

**ANALISA PERBANDINGAN BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN
ANTARA BETON RINGAN DAN BETON NORMAL
DENGAN MUTU BETON K-175**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana
Di Universitas Medan Area**



Oleh :

PRIMA OKTORINA LUMBAN GAOL

NIM: 11.811.0028



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/1/24

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

**ANALISA PERBANDINGAN BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN
ANTARA BETON RINGAN DAN BETON NORMAL
DENGAN MUTU BETON K-175**

SKRIPSI

Oleh :

**PRIMA OKTORINA LUMBAN GAOL
NIM: 11.811.0028**

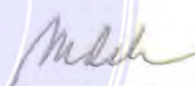
Disetujui :

Pembimbing I



(Ir. Edy Hermanto, MT)

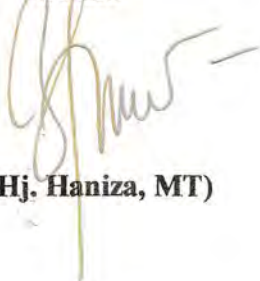
Pembimbing II



(Ir. Nurmaidah, MT)

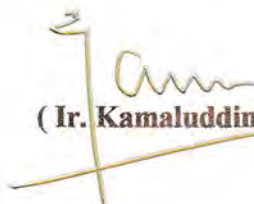
Mengetahui :

Dekan



(Ir. Hj. Haniza, MT)

Ka. Program Studi



(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

Tanggal Lulus :

ABSTRAK

Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat 800 kg/m³ s/d 2000 kg/m³. Penggunaan beton ringan adalah untuk mengurangi berat sendiri dari struktur sehingga komponen struktur pendukungnya seperti pondasinya akan menjadi lebih hemat.

Pada penelitian ini dipergunakan batu apung, karena batu apung mempunyai berat yang ringan. Sehingga didapat beton yang tergolong dalam beton ringan (mempunyai berat 800 kg/m³ s/d 2000 kg/m³). Mutu beton yang direncanakan adalah K-175 kg/cm² pada umur 28 hari. Pengujian kuat tekan dan berat jenis beton dilakukan pada umur 28 hari, dengan menggunakan benda uji silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan batu apung sebagai pengganti kerikil dapat membuat beton menjadi beton ringan. Untuk berat jenis beton ringan dengan batu apung mengalami penurunan sebesar 28,1 %, demikian halnya dengan berat jenis beton ringan dengan penambahan Styrofoam 5% mengalami penurunan sebesar 50,14 %. Hasil pengujian silinder beton menunjukkan penurunan kuat tekan pada umur 28 beton ringan dengan menggunakan batu apung yakni sebesar 49,4 % dari kuat tekan beton normal. Hasil pengujian silinder beton menunjukkan penurunan kuat tekan pada umur 28 beton ringan dengan menggunakan batu apung dan bahan tambah Styrofoam sebanyak 5 % yakni sebesar 50,5 % dari kuat tekan beton normal sedangkan terhadap kuat tekan rencana terjadi penurunan 40,6 % pada umur 28 hari untuk beton ringan dengan menggunakan batu apung dan 70,9 % terjadi penurunan kuat tekan terhadap beton ringan dengan menggunakan batu apung dan penambahan Styrofoam sebanyak 5%.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan berkat rahmat dan Rahmat Nya yang memberikan pengetahuan, kesehatan, kekuatan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik dan tepat waktunya. Skripsi ini berjudul “Analisa Perbandingan Berat Jenis dan Kuat Tekan antara Beton Ringan dan Beton Normal dengan Mutu Beton K-175”. Skripsi ini dimaksudkan adalah sebagai satu diantara syarat untuk menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir untuk memenuhi syarat dalam menenpur ujian Sarjana Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Sesuai dengan judulnya, dalam skripsi ini akan dibahas apakah batu apung dan styrofoam dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi dalam pembuatan beton ringan dan bagaimana pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

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

1. Ibu Ir. Hj. Hanizah, MT Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
2. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT selaku Dosen Pembimbing I;
4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT selaku Dosen Pembimbing II
5. Seluruh Staf pengajar dan pegawai Universitas Medan Area;
6. Ibunda tercinta, kakak, adik, dan seluruh keluarga yang selalu membantu dan memberikan dukungan baik moril dan materil;
7. Teman-teman yang duduk di jurusan Teknik Sipil Stambuk 2011 yang telah banyak membantu dalam bertukar pikiran, dan H. Butar-butar beserta rekan-rekan askum yang selalu memberikan semangat dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Walaupun penulis sudah berupaya semaksimal mungkin, namun penulis juga menyadari kemungkinan masih banyak kekurangan dalam isi laporan ini. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapakan saran-saran dan kritiknya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas ini dapat berguna dan bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Medan, 19Februari 2015

Hormat saya Penulis:



Prima Oktarina Lumban Gaol



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3 Permasalahan	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Defenisi Beton	4
2.2 Kelebihan dan Kelemahan Beton	5
2.3 Klasifikasi Beton	6
2.4 Sifat dan Karakteristik Beton.....	8
2.4.1 Kuat Tekan Beton.....	8
2.4.2 Kemudahan Pekerjaan	9
2.5 Bahan-Bahan Campuran Beton	9
2.5.1 Semen	10
2.5.2 Agregat	10
1. Jenis-jenis Agregat.....	11
2. Susunan Agregat.....	13
3. Gradasi Agregat	14
2.5.3 Bahan Pengganti dan Bahan Tambah	19
2.5.4 Air	22
2.6 Perancangan Campuran Beton.....	22

2.6.1. Standar Deviasi dan Kuat Tekan Rata-rata.....	22
2.6.2. Pemilihan Faktor Air Semen	24
2.6.3. Slump.....	28
2.6.4. Besar Butir Agregat Maksimum.....	28
2.6.5. Kadar Air Bebas	29
2.6.6. Susunan Gradasi Agregat Halus	30
2.6.7. Proporsi Agregat Halus.....	30
2.6.8. Proporsi Agregat Kasar.....	31
2.6.9. Berat Jenis Relatif Agregat.....	32
2.6.10.Koreksi Kadar Agregat Terhadap Kadar Air Lapangan	33
2.7 Pengerjaan Beton	33
2.7.1. Persiapan.....	33
2.7.2. Penakaran.....	33
2.7.3. Pengadukan.....	34
2.7.4. Penuangan.....	34
2.7.5. Pemadatan.....	34
2.7.6. Penyelesaian Akhir.....	34
2.7.7. Perawatan.....	35
2.7.8. Pengujian Kuat Tekan.....	35
BAB III METODELOGI PENELITIAN	37
3.1 Persiapan Bahan.....	37
3.1.1 Spesifikasi Rencana	37
3.1.2 Pengadaan Bahan.....	37
3.1.3 Perencanaan Kebutuhan Alat	38
3.1.4 Bahan yang digunakan	38
3.1.5 Lokasi Penelitian	39
3.2 Metodologi Pemeriksaan Bahan	39
3.2.1 Analisa Ayakan Agregat Halus	40
3.2.2 Analisa Ayakan Agregat Kasar	42
3.2.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus	44

3.2.4	Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar	47
3.2.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	50
3.2.6	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
3.2.7	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	53
3.2.8	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.....	54
3.2.9	Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	55
3.2.10	Teknik Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji	62
3.2.11	Pembuatan Campuran Beton	62
3.2.12	Pemeriksaan Beton	64
3.2.13	Bobot Isi.....	65
3.2.14	Kuat Tekan Beton.....	66

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Nilai Slump	67
4.2	Berat Jenis Beton	68
4.2.1	Berat Jenis Beton Ringan	68
4.2.2	Berat Jenis Beton Ringan dengan Penambahan 5 % Styrofoam	70
4.2.3	Berat Jenis Beton Normal	73
4.3	Kuat Tekan Silinder Beton	76
4.4	Perbandingan Berat Jenis dan Kuat Tekan antara Beton Ringan terhadap Beton Normal dan	82

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84

DAFTAR PUSTAKA.....85

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Kelas dan Mutu Beton	6
Tabel 2.2 : Perkembangan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur.....	8
Tabel 2.3 : Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Benda Uji	8
Tabel 2.4 : Pengaruh Sifat Agregat Pada Beton	11
Tabel 2.5 : Jenis Agregat Berdasarkan kepadatannya	12
Tabel 2.6 : Ukuran Agregat	13
Tabel 2.7 : Batas Gradasi Agregat Halus	15
Tabel 2.8 : Susunan Besar Butiran Agregat Kasar	28
Tabel 2.9 : Komposisi Kimia Batu Apung	20
Tabel 2.10 : Faktor Pengali Standar Deviasi	24
Tabel 2.11 : Mutu Pelaksanaan diukur dengan Deviasi Standar (S)	24
Tabel 2.12 : Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan FAS 0.5 dan Jenis Semen serta Agregat Kasar Yang biasa dipakai di Indonesia	25
Tabel 2.13 : Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS Maks. untuk berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus.....	27
Tabel 2.14 : Nilai – nilai Slump Dalam Berbagai Pekerjaan Beton	28
Tabel 2.15 : Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan Adukan	29
Tabel 2.16 : Daftar Peralatan	38
Tabel 3.1 : Data Pemeriksaan Hasil Analisa Agregat Halus	41
Tabel 3.2 : Data Pemeriksaan Hasil Analisa Agregat Kasar	43
Tabel 3.3.: Data Pemeriksaan Hasil Analisa Agregat Kasar batu Apung	43
Tabel 3.4 : Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya serap Agregat Halus	46
Tabel 3.5 : Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya serap Agregat Kasar	48
Tabel 3.6: Data Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya serap Agregat Batu Apung.....	49
Tabel 3.7 : Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	51
Tabel 3.8 : Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	52
Tabel 3.9 : Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Batu Apung	52

