	360	0.55
				Tipe II atau IV	250	290	340	0.55
3	0.5 - 1	1.9 - 3.1	1.2 - 2.5	Tipe I pozzolan (15-40%) atau semen Portland pozzolan	340	380	430	0.45
				Tipe II atau V	290	330	380	0.5
4	1.0 - 2.0	3.1 - 5.6	2.5 - 5.0	Tipe II atau V	330	370	420	0.45
5	Lebih dari 2.0	Lebih dari 5.6	Lebih dari 5.0	Tipe II atau V dan Lapisan Pelindung	330	370	420	0.45

(Sumber: Tabel 4, SNI T-15-1990-03:10)

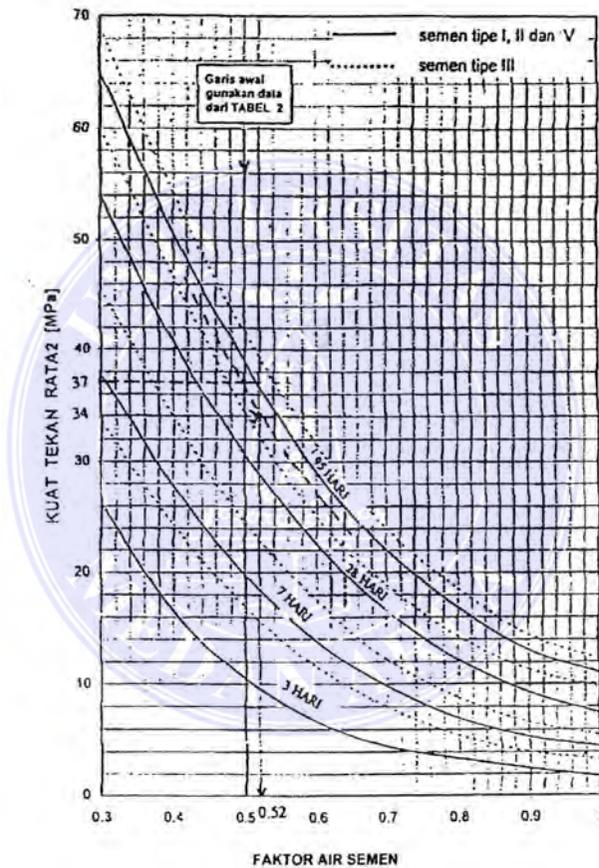
Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan pada:

- a. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari hasil penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan

yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat digunakan pada tabel yang diatas.

- b. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen minimum harus memenuhi ketentuan SK.SNI untuk beton tahan sulfat dan beton kedap air (PB,1992:21-23).

Grafik2.5. Grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm)



### 2.6.3. Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat *Workability*. Jika tidak ada data yang lalu, nilai slump dapat diambil dari tabel dibawah ini:

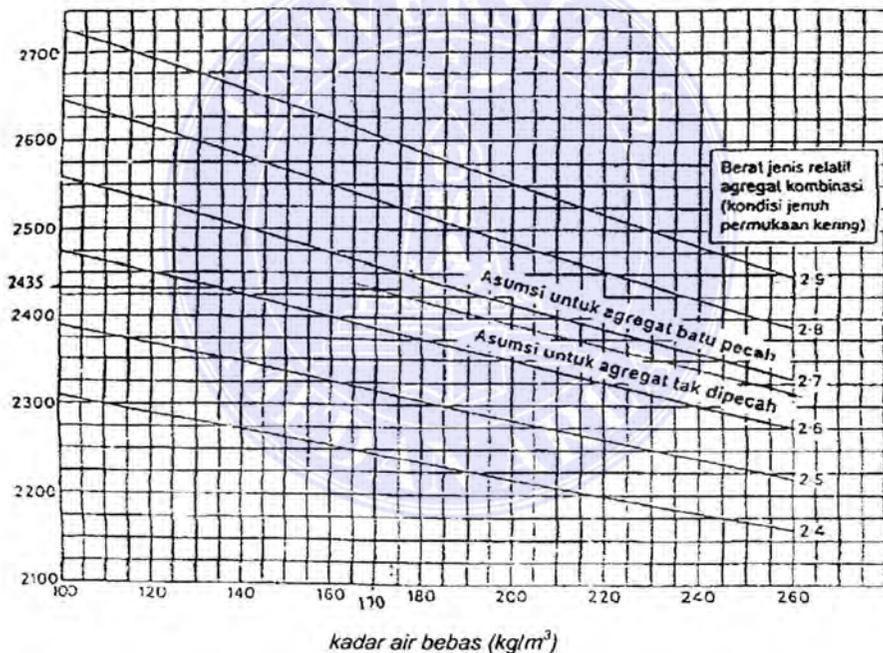
Tabel 2.14. Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan

Uraian	Slump Maximum (cm)	Slump Minimum (cm)
• Dinding Plat Pondasi dan Pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
• Pondasi telapak tidak bertulang konstruksi di bawah 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: teknologi beton, 2003)

Grafik 2.6. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan

SNI 03-2834-1993



### 2.6.4. Besar Butir Agregat Maksimum

Untuk struktur beton bertulang SK.SNI T-15-1990-03 memberikan batasan untuk butir agregat maksimum yang digunakan sebesar 40 mm dan dihitung berdasarkan ketentuan-ketentuan berikut:

1. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.

2. Sepertiga dari tebal pelat.
3. Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

### 2.6.5. Kadar Air Bebas

Kadar air bebas dapat ditentukan dengan menggunakan daftar berikut:

Tabel 2.15. Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan

Slump (mm)		0-10	10 ~ 30	30-60	60-180
V.B (detik)		12	6 ~ 12	3 ~ 6	0-3
Ukuran maksimum dari agregat (mm)	Jenis Agregat	Kadar Air Bebas ( $\text{kg/m}^3$ )			
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	190
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: Tabel 6, SNI-T-15-1990-03:13).

Catatan:

1. Koreksi suhu di atas  $20^\circ\text{C}$ , setiap kenaikan  $5^\circ\text{C}$  harus ditambahkan air sebanyak 5 liter per meter kubik adukan beton.
2. Untuk permukaan agregat yang kasar, harus ditambahkan air kira-kira 10 liter per meter kubik adukan beton.

Kadar air bebas yang ditentukan dengan menggunakan tabel di atas bergantung pada jenis ukuran maksimum agregat dan dapat menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang dikehendaki. Bilamana digunakan agregat kasar dan agregat halus yang jenisnya berbeda, misalnya batu pecah digabungkan dengan pasir alami maka nilai kadar air bebas diperoleh dari daftar di atas, dan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

dengan:

$W_h$  = kadar air bebas sesuai dengan jenis agregat halus yang bersangkutan.

$W_k$  = kadar air bebas sesuai dengan jenis agregat kasar yang bersangkutan.