Tabel 3.10 : Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	53
Tabel 3.11 : Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	54
Tabel 3.12 : Data Pemeriksaan Kadar Air Batu Apung.....	55
Tabel 3.13 : Form Mix design K. 175 Beton Normal	59
Tabel 3.14 : Form Mix design K. 175 Beton Ringan dengan Agregat Kasar Batu Apung	60
Tabel 3.15: Form Mix design K. 175 Beton Ringan dengan Bahan tambah Styrofoam	61
Tabel 4.1 : Nilai Slump	67
Tabel 4.2.1: Berat Jenis Beton Ringan	69
Tabel 4.2.2: Berat Jenis Beton Ringan dengan Penambahan Styrofoam 5 %	71
Tabel 4.2.3 : Berat Jenis Beton Normal	73
Tabel 4.2.4 : Gabungan Berat Jenis Beton Normal, Beton Ringan, serta beton ringan dengan penambahan Styrofoam 5 %	75
Tabel 4.3.1 : Hasil Kuat Tekan Beton Normal	77
Tabel 4.3.2 : Hasil Kuat Tekan Beton Ringan.....	78
Tabel 4.3.3 : Hasil Kuat Tekan Beton Ringan dengan Penambahn 5 % Styrofoam 6	80
Tabel 4.4.1 : Perbandingan Berat Jenis	82
Tabel 4.4.2 : Perbandingan Kuat Tekan	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Gambar Terjadinya Beton	4
Gambar 2.2 : Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 1	15
Gambar 2.3: Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 2	16
Gambar 2.4 : Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 3	16
Gambar 2.5: Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 4	17
Gambar 2.6 : Batu Apung dengan Ukuran Maksimum 40 mm.....	19
Gambar 2.7 : Styrofoam (Gabus putih pembungkus alat elektronik).....	21
Gambar 2.8 : Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan FAS.....	26
Gambar 2.9 : Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	30
Gambar 2.10 :Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	31
Gambar 2.11 :Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	31
Gambar 2.12 :Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah Selesai dipadatkan.....	32
Gambar 2.13 :Diagram Pelaksanaan Pekerjaan Beton	36
Gambar 3.1 : Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Halus	41
Gambar 4.1 :Penurunan Nilai Slump antara beton normal dengan beton ringan dan beton ringan + Styrofoam	68
Gambar 4.2 : Grafik Hasil Berat Jenis Beton Ringan.....	70
Gambar 4.3 : Grafik Berat Jenis beton ringan, serta beton dengan penambahan 5 % Styrofoam.....	72
Gambar 4.4 : Grafik Hasil Berat Jenis Beton Normal.....	74
Gambar 4.5 :Grafik Berat Jenis Beton Normal, beton ringan, serta beton ringan dengan penambahan 5 % Styrofoam	76
Gambar 4.6 :Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Normal	78
Gambar 4.7 :Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Ringan	79

Gambar 4.8 :Grafik Hasil Kuat Tekan Beton ringan dengan penambahan 5 % Styrofoam	81
Gambar 4.9 :Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Keseluruhan	81
Gambar 4.10 :Grafik Hasil Penurunan Berat Jenis Rata-rata Beton Gabungan	82
Gambar 4.11 : Grafik Hasil Penurunan Kuat Tekan Rata-rata Beton Gabungan	83



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air sehingga membentuk suatu massa mirip batuan. Beton merupakan material struktur yang sangat luas penggunaannya. Menurut berat satuannya beton dapat dibedakan atas beton normal dan beton ringan. Pada dewasa ini banyak bangunan yang rusak akibat gempa. Ini dikarenakan konstruksi beton itu berat, sehingga jika ada gempa maka gaya gempa akan sangat bergantung pada 2 hal yakni percepatan gempa dan bangunan itu sendiri. Semakin berat bangunan atau semakin besar percepatan gempa maka gaya gempa yang timbul semakin besar. Percepatan gempa tidak bisa kita pengaruhi. Sedangkan berat gempa bisa didesain dengan memakai bahan yang ringan. Lazimnya beton yang biasadigunakan mempunyai berat 2400 kg/m³, akan tetapi saat ini sudah sangat berkembang beton yang mempunyai berat yang lebih ringan.

Pertimbangan penggunaan beton ringan adalah agar beban konstruksi menjadi lebih kecil. Beton ringan untuk komponen struktur harus memenuhi persyaratan kekuatan material struktur. Pengurangan berat satuan beton dapat dilakukan dengan membuat beton dari agregat ringan, penambahan udara atau penambahan material yang mempunyai berat satuan yang kecil. Pada saat ini telah dikembangkan beton ringan yang dibuat dari campuran air, semen, batu apung, pasir, dan styrofoam atau yang dikenal dengan gabus putih. Penggunaan batu apung dan styrofoam dalam beton ringan dapat dianggap sebagai rongga udara, namun batu apung dan styrofoam memiliki butiran yang kedap air. Batu apung ini digunakan sebagai pengganti agregat kasar karena batu ini mudah ditemukan dan merupakan kekayaan alam yang kita miliki. Batu apung adalah material yang untuk mendapat beton yang tergolong dalam beton ringan dengan berat 800 kg/m³ s/d 2000 kg/m³. Beton dengan batu apung dan penambahan Styrofoam dalam agregat halus, berat satuannya dapat dibuat jauh lebih kecil dibandingkan dengan beton normal. Kekuatan beton berkaitan dengan berat jenis dan kuat tekan beton, Untuk mengetahui perbandingan berat jenis dan kuat tekan antara beton ringan dan beton normal dengan pengantian agregat kasar dengan batu apung dan penambahan Styrofoam terhadap agregat halus maka perlu dilakukan penelitian.

1.2.Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk meneliti perbandingan berat jenis dan kuat tekan beton ringan yang akan dibuat dengan menggunakan batu apung sebagai pengganti agregat kasar dan Styrofoam sebagai bahan tambah untuk agregat halus dan sebagai bahan pembandingnya adalah beton normal dengan mutu K 175.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan berat jenis dan kuat tekan dari beton ringan yang akan dibuat dengan menggunakan batu apung dan styrofoam, dan sebagai bahan pembandingnya digunakan beton normal dengan mutu beton yang sama yakni K 175. Dari penelitian ini kita akan mendapatkan kesimpulan hasil perbandingan beton ringan dengan beton normal

1.3.Permasalahan

Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- a) Bagaimana pengaruh batu apung dan styrofoam terhadap mutu beton ringan
- b) Apakah Styrofoam yang ditambahkan pada adukan beton dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk agregat halus dalam pembuatan beton serat dan bagaimana pengaruhnya terhadap mutu beton
- c) Apakah hasil yang didapat mempengaruhi kuat tekan beton

1.4.Pembatasan Masalah

Untuk membatasi luasnya ruang lingkup masalah maka dibuat pembatasan masalahnya, yaitu:

1. Mutu beton yang direncanakan adalah K 175 kg/cm², pada umur 28 hari.
2. Menggunakan Material
 - a. Untuk beton normal : batu pecah dan pasir
 - b. Untuk beton ringan : batu apung sebagai pengganti aggregate kasar, pasir dan penambahan Styrofoam sebanyak 5 % dari jumlah total agregat halus.
3. Standard pengujian adalah ASTM standard SNI dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI ' 71)
4. Perawatan beton dengan cara perendaman dalam air di bak perendaman

5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari masing-masing 20 buah sample untuk setiap variasi beton. Total untuk keseluruhan sampel dalam setiap variasi beton adalah 60 benda uji.
6. Nilai ekonomis tidak dihitung.

5

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian dan penulisan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi:

- a. Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan teknologi beton, khususnya dalam pembuatan beton ringan, sehingga nantinya dapat diperoleh beton ringan dengan mutu tinggi.
- b. Untuk menambah ilmu pengetahuan, wawasan, dan pembeding kelak dalam perkembangan teknologi beton.
- c. Dapat membantu mahasiswa lainnya sebagai referensi atau contoh apabila mengambil topik yang sama.

1.6. Metodologi

Teknik Pengumpulan Data

- a. Mengadakan studi pendahuluan.
- b. Menggunakan peralatan laboratorium sebagai tempat penelitian.
- c. Mengadakan studi kepustakaan.
- d. Melaksanakan penelitian dan pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil USU.

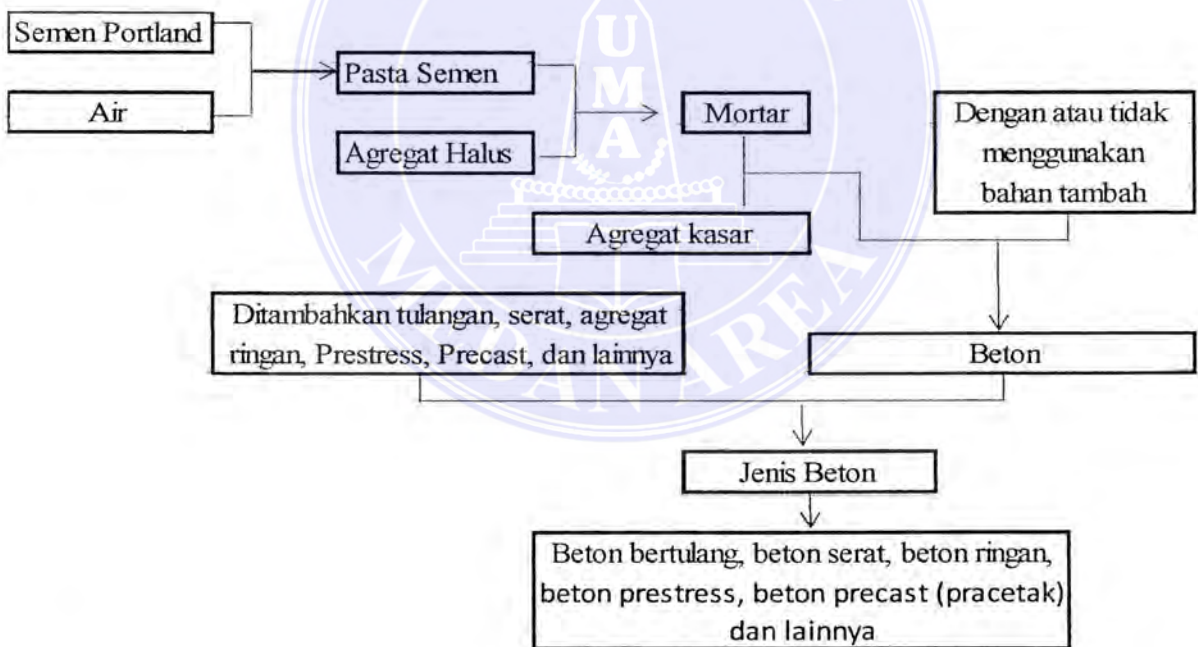
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DefenisiBeton

Beton didefinisikan sebagai campuran semen Portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Dalam melakukan campuran beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang diisyaratkan dan memenuhi persyaratan kelayakan yang dapat memnuhi kriteria ekonomi. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton. Proses terbentuknya beton dapat dilihat pada bagan ini.