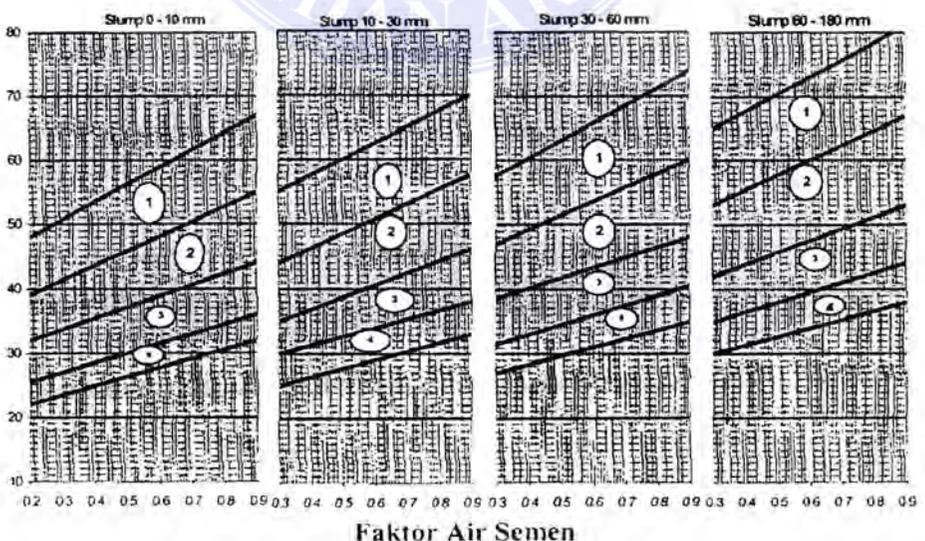
### 2.6.6. Susunan Gradasi Agregat Halus

Susunan gradasi agregat halus yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat gradasi. Dalam syarat gradasi menurut SK.SNI.T-15-1990-03 dibagi menjadi empat zona yaitu zona 1,2,3 dan 4.

### 2.6.7. Proporsi Agregat Halus

Proporsi agregat halus ditentukan berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, faktor air semen, dan nilai slump yang digunakan serta zona gradasi agregat halus. Nilai-nilai tersebut kemudian diplotkan dalam grafik yang ada dibawah ini.

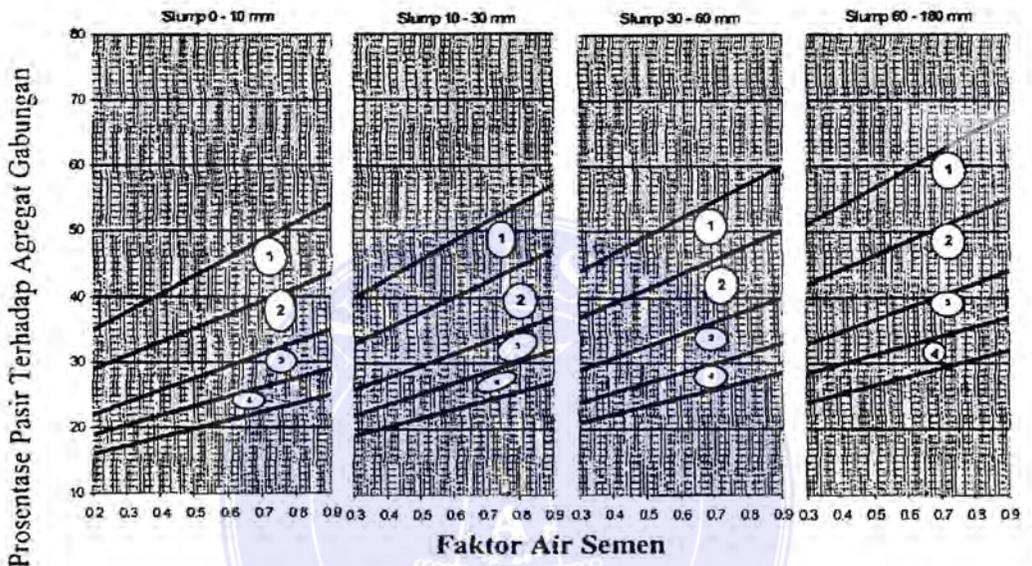
Grafik 2.7. Grafik Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.



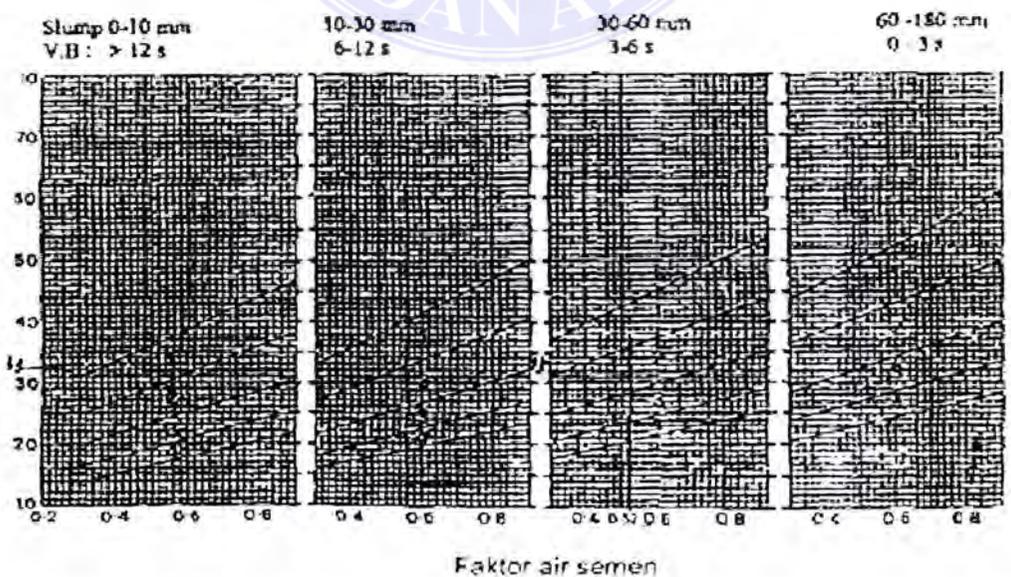
### 2.6.8. Proporsi Agregat Kasar

Proporsi agregat Kasar ditentukan berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, faktor air semen, dan nilai slump yang digunakan serta zona gradasi agregat halus. Nilai-nilai tersebut kemudian diplotkan dalam gambar yang ada dibawah ini.

Grafik 2.8. Grafik Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.



Grafik 2.9. Grafik Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.



### 2.6.9. Koreksi Kadar Agregat Terhadap Kadar Air Lapangan

Untuk mendapatkan proporsi agregat dan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Agregat Halus} = \text{Kadar Ag. Halus} + (\text{KA}_h - \text{DS}_h) \times \text{Kadar Ag. Halus}$$

$$\text{Agregat Kasar} = \text{Kadar Ag. Kasar} + (\text{KA}_k - \text{DS}_k) \times \text{Kadar Ag. Kasar}$$

$$\text{Air} = \text{Kadar Air Bebas} - [(\text{KA}_h - \text{DS}_h) \times \text{Kadar Ag. Halus}] - [(\text{KA}_k - \text{DS}_k) \times \text{Kadar Ag. Kasar}]$$

Dimana:

$$\text{KA}_h = \text{Kadar air agregat halus (\%)}$$

$$\text{KA}_k = \text{Kadar air agregat kasar (\%)}$$

$$\text{DS}_h = \text{Daya serap air dari agregat halus (\%)}$$

$$\text{DS}_k = \text{Daya serap air dari agregat kasar (\%)}$$

## 2.7. Metode Pengerjaan Beton

Pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Adapun tahap dalam pelaksanaan di lapangan meliputi:

### 2.7.1. Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan pekerjaan yang pertama kali harus dilakukan. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah peralatan yang digunakan bersih, ruang tempat pengisian beton bersih, dan permukaan acuan jika perlu diberikan bahan khusus untuk memudahkan pembongkaran.

### 2.7.2. Penakaran

Hal-hal yang diperhatikan adalah beton dengan kekuatan lebih besar atau sama dengan 20 MPa proporsi penakarannya didasarkan atas

penakaran berat. Sedangkan beton dengan kekuatan lebih kecil dari 20 MPa proporsi penakarannya didasarkan atas penakaran volume.

### 2.7.3. Pengadukan

Selama proses pengadukan dilakukan pendataan rinci mengenai proporsi material yang digunakan, perkiraan lokasi dari tempat penuangan, waktu dan tanggal pengadukan serta penuangan.

### 2.7.4. Penuangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penuangan adalah campuran beton harus bersih, ember besar untuk menampung mortar hasil pengadukan diatur letaknya, dilakukan dengan kecepatan yang diatur, serta usahakan tidak ada adukan yang terbuang.

### 2.7.5. Pemadatan

Salah satu tahapan penting dalam proses pembuatan beton adalah tahap pemadatan dimana hal ini juga sangat menentukan terhadap kualitas beton yang dihasilkan. Pemadatan dilakukan segera setelah beton dituang. Kebutuhan akan alat pemadat disesuaikan dengan kapasitas pengecoran dan tingkat kesulitan pengerjaan.

Pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga-rongga udara yang terdapat dalam beton segar. Pada pengerjaan beton dengan kapasitas kecil, alat pemadat dapat berupa kayu atau besi tulangan. Sedangkan adapun alat yang sering digunakan pada pengerjaan dengan volume besar yaitu *vibrator* atau alat getar. Pemadatan dilakukan dengan penggetaran. Campuran beton akan mengalir dan memadat karena rongga-rongga akan terisi dengan butir-butir yang lebih halus.

Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan harus dilakukan sesuai dengan syarat mutu. Hal ini yang dapat dilakukan adalah melihat manual pemadat yang digunakan

sehingga pemadatan pada campuran beton dapat dilakukan secara efisien dan efektif. Alat getar ini dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Alat getar intern (*internal vibrator*), yaitu alat getar yang berupa tongkat dan digerakan dengan mesin. Untuk menggunakannya, tongkat dimasukkan ke dalam beton pada waktu tertentu
2. Alat getar cetakan (*external vibrator or form vibrator*), yaitu alat getar yang mengetarkan *form work* sehingga betonnya bergetar dan memadat.

Ada beberapa pedoman yang digunakan dalam proses pemadatan, antara lain:

1. Pemadatan dilakukan secara vertikal dan masuknya ujung getar oleh beratnya sendiri.
2. Penggetaran dilakukan pada spasi atau jarak yang teratur yang masih dalam pengaruh getaran antara satu titik dengan titik lainnya.
3. Bila permukaan sekeliling jarum mulai menunjukkan berkumpulnya pasta semen atau menjadi licin, maka pemadatan telah cukup dan harus pindah ke titik lainnya, dengan menarik pelan-pelan keluar sehingga lubang yang ditinggalkan ujung penggetar dapat tertutup dengan sendirinya.
4. Lamanya waktu penggetaran di setiap titik adalah 5 – 10 detik
5. Tidak terjadi persinggungan antara alat penggetar dengan bekisting.
6. Tidak boleh menggunakan alat getar untuk mengalirkan adukan beton dalam pengisian bekisting.
7. Tebal lapisan yang dicor tidak boleh lebih tebal dari panjang batang penggetar.

#### 2.7.6. Penyelesaian Akhir

Pekerjaan finishing dimaksudkan untuk mendapatkan sebuah permukaan beton yang rata dan mulus. Pekerjaan ini biasa dilakukan pada saat beton belum mencapai *final setting*, karena pada saat ini beton masih dapat dibentuk.

### 2.7.7. Perawatan

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting* artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal itu terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat.

Perawatan dilakukan minimal 7 (tujuh) hari dan berkekuatan awal tinggi minimum selama 3 (tiga) hari serta dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan dipercepat. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur. Pada penelitian ini menggunakan jenis perawatan dengan pembahasan selama 28 hari.

### 2.7.8. Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah beton mengeras dan berumur 28 hari, uji tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton tersebut. Jika pengujian tersebut tidak dilakukan, dapat dilakukan tindakan lain sesuai dengan syarat evakuasi beton keras. Setelah data uji tekan didapat, maka kuat tekan beton dihitung menggunakan rumus :

$$\sigma_b =$$

Dimana :

$\sigma_b$  = kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)

P = beban tekan (kg)

A = luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)

Tetapi untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang akurat, maka faktor bentuk dan umur tidak boleh dihiraukan dalam perhitungan, sehingga kuat tekan beton dihitung menggunakan rumus :

$$\sigma_b = \frac{P \times f_{ak}}{A}$$

Benda uji untuk pemeriksaan kuat tekan beton berdasarkan **PT** 71 ada 3 bentuk. Terlihat pada tabel 2.16. berikut :

Tabel 2.16. Perbandingan kekuatan tekan terhadap bentuk benda uji

No	Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
1	Kubus 15 x 15 x 15 cm	1
2	Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
3	Silinder 15 x 30 cm	0,83

Sumber ; Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi, 2004: 83

Setelah didapat hasil dari kuat tekan beton, maka hasilnya diolah dan dimasukkan ke dalam grafik hingga bisa ditarik kesimpulan dari penelitian ini.

## 2.8 Batu Pualam (Batu Marmer)

Batu Pualam (batu marmer) merupakan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping. Dan memiliki warna yang bervariasi, ukiran butirnya sedang, teksturnya berupa butiran halus seperti gula, dan bisa juga butiran kasar, dan mineral-mineral aksesor. Pada dasarnya semua batu itu berwarna kusam, tetapi batu marmer mempunyai keunikan warna. Yang dimana warna batu marmer mengkilat dan memantulkan cahaya. Kegunaan batu marmer adalah dapat digunakan untuk bangunan dan kerajinan. Marmer juga dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan trophy/piala.

Batu marmer selalu berasosiasi keberadaannya dengan batu gamping, dimana ada batu marmer juga selalu ada batu gamping. Sebaliknya setiap ada batu gamping tidak ada selalu batu marmer. Karena keberadaan batu marmer berhubungan dengan proses gaya endongen yang mempengaruhi baik berupa tekanan maupun perubahan temperature yang tinggi.

Penghasil batu marmer terbesar di Indonesia terletak di Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung. Batu marmer di Indonesia diperkirakan berumur sekitar 30-60 juta tahun atau berumur Kuartar hingga Tersier (*id.wikipedia.org*). Secara bahasa kata marmer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *marmaron* dari asal kata *marmaros*, batu bersinar, batu kristal.

Batu marmer yang dihasilkan biasanya terdiri dari sebuah kristal karbonat. Tekstur sedimen primer dan struktur batuan karbonat asli (protolith) yang biasanya sudah diubah atau dihancurkan.