Gambar 2.1 Gambar terjadinya beton



Parameter yang mempengaruhi kekuatan beton adalah

1. Kualitas semen
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekuatan dan kebersihan agregat
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton
7. Perawatan beton
8. Kandungan klorida tidak boleh melebihi 0.15 % dalam beton dan diekspos dan 1 % bagi beton yang tidak diekspos.

2.2 Kelebihan dan Kelemahan Beton

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksana pekerjaan beton langsung. Secara umum kelemahan dan kelebihan beton adalah:

1. Kelebihan
 - a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
 - b. Mampu memikul beban yang berat
 - c. Tahan terhadap temperature yang tinggi
 - d. Biaya pemeliharaan yang kecil
2. Kekurangan
 - a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
 - b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
 - c. Beton memiliki berat sendiri yang lebih besar untuk memikul beban yang sama.
 - d. Daya pantul suara yang besar
 - e. Kecilnya kuat tarik pada beton biasa (normal)

Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, pondasi, jalan, jembatan, struktur parkir dan masih banyak lagi.

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 dinyatakan dengan huruf "K" (sesuai PBI' 71) dan "fc" (sesuai SNI ' 91), dengan angka dibelakangnya 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 dijadikan menjadi beton biasa yang siap pakai, beton yang dibuat dilapangan, beton pracetak dan beton prategang. Klasifikasi beton berdasarkan :

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

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ_{bk} (kg/cm ²)	Σ_{bm} dengan Sd:46 (kg/cm ²)	Pemakaian	Pengawasan	
					Mutu Agr.	Kek. Tekan
I	BO	-	-	Non struktur	Ringan	-
	B1	-	-	struktur	sedang	-
II	K-125	125	200	struktur	ketat	kontiniu
	K-175	175	250	struktur	ketat	kontiniu
	K-225	225	300	struktur	ketat	kontiniu
III	>K 225	>225	>300	struktur	ketat	kontiniu

Sumber : PBI 1971

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa :

- a. Beton kelas I : beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural
 - b. Beton kelas II : beton pekerjaan struktural secara umum
 - c. Beton kelas III : beton untuk pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kuat desak karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm²
2. Menurut kekasarannya
 - a. Beton segar : masih dapat dikerjakan
 - b. Beton hijau : beton yang baru saja dituang dan segera harus dipadatkan
 - c. Beton muda : 3 hari < 28 hari
 - d. Beton keras : umur > 28 hari

3. Menurut cara pengecorannya:

- a. Cara setempat (insitu) : tidak dipindahkan / tetap disitu
- b. Cara eksitu ditempat : tidak langsung pada fungsi (dibuat di tempat lain).
- c. Pabrikasi / pracetak : dirancang, dicetak dibuat dipabrik
- d. Beton siap pakai : beton dirancang khusus dengan mutu berat dengan suhu tinggi

4. Menurut Berat Jenisnya

1) Beton Ringan

Merupakan Beton yang diproduksi dengan menggunakan agregat ringan. Biasanya beton jenis ini digunakan atas pertimbangan ekonomis dan struktural. Berat jenis agregat ringannya sekitar 1900 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan dan strukturnya yang berkisar antara 1440 – 1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa (ACI-318). SNI memberikan batasan kriteria beton ringan sebesar 1900 kg/m³.

Beton ringan memiliki densitas < 1.8 gr/cm³, kekuatan sangat bervariasi dan sesuai dengan penggunaan dan pencampuran bahan aduknya. Jenis beton ringan ada dua, yakni:

- a. Beton ringan berpori (aerated concrete) adalah beton yang dibuat agar strukturnya terdapat banyak pori. Bahan baku dari campuran ini adalah semen, pasir, gypsim CaCO₃ dan katalis aluminium. Katali Al menimbulkan gelembung gas H₂O, CO₂ sehingga menimbulkan jejak pori dalam beton yang sudah mengeras. Semakin banyak gas yang dihasilkan akan semakin banyak pori yang terbentuk dan beton akan semakin ringan.
- b. Beton ringan tidak berpori (non aerated concrete) pada beton ini ditambahkan agregat ringan dalam pembuatannya, seperti batu apung, serat sintetis dan alami, slag baja, perlite dan lain-lain.

2) Beton Normal

Merupakan beon yang diproduksi dengan menggunakan agregat normal. Berat jenis ini memiliki berat isi sebesar 2200 – 2500 kg/m³, dengan kuat tekan sebesar 15-40 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.

3) Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat lebih besar dari beton normal yakni lebih dari 2400 kg/m³. Beton jenis ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.

2.4 Sifat dan karakteristik Beton

2.4.1 Kuat tekan beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur ASTM C-39 pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

dimana: σ_b : kuat tekan
 P : Beban
 A : Luas penampang

Tabel 2.2. Perkembangan kuat tekan beton pada berbagai umur

Umur Beton	3	7	14	21	28
Semen Portlan biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00
Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00

Sumber: PBI – 1971

Tabel 2.3. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai benda uji

Benda Uji	Perbandingan kuat tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder \varnothing 15 x 30 cm	0,83

Sumber : PBI - 1971

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

a. Bahan-bahan campuran

- 1) Semen
- 2) Air
- 3) Bahan pembantu
- 4) Agregat
 - a) Ukuran maksimum
 - b) Bentuk
 - c) Gradasi
 - d) Perbandingan agregat kasar : agregat halus
 - e) Susunan permukaan
 - f) Daya serap

b. Kondisi Lingkungan sekeliling

- 1) Suhu
- 2) Kelembapan
- 3) Kecepatan angin

c. Waktu

Peran waktu sangat besar terhadap kemudahan pengerjaan beton. Waktu yang dimaksud meliputi waktu pengadukan, waktu pengecoran, dan juga waktu pemadatan.

2.5. Bahan – bahan Campuran Beton

Beton terutama terdiri dari tiga bahan yaitu semen, air, dan agregat dan jika diperlukan bahan pembantu (admixture) untuk merubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Pada umumnya beton mengandung rongga udara sekitar 1 % - 2 %, pasta semen (semen dan air) sekitar 25 % - 40 %, dan agregat (agregat halus dan kasar) 60 % - 75 %. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.

2.5.1. Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Semen merupakan hasil industri yang kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir – butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga – rongga udara di antara butir – butir agregat. Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Semen Portland dibagi menjadi lima :

- 1) Tipe I, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Dipergunakan untuk pekerjaan bangunan dan beton secara umum.
- 2) Tipe II, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus menerus berhubungan dengan air kotor dan air tanah
- 3) Tipe III, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Dipergunakan untuk pekerjaan beton di daerah yang bersuhu rendah (mempunyai musim dingin) terutama di daerah yang beriklim dingin.
- 4) Tipe IV, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Dipergunakan untuk pembuatan beton atau bangunan yang berukuran besar dengan tebal lebih dari 2.00 m dan massif.
- 5) Tipe V, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Dipergunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sifat alam persentase yang tinggi.

2.5.2. Agregat

Agregat yang banyak digunakan pada campuran beton sifatnya yang ekonomis adalah pasir dan kerikil. Pasir dan kerikil diperoleh dari lubang-lubang galian atau

dikeruk dari dasar sungai atau dasar laut. Agregat ini menempati kira-kira 70% - 75 % volume beton. Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Batuan yang baik dipakai sebagai agregat adalah butiran-butiran yang keras, kompak, tidak pipih dan kekal (volume tidak berubah karena pengaruh cuaca dan keadaan sekelilingnya). Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan, kuat, tahan lama dan ekonomis. Pengaruhnya bias dilihat di tabel berikut:

Tabel. 2.4. 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 (durability)

Sumber: Andi - Teknologi Beton, 2007

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa sifat agregat sangat mempengaruhi sifat beton yang kan dibuat. Sehingga bentuk, tekstur dan gradasi agregat berpengaruh langsung terhadap sifat beton yang terjadi. Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, yang berupa butiran atau pecahan, yang termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi, abu (debu) agregat. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa alami dan buatan. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Jenis – jenis Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan menurut kriteria dibawah ini:

a) 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 sebaliknya dengan agregat kasar. Agregat dapat diambil dari batuan alam yang ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. Berdasarkan produksinya agregat dibagi menjadi:

b) Agregat Alam

Agregat alam diambil dari endapan alam tanpa merubah keadaan aslinya selama produksi, kecuali pemecahan, penyaringan, penentuan ukuran butir atau pencucian. Dalam kelompok ini batu pecah, kerikil dan pasir merupakan agregat alam yang bisa digunakan, sedangkan kerikil bentuknya tidak teratur atau bulat.

c) 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.

d) Kepadatan Agregat

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

Tabel 2.5. Jenis Agregat berdasarkan Kepadatannya

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

Sumber :Andi - Teknologi Beton, 2007

2. Susunan Agregat

1. Ukuran Butiran maksimum Agregat

Tabel 2.6. Ukuran Agregat

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

Sumber : Teknologi Bahan 2

Ukuran fraksi dari agregat kasar

- i. 40 mm – 20 mm
- ii. 20 mm – 10 mm
- iii. 10 mm – 5 mm

Dari tabel dapat dilihat ukuran butir agregat. Hal yang sering dipertanyakan dalam ukuran butir maksimum adalah mana yang terbaik untuk digunakan, ukuran maksimum yang kecil atau yang besar. Secara umum dipakai agregat yang maksimum ukurannya karena biasanya yang paling ekonomis, 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, bentuk tekstur permukaan butir juga penting untuk dipelajari.

- a. 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 dengan posisi horizontal selama pemadatan, mengakibatkan terjebaknya air dan buih udara dibawahnya, yang disebut water gain. Hal ini akan mengurangi ketahanan karena merupakan kelemahan.

- b. Indeks Panjang : butir disebut memanjang bila panjang nya (dimensi terbesar) lebih dari 1.8 kali ukuran nominal. Prinsip sama dengan indeks pipih. Penanganan diperlukan apalagi bila butirnya pipih dan memanjang.
- c. Angka angularitas : ditentukan dari proporsi ruang kosong agregat serta ukuran setelah dipadatkan dengan cara tertentu. Ini mengindikasikan deviasi dari kebulatan butir.