Kandungan Oksida (CaO) merupakan unsur kimia terbesar dalam kandungan marmer, yaitu 55,07 % sama seperti bahan dasar penyusun semen portland, sehingga marmer dapat berfungsi untuk menambah distribusi pengikatan dalam campuran beton. Hingga kandungan kimia yang terdapat pada pecahan batu marmer dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.17. Kandungan Kimia Pecahan Marmer

No	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1	Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	0.13
2	Aluminium Dioksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.31
3	Feri oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.04
4	Kalsium Oksida (CaO)	55.07
5	Magnesium Oksida (MgO)	0.36
6	Potash (K <sub>2</sub> O)	0.01
7	Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	0.08
8	(Lol)	44



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Persiapan Bahan

#### 3.1.1. Spesifikasi Rencana

##### 1. Bahan Rekayasa

Spesifikasi yang direncanakan dari bahan rekayasa ini yaitu, beton dengan mutu K-175 dan Slump rencana 60 – 180 cm.

##### 2. Bahan Dasar

Spesifikasi yang direncanakan dari bahan dasar yaitu, Semen Portland Type 1, Pasir (alami), Batu krikil (pecah) Ukuran Ø 20 mm dan Air yang berasal dari sumur bor. Untuk spesifikasi pemeriksaan bahan beton yang diharapkan adalah:

Tabel 3.1 Spesifikasi yang Direncanakan

Jenis pemeriksaan	Spesifikasi yang Direncanakan
1. Agregat Halus	
✓ MKB (Modulus Kehalusan Butir)	1,5 - 3,8
✓ Kadar Lumpur	< 5 %
✓ BJ-SSD	2,5-2,8
2. Agregat Kasar	
✓ MKB (Modulus Kehalusan Butir)	5 – 7,5
✓ Kadar Lumpur	< 1 %
✓ BJ-SSD	2,5-2,8
3. Semen	3,00-3,20

*Sumber: Teknologi Bahan 3 PEDC Bandung*

#### 3.1.2. Pengadaan Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini diambil langsung dari produsen material yang berlokasi di Daerah Sekitar Kota Binjai.

Material tersebut berupa pasir, krikil dan semen. Keseluruhan bahan tersebut kemudian dibawa ke laboratorium untuk kemudian diteliti.

### 3.1.3. Perencanaan Kebutuhan Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian disediakan oleh laboratorium sipil, berikut beberapa alat yang akan digunakan dalam penelitian, tercatat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.2: Perencanaan Kebutuhan Alat

No.	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1	Ayakan ASTM	1 Set	Lab. T. Sipil USU
2	Timbangan Digital	1 Buah	Lab. T. Sipil USU
3	Timbangan Besar	1 Buah	Lab. T. Sipil USU
4	Vibrator ayakan	1 Buah	Lab. T. Sipil USU
5	Vibrator Internal	1 Buah	Lab. T. Sipil USU
6	Alat Vacum	1 Set	Lab. T. Sipil USU
7	Duragan test	1 Set	Lab. T. Sipil USU
8	Cetakan benda Uji	1 Set	Lab. T. Sipil USU
9	Sekop	2 Buah	Lab. T. Sipil USU
10	Hot Plate	1 Set	Lab. T. Sipil USU
11	Talam	2 Buah	Lab. T. Sipil USU
12	Alat Uji Tekan	1 Set	Lab. T. Sipil USU
13	Palu Karet	2 Buah	Lab. T. Sipil USU
14	Oven	1 Set	Lab. T. Sipil USU
15	Stopwatch	1 Set	Lab. T. Sipil USU
16	Gelas Ukur	3 buah	Lab. T. Sipil USU
17	Ember Plastik	11 Buah	Lab. T. Sipil USU
18	Beko	1 Buah	Lab. T. Sipil USU
19	Molen	1 Buah	Lab. T. Sipil USU

### 3.1.4. Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain:

#### 1. Semen

- a. Jenis : Semen Type I
- b. Merk : Semen Holcim

#### 2. Agregat Halus

- a. Jenis : Pasir alam
- b. Asal : Kota Binjai

#### 3. Agregat Kasar

- a. Jenis : Batu pecah
- b. Asal : Kota Binjai

#### 4. Air

- a. Jenis : Air Sumur Bor
- b. Sumber : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara

### 3.1.5. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian yang digunakan adalah Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.

## 3.2. Metode Pemeriksaan Bahan

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pemeriksaan bahan pembentuk beton di laboratorium, sebagai syarat untuk mengetahui tingkat kelayakan bahan yang akan digunakan untuk campuran beton yang direncanakan.

Adapun proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Analisa ayakan agregat halus.
2. Analisa ayakan agregat kasar.
3. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus.
4. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat kasar.
5. Pengujian kadar lumpur agregat halus.
6. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.
7. Pemeriksaan kadar air agregat halus.

8. Pemeriksaan kadar air agregat kasar.
9. Perencanaan campuran beton (*mix design*)
10. Pembuatan benda uji (*sampel*)
11. Pembuatan campuran beton.
12. Pemeriksaan Slump beton.
13. Pemadatan beton.

Berikut dijelaskan prosedur pelaksanaan pemeriksaan bahan pembentuk beton yang akan digunakan:

### 1. Analisa ayakan agregat halus

#### a. Tujuan

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk dapat menghitung perbandingan agregat halus menjadi agregat gabungan yang memiliki gradasi yang diinginkan. Tujuan lain dari pemeriksaan ini adalah:

- 1) Dapat menentukan gradasi agregat halus dengan menggunakan hasil analisa saringan / ayakan.
- 2) Dapat menggambarkan data hasil pemeriksaan kedalam grafik gradasi.

#### b. Peralatan dan Bahan

##### 1) Peralatan

- a) Timbangan ketelitian 0,01 gram
- b) Ayakan standart
- c) Mesin penggetar (sieve shaker)
- d) Kuas tembaga dan kuas cat
- e) Cawan

##### 2) Bahan

Pasir

**c. Langkah Kerja**

- 1) Agregat halus dikeringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}$  C sampai berat tetap.
- 2) Timbang agregat halus sebanyak 1000 gram.
- 3) Saring benda uji sebanyak itu dengan menggunakan susunan ayakan 4 mm keatas.
- 4) Dari ayakan yang tembus 4 mm timbang sebanyak 1000 gram.
- 5) Ayak agregat sebanyak 1000 gram dengan susunan ayakan sebagai berikut : Pan ; 0,125 mm ; 0,25 mm ; 0,5 mm ; 1mm ; 2 mm ; 4 mm. Sedangkan ukuran ayakan paling besar ditempatkan paling atas. Pengayakan ini dilakukan dengan meletakkan susunan ayakan pada mesin penggetar, dan agregat digetarkan selama 15 menit.
- 6) Bersihkan masing-masing ayakan, dimulai dari ayakan teratas dengan kuas cat yang lemas.
- 7) Timbang berat agregat yang tertahan diatas masing-masing lubang ayakan.
- 8) Hitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total.