3. Gradasi Agregat

Gradasi Agregat dibagi menjadi 2 (dua) macam yaitu agregat halus dan agregat kasar. Berikut penjabarannya:

1. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4.8 mm atau 4.75 mm atau 5.00 mm. agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertinggal diatas ayakan 4.8 mm atau 4.75 mm atau 5 mm. Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus memiliki gradasi butiran yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, agar dapat memiliki daya ikat antara butiran dan mengurangi semen. Butiran yang kecil akan mengisi pori-pori antara butiran besar, sehingga akan diperoleh bahan campuran yang padat dan volume pori sekecil mungkin. Pengukuran besar butir agregat didasarkan atas suatu pemeriksaan yang dilakukan dengan menggunakan alat yang berupa ayakan dengan besar lubang yang telah ditetapkan.

Agregat dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti dalam Tabel 2.7 tabel tersebut dijelaskan dalam gambar 2.2.sampai 2.5.

Tabel 2.7. Batas Gradasi Agregat Halus

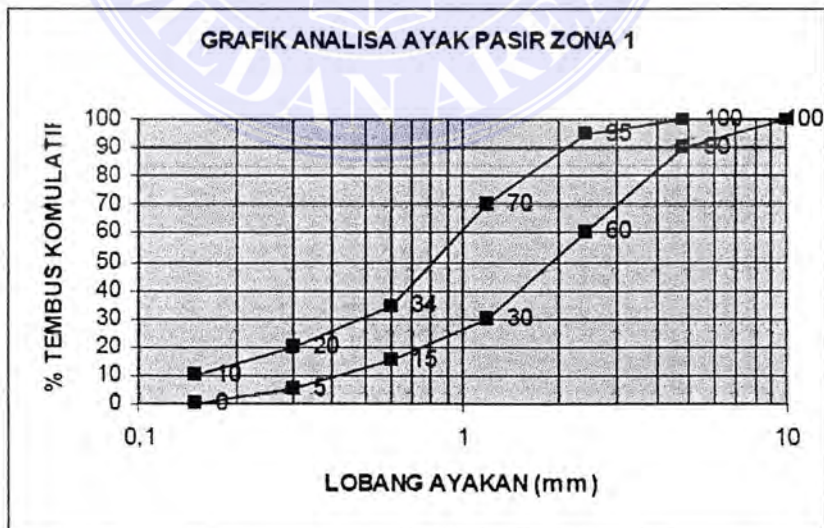
Lubang Ayakan (mm)	Persen Lewat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
Pan	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SNI

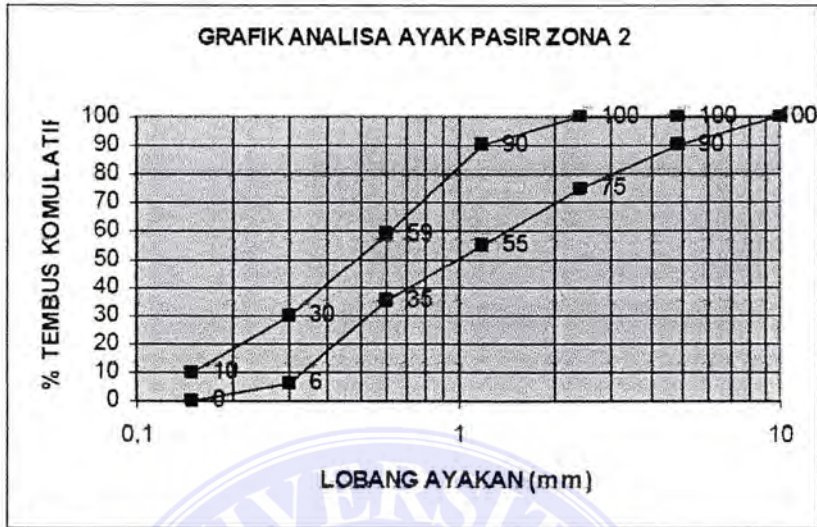
Keterangan :

- o Daerah Gradasi I = Pasir kasar
- o Daerah Gradasi II = Pasir agak kasar
- o Daerah Gradasi III = Pasir halus
- o Daerah Gradasi IV = Pasir agak halus

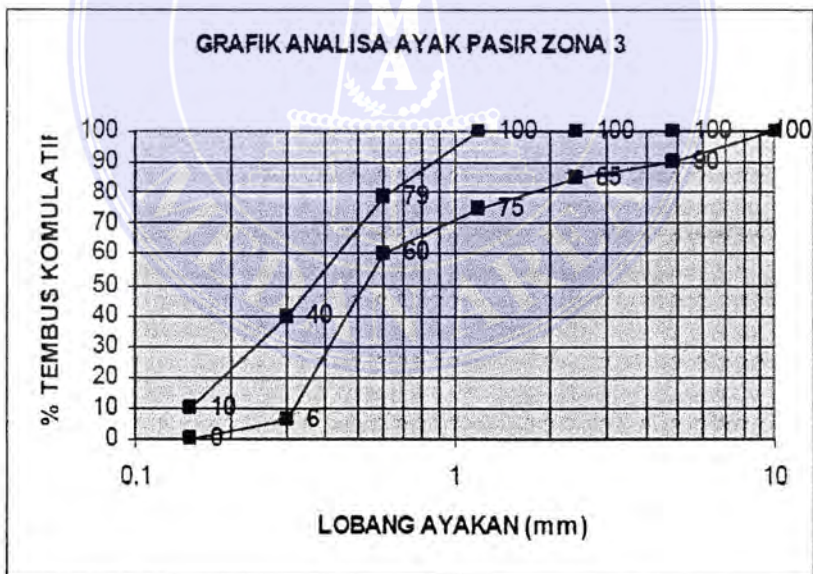
Gambar 2.2. Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 1



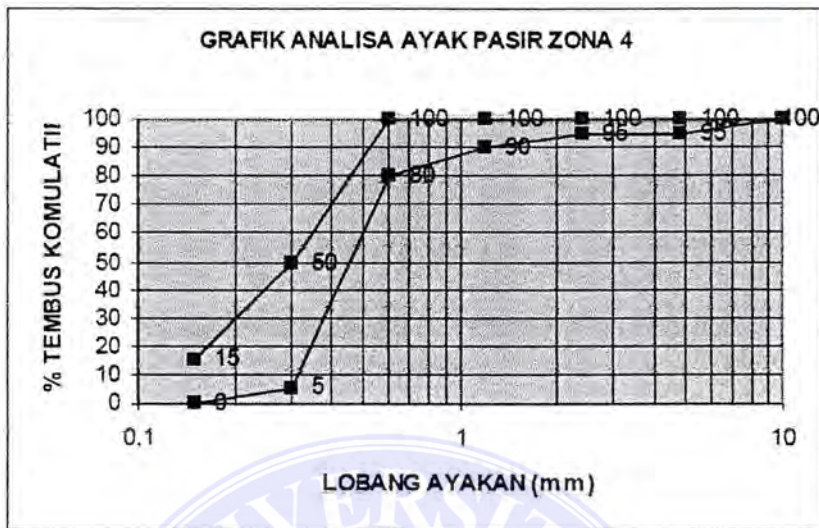
Gambar 2.3. Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 2



Gambar 2.4. Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 3



Gambar 2.5. Grafik Analisa Ayak Pasir Zona 4



Ukuran butir agregat didefinisikan sebagai butiran yang dapat lolos pada suatu ukuran ayakan tertentu. Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan 4.8 mm. Agregat halus disebut juga pasir, pasir diperoleh langsung dari dasar sungai dan galian ataupun berasal dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butirannya lebih kecil dari 1.20 mm disebut pasir halus. Didalam beton, agregat halus dan agregat kasar mengisi sebagian volume beton, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat mempengaruhi sifat dan mutu beton. Penggunaan agregat dalam beton adalah :

- a. Untuk menghemat penggunaan semen Portland
- b. Untuk menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
- c. Untuk mengurangi susut pengerasan beton
- d. Untuk mencapai susunan yang dapat pada beton, dengan gradasi agregat yang baik akan didapat beton yang padat pula
- e. Mengontrol sifat dapat dikerjakan (workability) adukan beton.

2. Agregat Kasar

Gradasi agregat kasar Kerikil Berasal dari disintegrasasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah yang dihasilkan oleh alat pemecah batu (stone Crusher), dan mempunyai ukuran butiran antara 4.8 mm – 40 mm. aggregate

kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah berasal dari Binjai dengan ukuran maksimum 40 mm

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran yang tertinggal diatas ayakan 4.8 mm s/d 40 mm. Batu adalah agregat yang besar butirannya lebih dari 40 mm. Secara umum agregat kasar sering disebut sebagai kerikil (ukuran butiran antara 5 mm s/d 40 mm), keracak dan batu pecah. Cara yang paling banyak dilakukan untuk membedakan jenis agregat adalah dengan analisa besar butirannya. Pada tabel 2.4 Dapat dilihat ukuran butiran agregat kasar.

Tabel.2.8 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

No. Ayakan	Ukuran Ayakan	% Berat melalui ayakan			
		Agregat Kasar		Agregat halus	
		Batas bawah	Batas atas	Batas bawah	Batas atas
1 in	25	95	100		
¾ in	19				
½ in	12.5	25	60		
3/8 in	10			100	100
No. 4	5	0	10	95	100
No. 8	2.5	0	5	80	100
No. 16	1.2			50	85
No. 30	0.6			25	60
N0. 50	0.3			10	30
N0. 100	0.15			2	10
Pan					

Sumber : Andi - Teknologi Beton, 2007

Didalam beton, agregat halus dan agregat kasar mengisi sebagian volume beton, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat mempengaruhi sifat dan mutu beton. Penggunaan agregat dalam beton adalah :

- a. Untuk menghemat penggunaan semen Portland
- b. Untuk menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
- c. Untuk mengurangi susut pengerasan beton
- d. Untuk mencapai susunan yang dapat pada beton, dengan gradasi agregat yang baik akan didapat beton yang padat pula
- e. Mengontrol sifat dapat dikerjakan (workability) adukan beton.