**d. Perhitungan**

Kadar MKB (Modulus Kehalusan Butir) =

$$\frac{\text{Jumlah Persen Tertahan Kumulatif}}{100}$$

**2. Analisa ayakan agregat kasar**

**a. Tujuan**

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk dapat menghitung perbandingan agregat kasar menjadi agregat gabungan yang memiliki gradasi yang diinginkan. Tujuan lain dari pemeriksaan ini adalah :

- 1) Dapat menentukan gradasi agregat kasar dengan menggunakan hasil analisa saringan / ayakan.
- 2) Dapat menggambarkan data hasil pemeriksaan kedalam grafik.

**b. Peralatan dan Bahan**

1) Peralatan

- a) Ayakan ukuran 37,5 mm; 19 mm; 9,5 mm; 4,75 mm dan 4,75 mm
- b) Timbangan
- c) Sieve shaker
- d) Wadah
- e) Kuas baja

2) Bahan

Kerikil

**c. Langkah Kerja**

- 1) Timbang agregat kasar seberat 2000 gram.
- 2) Ayak agregat kasar dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 37,5 mm; 19 mm; 9,5 mm; 4,75 mm dan 4,75 mm kemudian timbang agregat yang tertahan. Catat hasil pengujian.
- 3) Pengayakan dilakukan di mesin penggetar selama 15 menit.
- 4) Timbang berat agregat yang tertahan pada masing – masing ayakan.
- 5) Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing ayakan terhadap berat total.

**d. Perhitungan**

Kadar MKB (Modulus Kehalusan Butir) =

*Jumlah Persen Tertahan Kumulatif*

*100*

### 3. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus.

#### a. Tujuan:

- 1) Menentukan berat jenis pasir dalam keadaan kering.
- 2) Menentukan berat jenis pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD).
- 3) Menentukan daya serap pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD).

#### b. Peralatan dan Bahan

##### 1) Peralatan

- a) Timbangan 0,01 gram.
- b) Kerucut terpancung dan batang penumbuk
- c) Saringan no. 4
- d) Piknometer 1000 ml.
- e) Cawan.
- f) Oven pengering.

##### 2) Bahan

- a) Pasir
- b) Air

#### c. Langkah Kerja

- 1) Sediakan pasir secukupnya.
- 2) Rendam pasir tersebut dalam suatu wadah dengan air selama 24 jam.
- 3) Pasir tersebut didinginkan hingga tercapai kondisi kering permukaan.
- 4) Untuk menentukan pasir dalam kondisi SSD adalah sebagai berikut : Masukkan pasir kedalam mould  $\frac{1}{3}$  tinggi, dirojok 25 kali. Kemudian isi pasir hingga ketinggian  $\frac{2}{3}$  tinggi, dirojok 25 kali. Demikian seterusnya diisi sampai penuh dan dirojok dan 25 kali. Setelah itu mould diangkat perlahan. Apabila pasir runtuh

pada bagian tepi atasnya (tidak keseluruhan), berarti pasir dalam keadaan SSD. Periksa bentuk hasil cetakan seperti dibawah ini :



Gambar 3.1 ilustrasi penurunan Agregat dgn berbagai kondisi

- 5) Sediakan pasir yang telah mencapai kondisi SSD dalam dua bagian, masing – masing seberat 500 gram. Bagian yang pertama dimasukkan kedalam oven dan dikeringkan selama 24 jam. Bagian yang lain dimasukkan kedalam piknometer kemudian diisi dengan air kemudian diguncang berulang – ulang dengan maksud agar udara dalam pasir keluar. Hal ini ditandai dengan keluarnya buih dari pasir. Buih yang keluar tersebut dibuang dengan cara mengisi piknometer sampai air melimpah dari leher piknometer tersebut, pengisian air dilakukan secara perlahan – lahan. Setelah udara tidak ada lagi atur agar air sampai hingga batas air.
- 6) Timbang berat piknometer + pasir + air.
- 7) Buang isi piknometer lalu isi dengan air bersih hingga batas air maksimum.
- 8) Timbang berat piknometer + air dan catat hasilnya.
- 9) Untuk pasir yang diovenkan, setelah kering dilakukan penimbangan.
- 10) Ulangi percobaan tersebut untuk sampel kedua.

d. Perhitungan

$$1) \text{ Berat jenis kering Oven (Bulk) } = \frac{B4}{B3 + B1 - B2}$$

$$2) \text{ Berat Jenis SSD } = \frac{B1}{B3 + B1 - B2}$$

$$3) \text{ Berat jenis semu (Apparent) } = \frac{B4}{B3 + B4 - B2}$$

$$4) \text{ Berat Jenis Efektif} = \frac{\text{Bulk} + \text{Apparent}}{2}$$

$$5) \text{ Penyerapan} = \frac{(B1 - B4)}{B4} \times 100\%$$

- Dimana :
- B1 = Berat kerikil SSD
  - B2 = Berat piknometer + benda uji + air
  - B3 = Berat piknometer + air
  - B4 = Berat benda uji kering oven

#### 4. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat kasar.

##### a. Tujuan

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis dan persentase berat air yang dapat diserap agregat kasar dihitung terhadap berat kering.

Tujuan lain dari pemeriksaan ini adalah :

- 1) Menentukan berat jenis agregat kasar dalam keadaan kering oven.
- 2) Menentukan berat jenis agregat kasar kering permukaan.
- 3) Menentukan kadar air agregat kasar kering permukaan jenuh air (SSD).
- 4) Menerangkan kegunaan pemeriksaan ini dalam kaitannya dengan perhitungan rancangan susunan campuran beton.

##### b. Peralatan dan bahan

###### 1) Peralatan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram kapasitas > 500 gram.
- b) Hot plate.
- c) Kain lap.
- d) Gelas ukur (piknometer)
- e) Duragan Test Set

###### 2) Bahan

- a) Kerikil
- b) Air

c. Langkah Kerja

- 1) Kerikil diayak dengan ayakan 19,1 mm dan 4,76 mm. Diambil kerikil yang lolos ayakan 19,1 mm dan yang tertahan di ayakan 4,76 mm ± 3000 gram.
- 2) Rendam kerikil tersebut dengan air selama 24 jam.
- 3) Kerikil hasil rendaman tersebut dikeringkan hingga didapat kondisi kering permukaan (SSD) dengan menggunakan kain lap.
- 4) Siapkan kerikil sebanyak 2 x 1250 gram untuk 2 sampel.
- 5) Atur keseimbangan air dan keranjang pada duragan test set sampai jarum menunjukkan setimbang pada saat air dalam kondisi tenang.
- 6) Masukkan kerikil yang telah mencapai kondisi SSD ke dalam keranjang yang berisi air.
- 7) Timbang berat air + keranjang + kerikil.
- 8) Keluarkan kerikil lalu dikeringkan di dalam oven 24 jam.
- 9) Timbang berat kerikil yang telah diovenkan.
- 10) Ulangi prosedur di atas untuk sampel kedua.

d. Perhitungan

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat jenis kering Oven (Bulk)} &= \frac{B3}{B1 - B2} \\
 2) \text{ Berat Jenis SSD} &= \frac{B1}{B1 - B2} \\
 3) \text{ Berat jenis semu (Apparent)} &= \frac{B3}{B3 - B2} \\
 4) \text{ Berat Jenis Efektif} &= \frac{\text{Bulk} + \text{Apparent}}{2} \\
 5) \text{ Penyerapan} &= \frac{(B1 - B3)}{B3} \times 100\%
 \end{aligned}$$

Dimana :      B1      = Berat kerikil SSD  
                   B2      = Berat kerikil dalam air  
                   B3      = Berat kerikil kering

## 5. Pengujian kadar lumpur agregat halus.

### a. Tujuan

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk dapat menentukan kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus.

### b. Peralatan dan Bahan

#### 1) Peralatan

- a) Timbangan 0,01 gr
- b) Oven
- c) Ayakan no. 200
- d) cawan

#### 2) Bahan

- a) Pasir
- b) Air

### c. Langkah Kerja

- 1) Menentukan contoh agregat kering 1,25 kali berat benda uji yang akan digunakan dan keringkan dalam oven dengan suhu 100° C sampai beratnya tetap.
- 2) Timbang benda uji tersebut sebanyak 500 gr ( $W_1$ ).
- 3) Masukkan benda uji ke dalam bejana, tuangkan air bersih ke dalam bejana tersebut sampai benda uji terendam.
- 4) Aduk benda uji sampai kelihatan bersih, tuangkan air keruh tersebut ke dalam ayakan, ulangi sampai air benar-banar jernih.
- 5) Butiran yang tertinggal dalam ayakan dibilas dan dimasukkan dalam bejana. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $100 \pm 5^\circ$  sampai besarnya tetap.
- 6) Timbang berat benda uji ( $W_2$ ).

### d. Perhitungan

Kadar Lumpur :

$$\frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100\%$$

## 6. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.

### a. Tujuan

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk dapat menentukan kadar lumpur yang dikandung oleh agregat kasar.

### b. Peralatan dan Bahan

#### 1) Peralatan

- a) Timbangan 0,01 gr
- b) Bejana
- c) Oven
- d) Ayakan no. 200
- e) cawan

#### 2) Bahan

- a) Kerikil
- b) Air

### c. Langkah Kerja

- 1) Menentukan contoh agregat kering 1,25 kali berat benda uji yang akan digunakan dan keringkan dalam oven dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
- 2) Masukkan benda uji ke dalam cawan sebanyak 1000 gr ( $w_1$ ) kemudian tuang air bersih sehingga benda uji terendam.
- 3) Aduk benda uji sampai air kelihatan bersih, tuangkan air keruh tersebut ke dalam ayakan, ulangi sampai air benar-benar jernih.
- 4) Butiran yang tertinggal dalam ayakan dibilas dan dimasukkan dalam bejana
- 5) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $100 \pm 5^{\circ}$  sampai beratnya tetap.
- 6) Timbang berat benda uji ( $w_2$ )

### d. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

## 7. Pemeriksaan kadar air agregat halus.

### a. Tujuan

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan persentase air yang dikandung agregat.

### b. Peralatan dan Bahan

#### 1) Peralatan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- b) Oven pengering atau hot plate.
- c) Cawan.

#### 2) Bahan

- a) Pasir
- b) Air

### c. Langkah Kerja

- 1) Ambil pasir dalam keadaan asli sebanyak 500 gr (A)
- 2) Masukkan dalam oven dengan suhu 100° C selama 24 jam hingga berat tetap
- 3) Biarkan hingga suhu normal. Kemudian timbang benda uji (B)

### d. Perhitungan

$$\text{Kadar Air} : \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

## 8. Pemeriksaan kadar air agregat kasar.

### a. Tujuan

Tujuan umum dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan persentase air yang dikandung agregat.

### b. Peralatan dan Bahan

#### 1) Peralatan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- b) Oven pengering atau hot plate.

c) Cawan.

2) Bahan

a) kerikil

b) Air

c. Langkah Kerja

1) Ambil kerikil dalam keadaan asli sebanyak 1000 gr (A)

2) Masukkan dalam oven dengan suhu  $100^{\circ}$  C selama 24 jam hingga berat tetap

3) Biarkan hingga suhu normal. Kemudian timbang benda uji (B)

d. Perhitungan

$$\text{Kadar Air} \quad : \quad \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

## 9. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dengan mengisi Form *Mix Design*, berikut prosedur perencanaannya:

- a. Kuat tekan Karakteristik, Yaitu kekuatan tekan dari sejumlah besar hasil-hasil pemeriksaan benda uji. Kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu terbatas sampai 5% atau bagian yang cacat 5%, artinya 5% dari beton yang akan dibuat boleh mempunyai kekuatan kurang dari kekuatan karakteristik. Dalam perencanaannya ditetapkan biasanya untuk 28 hari.
- b. Deviasi standar, yaitu ukuran dan besar kecilnya penyebaran dari nilai-nilai pemeriksaan sejumlah benda-benda uji di Laboratorium, dimana nilainya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu atau disebut juga ukuran dari mutu pelaksanaan. Dalam perencanaan apabila nilai SD sudah pernah diketahui, harga tersebut dapat langsung digunakan (berdasarkan pengalaman), misalnya:  $60 \text{ kg/cm}^2$  atau  $70 \text{ kg/cm}^2$  atau  $80 \text{ kg/cm}^2$ .

Berbagai Mutu pelaksanaan, berbagai isi pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 3.3 Deviasi standar

Isi pekerjaan		Deviasi Standar		
Sebutan	Jumlah beton (m <sup>3</sup> )	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	1000 m <sup>3</sup>	45 s.d. 55	55 s.d. 65	65 s.d. 85
Sedang	1000 – 3000 m <sup>3</sup>	35 s.d. 45	45 s.d. 55	55 s.d. 75
Besar	>3000 m <sup>3</sup>	25 s.d. 35	35 s.d. 45	45 s.d. 55

- c. Nilai tambah (margin), adalah merupakan nilai dari hasil kali faktor k dan nilai deviasi standard, dimana: k = tetapan statika yang tergantung pada banyaknya bagian-bagian benda uji yang cacat yang nilainya = 1,64.

Misal: Deviasi Standar = 60 kg/cm<sup>2</sup> maka nilai tambah :

$$1,64 \times 60 \text{ kg/cm}^2 = 98,4 \text{ kg/cm}^2$$

- d. Kuat tekan yang dikehendaki (target), atau kekuatan tekan rata-rata, adalah penjumlahan dari kuat tekan karateristik dan nilai tambah  $\sigma_{bm} = \sigma_{bk} + 1,64.s$ , dimana 1,64 . S = nilai tambah.
- e. Jenis semen, yaitu semen yang memenuhi SII.0013-81 tentang mutu dan cara uji semen Portland. Jenis semen: Semen Portland Tipe I atau semen tahan sulfat Tipe II, V dan semen Portland Tipe III. Dalam perencanaan biasanya ditetapkan.
- f. Jenis agregat

Dalam pembuatan beton dikenal berbagai macam agregat dalam bentuk alam (pasir atau kerikil), dapat pula dalam bentuk batu pecah. Batu pecah bersisi tajam, sedangkan alami berbentuk bulat.