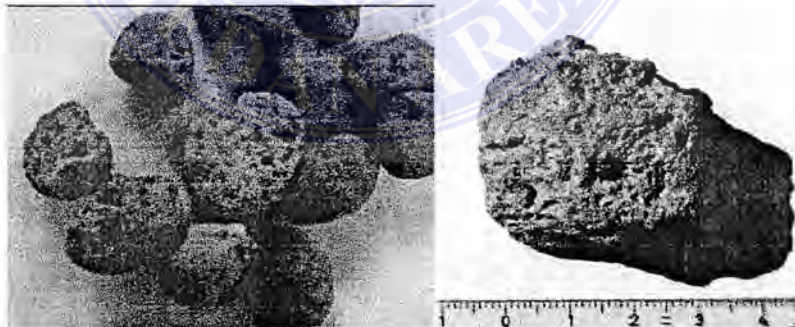
2.5.3. Bahan Pengganti dan Bahan Tambah

Bahan pengganti dan bahan tambah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batu Apung

Batu apung adalah suatu agregat yang berasal dari alam, biasanya berasal dari muntahan lahar gunung berapi, kemudian dilanjutkan proses pendinginan secara alami dan terendapkan didalam lapisan tanah selama bertahun-tahun. Batu apung (pumice) berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Gambar bentuk dari agregat batu apung diperlihatkan pada gambar :

Gambar 2.6. Batu apung dengan ukuran maksimum 40 mm



Batu apung memiliki struktur multi rongga sehingga memiliki densitas yang sangat kecil ($< 1 \text{ gr/cm}^3$). Sifat-sifat yang dimiliki batu apung antara lain: peresapan air (water absorption) 16.67 %, berat jenis 0.8 gr/cm^3 , hantaran suara (sound transmission) rendah, rasio kuat tekan terhadap beban tinggi, konduktivitas

panas (thermall conductivity) rendah, dan ketahanan terhadap api sampai dengan 6 jam.

Adapun kandungan ataupun komposisi kimia yang terdapat didalam batu apung diperlihatkan pada tabel 2.9. terlihat bahwa komposisi dominan dari batu apung berturut-turut adalah SiO_2 , K_2O , Na_2O dan Fe_2O_3 , sedangkan senyawa lainnya relative kecil. Batu apung dapat digunakan sebagai utama untuk pembuatan beton ringan karena mempunyai sifat antara lain

- a. Porositas tinggi
- b. Densitas rendah
- c. Isolasi termal tinggi

Tabel 2.9. Komposisi Kimia Batu Apung

Komposisi	% Berat
SiO_2	59,0
Al_2O_3	16,6
Fe_2O_3	4,8
CaO	1,8
Na_2O	5,2
K_2O	5,4
MgO	1,8
LOI	1,6

Batu apung yang merupakan agregat alamiah yang ringan serta umum penggunaannya. Batu apung yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Tuntungan dan Binjai dengan diameter maksimum 40 mm

2. Styrofoam

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasanya digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_9\text{CH}_2$), yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari

molekul. Penggabungan acak dari benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sehingga hasilnya merupakan *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu, namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah 100oC. *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0,99 GN/m², angka poisson 0,33. Dalam bentuknya yang *granular*, styrofoam atau *expanded polystyrene* memiliki berat satuan yang sangat kecil yaitu berkisar antara 13 – 22 kg/m³. Selain ringan styrofoam juga memiliki kemampuan menyerap air yang sangat kecil (kedap air).

Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan Styrofoam dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah styrofoam mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian, selain akan membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang rapat meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran styrofoam dapat diatur dengan mengontrol jumlah Styrofoam yang digunakan dalam beton untuk memperoleh beton dengan berat satuan yang lebih kecil. Namun kuat tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah.

Gambar 2.7. Styrofoam (gabus putih pembungkus alat elektronik)



2.5.4 Air

Air digunakan untuk membuat adukan menjadi bubur kental dan juga sebagai bahan untuk menimbulkan reaksi pada bahan lain untuk dapat mengeras. Kekuatan dan mutu beton umumnya sangat dipengaruhi oleh air yang digunakan. Air yang digunakan disesuaikan pada batas yang memungkinkan untuk pelaksanaan pekerjaan campuran beton dengan baik. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Sumber – sumber air yang dapat digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang terdapat di permukaan, air hujan, air tanah, air permukaan, dan air laut. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air merupakan bahan yang digunakan untuk berlangsungnya proses bereaksinya hidrasi semen agar semen membentuk pasta yang bisa mengikat agregat dengan stabil.

2.6. Perancangan Campuran Beton

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 beton (*mix design*). Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis serta ekonomis. Dalam menentukan proporsi campuran dapat digunakan beberapa metode yang dikenal antara lain: Metode *American Concrete Institute, Portland Cement Association, Road Note no.4, British standard* atau *Departement of Environment*, Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03), dan cara coba – coba.

Perancangan cara Inggris atau dikenal dengan metode Departemen Pekerjaan Umum yang tertuang dalam SK.SNI.T-15-1990-03 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” merupakan adopsi dari cara *Department of Environment (DoE), Building Research Establishment, Britain*.

2.6.1 Standar 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:

$$s = \frac{\sqrt{\sum_1^N (\sigma b' - \sigma_{bm}')^2}}{N - 1}$$

Dimana:

s = deviasi standar (kg/cm)

σ_b^i = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing – masing benda uji (kg/cm)

σ_{bm}' = kekuatan tekan beton rata – rata (kg/cm)

Menurut rumus:

$$\sigma_{bm}' = \frac{\sum_1^N \sigma b'}{N}$$

Dimana: N = Jumlah seluruh hasil pemeriksaan

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

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1,64 s$$

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

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' + 1,64 s$$

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 s/d 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai standard deviasi dikalikan dengan faktor pengali pada tabel 2.10.

Tabel 2.10. 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 03-2834-1993

Catatan: Nilai yang berada diantaranya dilakukan Interpolasi.

Berbagai mutu pelaksanaan pada berbagai isi pekerjaan dicantumkan dalam tabel.

Tabel 2.11. Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar (s)

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (s) (kg / cm)		
Sebutan	Jumlah Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	/1000	45 / s / 55	55 / s / 65	65 / s / 85
Sedang	1000 – 3000	35 / s / 45	45 / s / 55	55 / s / 75
Besar	/3000	25 / s / 35	35 / s / 45	45 / s / 65

Sumber: PBI 1971

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:

$$\text{Faktor Air Semen} = \frac{\text{Kadar Agregat dalam Kg atau Kg/m}^3}{\text{Kadar Semen dalam Kg atau Kg/m}^3}$$

dengan demikian dalam kadar air termasuk pula 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 demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak terlalu berarti bahwa kekuatan beton semakin

tinggi. Ada batas – batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

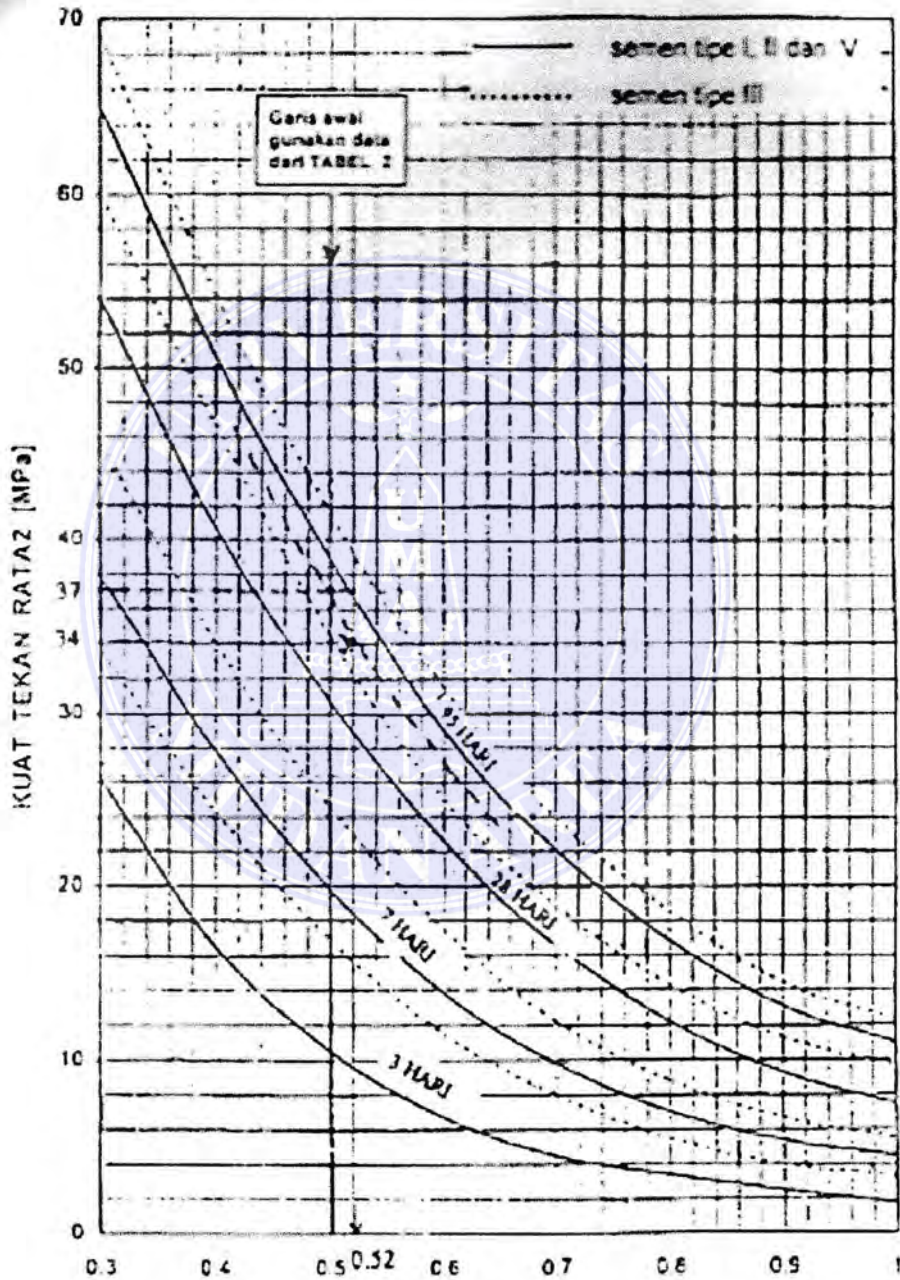
Tabel 2.12.Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0.5 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	Kekuatan Tekan (Mpa) Pada Umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen tahan Sulfat Tipe II,IV	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-1993

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.

Gambar 2.8. Grafik hubungan antara Kuat tekan dan Faktor Air Semen



Sumber SNI 03-2834-1993

Tabel 2.13. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Deskripsi	Jumlah Semen Minimum dalam 1 m ³ beton (kg)	FAS
Beton di dalam ruangan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uang uang korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari terik hujan dan matahari langsung	275	0,6
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air		
a. Air Tawar	275	0,57
b. Air Laut	325	Tabel II
Beton yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah kering berganti-ganti	325	Tabel II
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	

Sumber :SNI 03-2834-1993

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

- 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 Tabel 2.11 dan Gambar 2.9
- Untuk lingkungan khusus, faktor air semen minimum harus memenuhi ketentuan SK SNI untuk beton tahan sulfat dan beton kedap air (PB,1982:21-23).
- Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak terlalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas – batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam

pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

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 2.15.

Tabel 2.14. Nilai-nilai slump dalam berbagai pekerjaan beton

Uraian	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
a. Dinding, pelat pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
b. Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9,0	2,5 7,5
c. Pelat, balok, kolom, dinding	15,0	7,5
d. Perkerasan Jalan	7,5	5,0
e. Pembetonan Massal	7,5	2,5

Sumber PBI-1971

2.6.4 Besar Butir Agregat Maksimum

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

1. $1/5$ (Seperlima) jarak terkecil bidang-bidang samping cetakan
2. $1/3$ (Sepertiga) dari tebal pelat
3. $3/4$ (Tiga perempat) dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

2.6.5 Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan dengan menggunakan daftar berikut :

Tabel 2.15 Perkiraan kadar air bebas (kg/m³) 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 (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 :SNI 03-2834-1993

Catatan:

1. Koreksi suhu diatas 20 C, setiap kenaikan 5 C harus ditambah 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 diatas 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 yang diperoleh dai daftar diatas, dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$$

Dimana :

Wh : Kadar air bebas sesuai dengan jenis agregat halus yang bersangkutan

Wk : Kadar air bebas sesuai dengan jenis agregat kasar yang bersangkutan

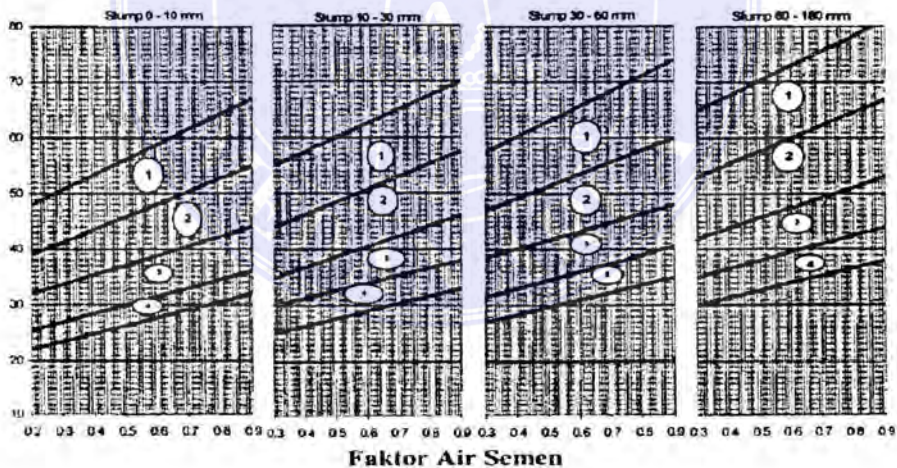
2.6.6. Susunan Gradasi Agregat Halus

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 4 zona yaitu zona 1,2,3 dan 4 (lihat gambar 2.2 s/d 2.5)

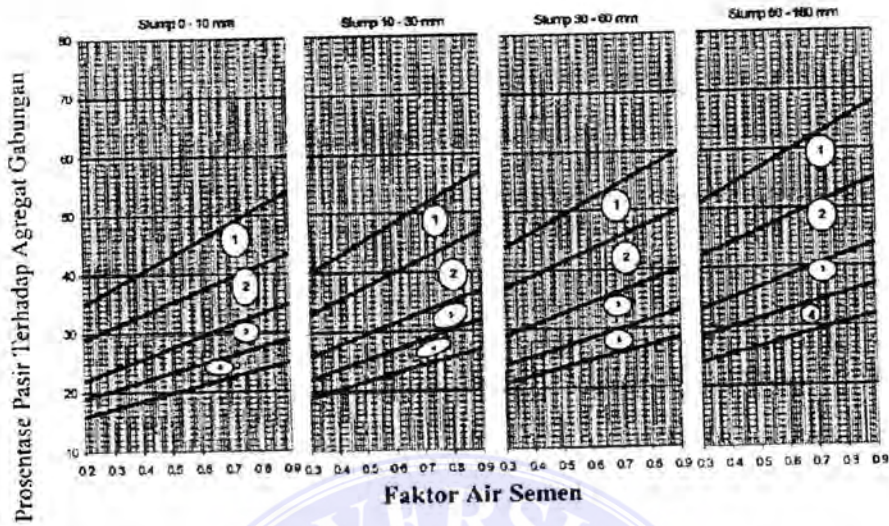
2.6.7. Proporsi Agregat Halus

Proporsi Agregat halus ditentukan oleh nilai ukurab butir maksimum yang dipakai, faktor air semen, dan nilai slump yang digunakan serta zona gradasi agregat halus. Nilai-nilai tersebut kemudian diplotkan dalam gambar berikut.

Gambar 2.9. Grafik Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm



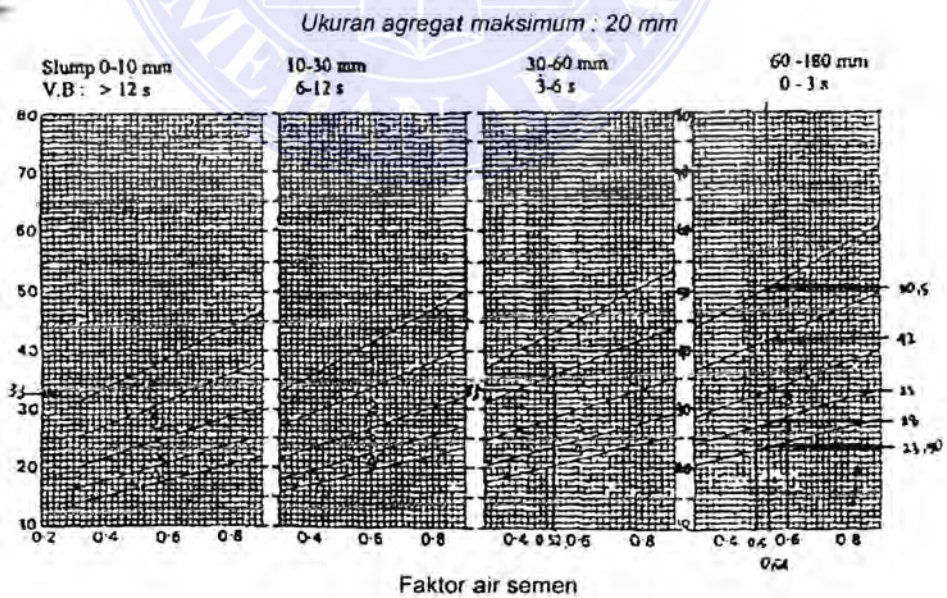
Gambar 2.10. Grafik Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



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.

Gambar 2.11. Grafik Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm



2.6.9. Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relatif agregat ditentukan sebagai berikut:

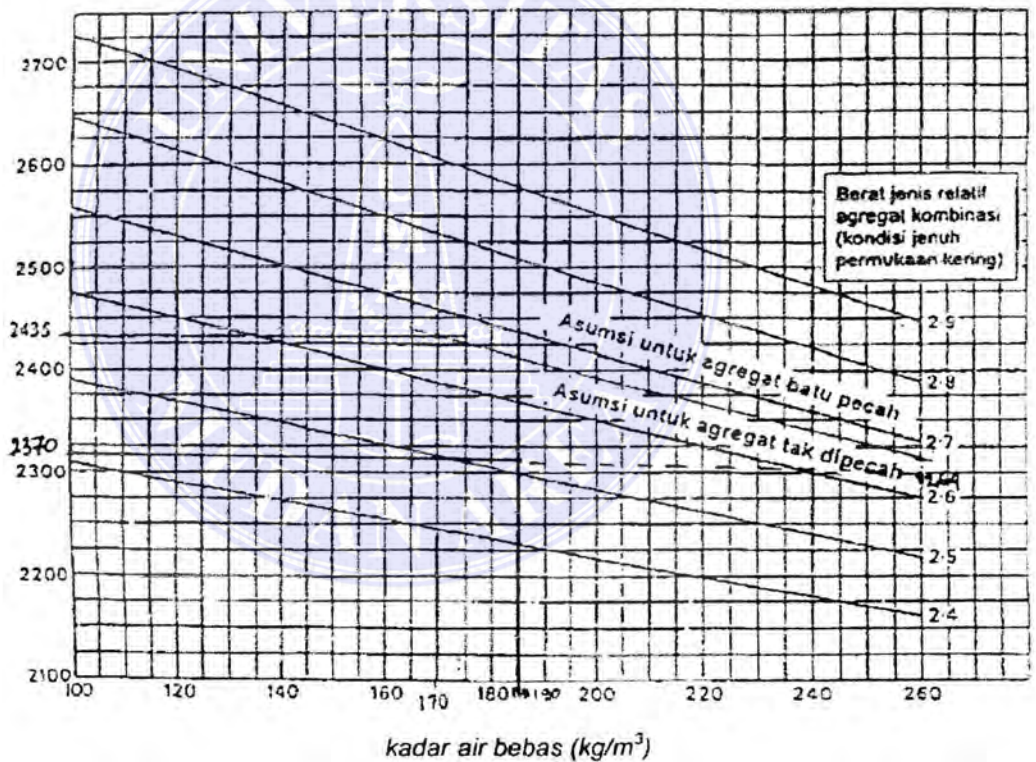
1. Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- Agregat Pecah : 2.6 atau 2.7

2. Berat jenis agregat gabungan (Bj gab) dihitung sebagai berikut:

$$(Bj Ag) = (\% \text{ Agregat halus}) \times (Bj \text{ agr. Halus}) + (\% \text{ Agregat kasar}) \times (Bj \text{ agr. Kasar})$$

Gambar 2.12 Grafik Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan



2.6.10. Koreksi Kadar Agregat Terhadap Kadar Air Lapangan

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

Agregat halus : Kadar Ag. Halus + (KAh-DSH) x Kadar Ag. Halus

Agregat Kasar : Kadar Ag. Halus + (KAk-DSk) x Kadar Ag. Kasar

Air : Kadar Air Bebas - ((KAh-DSH) x Kadar Ag. Halus) -
(KAk-DSk) x Kadar Ag. Kasar

Dimana:

KAh : Kadar air agregat halus (%)

KAk : Kadar air agregat kasar (%)

DSH : Daya serap dari agregat halus (%)

DSk : Daya serap dari agregat kasar (%)

2.7. 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

Hal – hal yang diperhatikan dalam persiapan yaitu:

- Peralatan Bersih
- Ruang tempat pengisian beton bersih
- 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
- 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:

- a. Jumlah batch aduk yang dihasilkan
- b. Proporsi material
- c. Perkiraan lokasi dari tempat penuangan
- d. Waktu dan tanggal pengadukan serta penuangan

2.7.4. Penuangan

Hal – hal yang diperhatikan adalah:

- a. ditempatkan sedekat mungkin dengan lokasi setakan akhir
- b. Dilakukan dengan kecepatan yang diatur
- c. Campuran beton harus bersih
- d. Setelah penuangan campuran dilakukan, pelaksanaan dilakukan tanpa henti
- e. Permukaan acuan rata dengan campuran beton

2.7.5. Pemadatan

Hal – hal yang perlu diperhatikan:

- a. Pada jarak yang berdekatan, pemadatan dengan alat getar dilaksanakan dalam waktu yang pendek
- b. Pemadatan dilakukan secara vertical dan jatuh dengan beratnya sendiri
- c. Tidak menyebabkan Bleeding
- d. Pemadatan merata
- e. Tidak terjadi kontak antara alat getar dengan bekisting
- f. Alat getar tidak berfungsi untuk mengalirkan, mengangkat atau memindahkan beton

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. Alat yang digunakan biasanya ruskam, jidar, dan alat – alat perata lainnya.