Jenis agregat: Kasar = batu pecah / alami

Halus = pasir

g. Untuk membuat rancangan campuran beton, perlu ditetapkan F.A.S untuk menentukan yaitu dengan menggunakan tabel: 5.2 dan grafik 5.2.

h. Faktor air semen maksimum

Dapat ditetapkan sebelumnya atau dari PBI. Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari faktor air semen bebas pada poin 7 lebih kecil dari yang dikehendaki, maka nilai yang dipakai adalah yang terendah.

i. Slump, dapat ditetapkan sebelumnya atau dari PBI

j. Ukuran agregat maksimum

Penentuan agregat maksimum adalah sesuai dengan agregat yang tersedia/dipilih. Dalam hal ini penentuan pilihan agregat harus memenuhi persyaratan PBI.

Antara lain:

- 1) diatas ayakan 31.5 mm = 0%
- 2) tidak lebih besar 1/5 bidang cetakan terkecil
- 3) tidak lebih besar 1/3 tebal pelat
- 4) tidak lebih besar 3/4 jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas tulangan.

Jadi pemilihan agregat harus disesuaikan dengan jenis atau macam serta dimensi dari konstruksi yang sedang dikerjakan.

k. Kadar air bebas

Merupakan hasil perkiraan yang disusun dari pengalaman empiris dalam suatu tabel.

Dapat dicari pada tabel 5.5.

Contoh: agregat maksimum digunakan 20 mm, slump 60-180, menggunakan batu koral (alami), maka dari tabel didapat kadar air bebas = 190 kg/cm<sup>3</sup>

l. Kadar semen

Penentuan kadar semen adalah dihitung dari nilai kadar air bebas dibagikan dengan faktor air semen maksimum

m. Kadar semen minimum, Ditetapkan atau dari PBI

n. FAS yang disesuaikan

Jika kadar semen berubah karena lebih kecil dari kadar semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari kadar semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen haruslah diperhatikan kembali.

Misal: dalam perhitungan ditemukan harga kadar semen = 307 kg/cm<sup>3</sup>, sedangkan kadar semen minimum ditentukan = 325 kg/m<sup>3</sup> (misal untuk beton yang korosif), maka harga yang dipakai adalah 325 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan air bebas misal yang diketahui 175 kg/cm<sup>3</sup> maka f.a.s =  $175/325 \text{ kg/m}^3 = 0.54$

o. Gradasi agregat halus

Yaitu daerah (zone). Susunan butir didapat dari analisa ayakan di laboratorium dengan menggunakan ayakan standard, dibuat kurvanya dan dibandingkan dengan kurva yang tertera dalam grafik 2.2 – 2.5. Seandainya pasir tadi belum diketahui kehalusannya, anggaplah pasir tersebut termasuk dalam daerah susunan butir 2 dan kemudian baru setelah pasir yang bersangkutan diterima dapat dilakukan pembetulan baik pada rancangan campuran.

p. Persen agregat halus

Jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik 5.6

q. Persen agregat kasar

Nilai persen agregat kasar adalah 100 % - persen agregat halus

r. B<sub>j</sub> Agregat Gabungan (SSD)

Misal persentase agregat halus = 27%

Berat jenis relatif =  $0,27 \times \text{Berat jenis agregat halus} + 0,73 \times \text{Berat jenis agregat kasar}$ .

s. B<sub>j</sub> Beton basah

B<sub>j</sub> beton basah ditentukan dari grafik 5.5 dan berat jenis relative dari agregat gabungan.

t. **Kadar agregat gabungan**

Kadar agregat gabungan adalah berat BJ beton basah dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

u. **Kadar agregat halus**

Kadar agregat halus adalah hasil kali jumlah kadar agregat campuran dengan persentase agregat.

v. **Kadar agregat kasar**

Kadar agregat kasar adalah hasil kali antara persen agregat kasar dengan Kadar agregat gabungan.



Tabel 3.4 Contoh Perhitungan *Mix Design* Agregat Binjai  
FORM MIX DESIGN K-175 (BINJAI)

No	Uraian Pekerjaan	Tabel/Grafik	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	175	kg/cm <sup>2</sup>
			Pada 28 Hari	
2	Standar Deviasi Rencana (SDr)	Ditetapkan / dari PBI	60	kg/cm <sup>2</sup>
3	Nilai Tambah	1.64 x SDr	98.4	kg/cm <sup>2</sup>
4	Ket. Rata2 yang hendak dicapai	( 1+3 )	273.4	kg/cm <sup>2</sup>
5	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe I	SSD 50
6	Jenis Agregat Kasar	Diketahui	Alami	
	Jenis Agregat Halus	Diketahui	Alami	
7	Faktor Air Semen	Tabel 2.11 dan Grafik 2.5	0.64	
8	Faktor Air Semen Maksimum	Tabel 2.11 / dari PBI	0.60	
9	Slump	Tabel 2.13 / dari PBI	75-150	Mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan / dari PBI	20	Mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 2.14	190	kg/m <sup>3</sup>
12	Kadar Semen	( 11:8 )	316.67	kg/m <sup>3</sup>
13	Kadar Air Semen Minimum	Tabel 2.11 / dari PBI	325	kg/m <sup>3</sup>
14	FAS yang Disesuaikan	( 11: 13 ) Bila kadar semen minimum yang dipakai	0.58	
15	Gradasi Agregat Halus	Grafik 2.7 s/d 2.5	Zona 2	
16	Persen Agregat Halus	Grafik 2.7	36.00%	
17	Persen Agregat Kasar	100 % - (16)	64.00%	
18	Bj Agregat Gabungan (SSD)	Diketahui	2.643	
19	Bj Beton segar	Grafik 2.6	2370	kg/m <sup>3</sup>
20	Kadar Agregat Gabungan	( 19-12-11 )	1863.33	kg/cm <sup>3</sup>
21	Kadar Agregat Halus	( 16 x 20 )	670.80	Kg
22	Kadar Agregat Kasar	( 17 x 20 )	1192.53	Kg

Sumber: Penelitian 2010

## 10. Pembuatan Benda Uji (*sample*)

Pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan. Pencampuran bahan-bahan dapat dilakukan di laboratorium. Agar tetap terjaga konsistensi

rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengolahan beton perlu diperhatikan. Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaannya tidak di kontrol dengan baik, kemungkinan dihasilkannya beton yang tidak sesuai dengan rencana akan semakin besar. Cara pengolahan ini akan menentukan kualitas dari beton yang akan dibuat. Adapun pelaksanaan yang dilakukan meliputi:

a. Persiapan

Sebelum penuangan beton, hal-hal berikut ini harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu:

- 1) Semua peralatan untuk pengadukan pengangkutan beton harus bersih.
- 2) Ruang yang diisi dengan beton harus bebas dari kotoran-kotoran yang mengganggu.
- 3) Untuk memudahkan pembukaan acuan boleh dilapisi dengan bahan khusus, antara lain lapisan minyak mineral, lapisan bahan kimia (*form release agent*) atau lembaran *polyurethane*

b. Ukuran Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Pembuatan benda uji akan dilakukan dengan menggunakan cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 20 buah dengan usia 28 hari.

c. Tipe Cetakan

Tipe cetakan yang digunakan mempunyai pengaruh yang penting pada pengukuran kekuatan tekan. Pada umumnya, benda uji yang dicetak dengan menggunakan bahan baja menghasilkan kekuatan tekan yang lebih konsisten dari pada benda uji yang dicetak dengan menggunakan bahan plastik. Cetakan yang dibuat dari material kardus tidak dianjurkan untuk beton mutu tinggi. Tanpa memperhatikan tipe cetakan bahan, hal yang penting adalah tipe yang akan digunakan untuk menentukan komposisi campuran

yang tepat harus sama dengan tipe yang akan digunakan untuk tes penerimaan akhir.

d. Penakaran

Penakaran bahan-bahan penyusun beton yang dihasilkan dari hasil rancangan harus mengikuti ketentuan yang tertuang dalam pasal (3.3.2) SK. SNI. T. – 28 – 1991 – 03 tentang Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton dan ASTM C. 685 *Standard Made By Volume Batching and Continous Mixing* serta ASTM. 94. Bahan yang akan digunakan sebagai bahan baku penyusun beton ditimbang sesuai komposisi yang telah ditentukan.