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.

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. Pengujian dapat dilakukan dengan core drill dan load test. Setelah data uji tekan diperoleh, maka kuat tekan beton dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Dimana : σ_b : kuat tekan (kg/cm²)

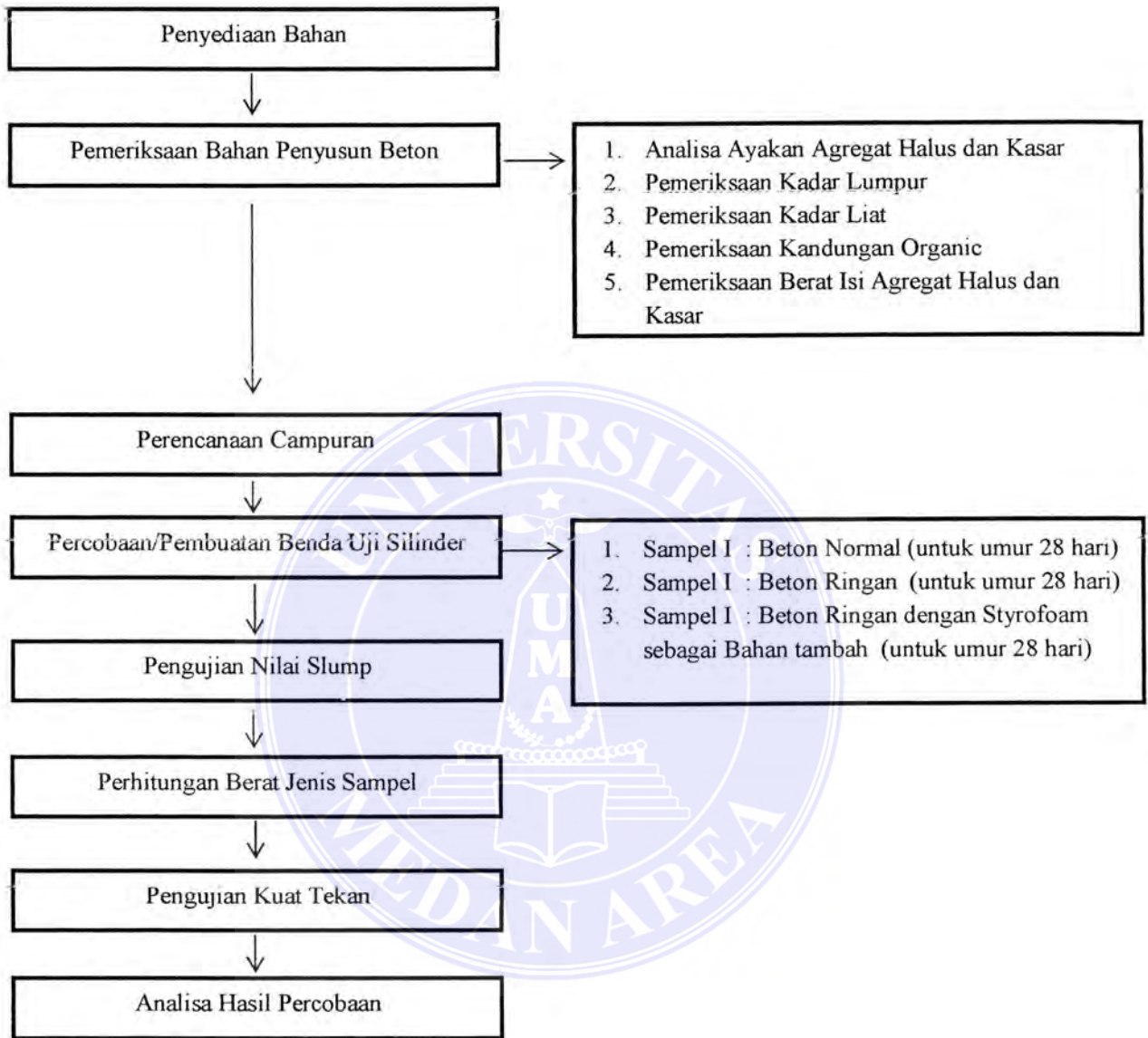
P : beban tekan (kg)

A : luas permukaan benda uji (cm²)

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

$$\sigma_b = \frac{P \times \text{faktor bentuk}}{A \times \text{faktor umur}}$$

Gambar 2.13 Diagram Pelaksanaan Pekerjaan Beton



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

Beton Normal : Semen Portlan Type I, Pasir (alami), batu kerikil (pecah), air berasal dari sumur bor

Beton Ringan : Semen Portlan Type I, Pasir (alami), batu apung uk. Max 40 mm, Styrofoam, air berasal dari sumur bor

3. Jenis Pemeriksaan

a. Agregat halus

- MKB (Modulus Kehalusan Butir)
- Kadar Lumpur
- BJ SSD

b. Agregat Kasar

- MKB (Modulus Kehalusan Butir)
- Kadar Lumpur
- BJ SSD

3.1.2. Pengadaan Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini diambil langsung dari produsen material yang materaila nya berasal dari kota Binjai. Material tersebut berupa pasir, kerikil dan semen, sedangkan batu apung berasal dari Tuntungan. Keseluruhan bahan tersebut kemudian dibawa ke laboratorium untuk kemudian di teliti.

3.1.3. Perencanaan Kebutuhan Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini disediakan oleh laboratorium sipil, berikut beberapa alat yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 2.16. Daftar Peralatan

No	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1	Shieve Shaker	1 bh	Lab. T. Sipil USU
2	Ayakan ASTM	1 set	Lab. T. Sipil USU
3	Oven	1 bh	Lab. T. Sipil USU
4	Duragan Test	1 set	Lab. T. Sipil USU
5	Mould dan Perojok	1 set	Lab. T. Sipil USU
6	Piknometer	1 bh	Lab. T. Sipil USU
7	Kerucut ABRAMS	1 set	Lab. T. Sipil USU
8	Talam	1 bh	Lab. T. Sipil USU
9	Mistar	1 bh	Lab. T. Sipil USU
10	Sendok Semen	3 bh	Lab. T. Sipil USU
11	Compressive Machine	1 set	Lab. T. Sipil USU
12	Timbangan besar	1 bh	Lab. T. Sipil USU
13	Timbangan digital	1 bh	Lab. T. Sipil USU
14	Cetakan Benda Uji	20 bh	Lab. T. Sipil USU
15	Sekop	2 bh	Lab. T. Sipil USU
16	Palu karet	1 bh	Lab. T. Sipil USU
17	Ember	10 bh	Lab. T. Sipil USU
18	Stop Watch	1 bh	Lab. T. Sipil USU
19	Kereta Sorong	1 bh	Lab. T. Sipil USU
20	Molen	1 bh	Lab. T. Sipil USU

3.1.4. Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

i. Semen

1. Jenis : Type I
2. Merk : HOLCIM

ii. Agregat Halus

1. Jenis : Pasir Alam
2. Asal : Binjai

iii. Agregat Kasar (Beton Normal)

1. Jenis : Batu pecah
2. Asal : Binjai

iv. Agregat Kasar (Beton Ringan)

1. Jenis : Batu apung
2. Asal : Tuntungan

v. Air

1. Jenis : Air Sumur Bor
2. Asal : Lab. Beton Teknik Sipil USU

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. Bobot Isi
14. Uji kuat tekan

Berikut dijelaskan procedure pelaksanaan pemeriksaan bahan pembentuk beton yang akan digunakan

3.2.1 Analisa ayakan agregat halus

a. Tujuan:

- 1) Dapat menentukan gradasi agregat halus dengan menggunakan hasil analisa saringan.
- 2) Menghitung modulus kehalusan agregat halus
- 3) Menggambarkan data hasil pemeriksaan ke dalam grafik gradasi.

b. Peralatan:

- 1) Timbangan
- 2) Ayakan standard
- 3) Mesin penggetar ayakan (Sieve Shaker)
- 4) Kuas
- 5) Cawan

c. Bahan:

Pasir

d. Persiapan Benda Uji:

- 1) Saring pasir lolos ayakan No. 4. kemudian timbang pasir seberat ± 1.5 kg
- 2) Keringkan pasir di dalam oven.

e. Prosedur Pelaksanaan:

- 1) Timbang pasir sebanyak 1000 gr
- 2) Saring benda uji sebanyak 1000 gr dengan menggunakan susunan ayakan sebagai berikut : 4mm; 2mm; 1mm; 0.5 mm; 0.25 mm, 0.125 mm, pan
- 3) Pengayakan dilakukan dengan meletakkan susunan ayakan pada mesin sieve shaker, dan agregat digetarkan selama 15 menit
- 4) Bersihkan masing – masing ayakan dimulai dari ayakan teratas dengan kuas cat yang lemas
- 5) Timbang berat agregat yang tertahan di masing – masing lubang ayakan
- 6) Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di masing – masing ayakan terhadap berat total

f. Perhitungan

Kadar MKB (Modulus Kehalusan Butir)