## 11. Pembuatan Campuran Beton

Setelah didapatkan komposisi yang direncanakan untuk pengecoran maka proses selanjutnya adalah pencampuran bahan. Selama proses pengecoran, harus dilakukan pendataan rinci mengenai:

- a. Jumlah *batch*-aduk yang dihasilkan,
- b. Proporsi material,
- c. Perkiraan lokasi dari penuangan akhir pada struktur, dan
- d. Waktu pengadukan serta penuangan.

Dalam percobaan ini dilakukan pengecoran sebanyak 4 kali. Bahan baku yang telah dipersiapkan dimasukkan ke dalam *concrete mixer* dengan urutan pasir, semen kemudian di aduk agar tercampur. Setelah itu baru ditambahkan air sedikit demi sedikit. Terakhir dimasukkan kerikil dan diaduk. Waktu selama pengecoran akan berpengaruh pada mutu beton. Jika terlalu sebentar pencampuran bahan kurang merata, sehingga pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang. Sebaliknya, pengadukan yang terlalu lama akan mengakibatkan:

- a. Naiknya suhu beton,
- b. Keausan pada agregat, sehingga agregat pecah,
- c. Terjadinya kehilangan air sehingga penambahan air diperlukan,
- d. Bertambahnya nilai slump,

**e. Menurunnya kekuatan beton.**

Secara umum pengecoran dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton segar. Indikasinya adalah warna adukan merata, kelecakan yang cukup, dan tampak homogen. Setelah adukan siap, adukan beton dituang ke talam besar yang telah dipersiapkan sebelumnya.

**12. Pemeriksaan Slump beton.**

**a. Tujuan**

Untuk mengetahui ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan.

**b. Peralatan dan Bahan**

**1) Peralatan**

- a) Mistar
- b) Kerucut Abhrams
- c) Batang perojok
- d) Sendok semen
- e) Ember
- f) Vaseline

**2) Bahan**

Beton segar

**c. Langkah Kerja**

- 1) Kerucut diletakkan terpancung pada alas yang rata yang tidak menyerap air yang telah diolesi dengan vaselin.
- 2) Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut terpancung sampai  $\frac{1}{3}$  tinggi kerucut lalu dirojok dengan batang perojok 25 kali.
- 3) Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut terpancung sampai  $\frac{2}{3}$  tinggi kerucut lalu dirojok dengan batang perojok 25 kali.
- 4) Adukan beton ditambah lagi hingga penuh lalu dirojok 25 kali.

- 5) Permukaan kerucut terpancung diratakan dengan memasukkan bahan adukan pada tempat – tempat kosong, hingga permukaan kerucut menjadi rata.
- 6) Tahan kerucut selama  $\pm 30$  detik, kerucut diangkat perlahan – lahan vertikal ke atas.
- 7) Penurunan adukan beton diukur dengan mistar dengan cara meletakkan kerucut terpancung di samping adukan beton. Maka penurunan diukur dari tinggi permukaan kerucut terpancung sampai ke beberapa tinggi permukaan adukan beton tersebut.
- 8) Ulangi percobaan ini sebanyak 3 kali untuk 3 kali pengecoran dengan variasi 10%, 30% dan 50%.

### 13. Pemadatan Beton

#### a. Tujuan

Pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga - rongga udara yang terdapat dalam beton segar. Pada pengerjaan beton dengan kapasitas kecil, alat pemadat dapat berupa kayu atau besi tulangan. Sedangkan adapun alat yang sering digunakan pada pengerjaan dengan volume besar yaitu *vibrator* atau alat getar. Campuran beton akan mengalir dan memadat karena rongga-rongga akan terisi dengan butir-butir yang lebih halus.

#### b. Peralatan dan Bahan

##### 1) Peralatan

- a) Vibrator internal
- b) Sendok semen

##### 2) Bahan

Beton segar

#### c. Langkah Kerja

- 1) Setelah adukan di tes slump, adukan langsung diisi ke tiap – tiap cetakan dengan menggunakan sendok semen.
- 2) isi tiap – tiap cetakan hingga penuh.

- 3) Nyalakan vibrator internal dan masukkan perlahan – lahan ke dalam cetakan.
- 4) Hitung waktu penggunaan vibrator internal tersebut untuk 4 variasi, yakni 0%, 10%, 30% dan 50%.
- 5) Setelah selesai, angkat vibrator internal secara perlahan.
- 6) Lakukan kegiatan ini terus menerus hingga semua cetakan selesai dipadatkan.
- 7) Ratakan permukaan cetakan dengan menggunakan sendok semen.
- 8) Biarkan benda uji selama 24 jam
- 9) benda uji dikeluarkan dari cetakan untuk kemudian dirawat.

Perhatikan selama proses pemadatan, usahakan agar :

- a. Tidak terjadi kontak antara alat getar dengan pembesian, karena dapat merusak daya lekat ujung pembesian lain dengan beton yang telah mulai setting.
- b. Tidak terjadi persinggungan antara alat penggetar dengan bekisting.
- c. Tidak boleh menggunakan alat getar untuk mengalirkan adukan beton dalam pengisian bekisting.
- d. Tebal lapisan yang dicor tidak boleh lebih tebal dari panjang batang penggetar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Dari penelitian yang telah dilakukan, bahwa penambahan batu pualam (batu marmer) pada variasi 0%, 10%, 30% dan 50% menghasilkan kuat tekan  $196.05 \text{ kg/cm}^2$ ,  $205.87 \text{ kg/cm}^2$ ,  $214.36 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $218.62 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan yang cukup signifikan.
2. Penambahan batu pualam (batu marmer) dapat mempengaruhi kuat tekan beton.

#### **5.2. Saran**

1. Diperlukan lebih banyak persentase variasi dari batu pualam (batu marmer) agar hasil yang didapat lebih baik lagi.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan menggunakan batu pualam (batu marmer) yang lain, karena masih terdapat bentuk batu pualam (batu marmer) yang bermacam-macam jenisnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen PU Republik Indonesia. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyidikan Masalah Bangunan
- Delisma, Kusumadi. 2006. *Teknologi Bahan III*. Medan: Politeknik Negeri Medan.
- Fadli, MT. 2002. *Panduan Praktikum Pengujian Bahan II*. Medan: Politeknik Negeri Medan.
- KH, Sunggono. 1995. *Buku teknik Sipil*. Bandung: NOVA
- Kusumadi, Drs, MT. 2007. *Teknologi Bahan I*. Medan: Politeknik Negeri Medan.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.  
[www.google.com](http://www.google.com)