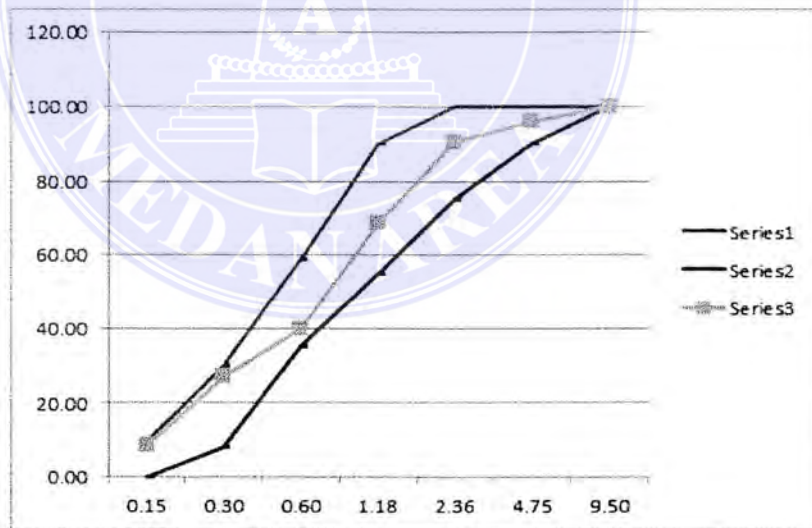
$$\frac{\text{Jumlah Persen Tertahan Kumulatif}}{100}$$

Tabel 3.1. Data pemeriksaan hasil Analisa Agregat Halus

No. Ayakan	Berat tertahan	Kumulatif Berat tertahan	% Tertahan	% Lolos
9,5	0	0	0	100
4,75	40	40	4	96
2,36	55	95	9,5	90,5
1,18	220	315	31,5	68,5
0,6	225	540	54	46
0,3	188	728	72,8	27,2
1,15	187	915	91,5	8,5
Pan	85	1000	100	0
Jumlah	0		263,3	

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar MKB} &= \frac{\text{Total Jumlah \% tertahan}}{100} \\
 &= \frac{263,3}{100} \\
 &= 2,633
 \end{aligned}$$

Gambar 3.1. Grafik Hasil Analisa saringan agregat halus masuk Zona 2



Kesimpulan:

Kadar MKB yang dihasilkan adalah sebesar 3.633 berarti pasir ini memenuhi standard ditinjau dari angka kehalusan (ASTM angka kehalusan 1,5 – 3,8). Pasir ini berada pada lengkung gradasi zone 2.

3.2.2 Analisa ayakan agregat kasar

a. Tujuan:

- 1) Dapat menentukan gradasi agregat kasar (kerikil) dengan menggunakan hasil analisa saringan .
- 2) Menghitung modulus kehalusan agregat kasar.

b. Peralatan:

- 1) Timbangan kapasitas
- 2) Ayakan standard
- 3) Kuas
- 4) Sieve shaker
- 5) Cawan

c. Bahan

- 1) Kerikil

d. Langkah kerja

- 1) Timbang agregat kasar seberat 2000 gr
- 2) Ayak agregat kasar dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 37.5 mm; 19 mm; 9.5 mm; 4.75 mm; pan, kemudian timbang agregat yang tertahan dan catat hasil pengujian
- 3) Pengayakan dilakukan dengan meletakkan susunan ayakan pada mesin sieve shaker, dan agregat digetarkan selama 15 menit
- 4) Bersihkan masing – masing ayakan dimulai dari ayakan teratas dengan kuas cat yang lemas
- 5) Timbang berat agregat yang tertahan di masing – masing lubang ayakan
- 6) Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di masing – masing ayakan terhadap berat total

e. Perhitungan

Kadar MKB (Modulus Kehalusan Butir)

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

Tabel 3.2. Data pemeriksaan hasil Analisa Agregat Kasar

No. Ayakan	Berat tertahan	Persentase Berat tertahan	Kumulatif % Tertahan	Kumulatif % Lolos
37,5	0	0	0	100
19	276	13,8	13,8	86,2
9,5	531	26,55	40,35	59,65
4,75	1164	58,2	98,55	1,45
2	0	0	98,55	1,45
1	0	0	98,55	1,45
0,5	0	0	98,55	1,45
0,25	0	0	98,55	1,45
0,125	0	0	98,55	1,45
Pan	29	1,45	100	0
Jumlah	2000			

$$\begin{aligned} \text{Kadar MKB} &= \frac{\text{Total Jumlah \% tertahan}}{100} \\ &= \frac{645,45}{100} \\ &= 6,45 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Kadar MKB yang dihasilkan adalah sebesar 6.45 berarti agregat kasar ini memenuhi standard ditinjau dari angka kehalusan (ASTM angka kehalusan 6.5-7.5).

Tabel 3.3. Data pemeriksaan hasil Analisa Agregat Kasar Batu apung

No. Ayakan	Berat tertahan	Persentase Berat tertahan	Kumulatif % Tertahan	Kumulatif % Lolos
37,5	0	0	0	100
19	438	21,9	21,9	78,1
9,5	1015	50,75	72,65	27,35
4,75	507	25,35	98	2
2	8	0,4	98,4	1,6
1	0	0	98,4	1,6
0,5	0	0	98,4	1,6
0,25	0	0	98,4	1,6
0,125	0	0	98,4	1,6
Pan	32	1,6	100	0
Jumlah	2000		684,55	

3.2.3. 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:

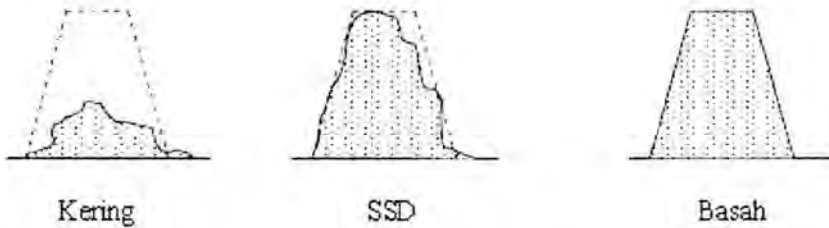
- 1) Timbangan 0.01 gram.
- 2) Kerucut terpancung dan batang penumbuk.
- 3) Saringan no. 4
- 4) Piknometer 1000 ml
- 5) Cawan.
- 6) Oven pengering.

c. Bahan:

- 1) Pasir
- 2) Air

d. Prosedur Pelaksanaan:

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 keadaan SSD
 - i. Masukkan pasir ke dalam mould 1/3 tinggi untuk perataan lalu tumbuk hingga jumlah tumbukan sebanyak 25 kali
 - ii. Masukkan pasir ke dalam mould 2/3 tinggi untuk perataan lalu tumbuk hingga jumlah tumbukan sebanyak 25 kali
 - iii. Masukkan pasir ke dalam mould penuh untuk perataan lalu tumbuk hingga jumlah tumbukan sebanyak 25 kali
 - iv. Bersihkan pasir yang tumpah di sekitar kerucut lalu angkat perlahan-lahan dan benar-benar vertikal
 - v. Periksa bentuk hasil cetakan seperti dibawah ini :



5. Jika ternyata keadaan yang didapat kering, maka lakukan kembali penentuan SSD dengan menambahkan air ke dalam pasir.
6. Jika ternyata keadaan yang didapat basah, maka lakukan kembali penentuan SSD dengan menambahkan pasir kering atau dikeringkan dengan udara.
7. Jika ternyata keadaan SSD sudah didapat, maka pasir dapat dipakai untuk pengujian berat jenis dan daya serap.

Penentuan berat jenis dan daya serap air.

1. Timbang pasir yang sudah dalam keadaan SSD seberat 2×500 gr (untuk 2 kali percobaan). Masukkan kedalam oven sampai beratnya tetap, kemudian timbang beratnya (Bk).
2. Timbang pasir yang dalam keadaan SSD seberat 500 gr dan masukkan ke dalam piknometer.
3. Masukkan air bersih hingga mencapai 90 % isi piknometer.
4. Letakkan piknometer yang berisi pasir dan air tersebut ke dalam alat pompa hampa udara (vacuum) untuk menghilangkan gelembung udara yang ada. Dapat juga dilakukan dengan mengguncang sampai tidak terlihat lagi gelembung udara.
5. Setelah tidak terlihat lagi gelembung udara di dalam piknometer, keluarkan piknometer yang berisi air dan pasir tersebut dari alat pompa hampa udara.
6. Tambahkan air ke dalam piknometer sampai tanda batas.
7. Timbang piknometer berisi air dan pasir tersebut (Bt)
8. Keluarkan benda uji. Bersihkan piknometer.
9. Masukkan kembali air ke dalam piknometer yang telah dikosongkan sampai tanda batas. Kemudian timbang bertanya (B)

f. Perhitungan

- 4. Berat jenis kering oven (Bulk) $\frac{B4}{B3+B1-B2}$
- 5. Berat Jenis SSD $\frac{B1}{B3+B1-B2}$
- 6. Berat Jenis Semu $\frac{B4}{B3+B4-B2}$
- 7. Berat Jenis Efektif $\frac{Bulk+Apparent}{2}$
- 8. 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

Tabel 3.4. Data pemeriksaan berat jenis dan daya serap agregat halus

Berat Sampel : 500 gr		A	B	Rata - rata
Berat benda uji SSD	B1	500	500	500
Berat piknometer + benda uji + Air	B2	981	978	979.5
Berat piknometer + Air	B3	670	676	676
Berat benda uji kering oven	B4	492	494	493

PERHITUNGAN

Berat Jenis Kering oven (bulk)	$B4 / (B3+B1-B2)$	2.523	2.495	2.509
Berat Jenis SSD	$B1 / (B3+B1-B2)$	2.5641	2.525	2.545
Berat Jenis Semu	$B4 / (B3+B4-B2)$	2.631	2.573	2.602
Berat Jenis Efektif	$Bulk + Apparent / 2$	2.577	2.533	2.555
% Absorpsi	$(B1-B4)/B4 \times 100\%$	1.626	1.215	1.42

BJ SSD rata – rata 2.545 syarat (2.5 – 2.8) memnuhi.

BJkering < BJ SSD < BJ semu

2.509 < 2.545 < 2.602

3.2.4. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat kasar

a. Tujuan

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

b. Peralatan

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0.01 gr
- 2) Cawan
- 3) Kain lap
- 4) Gelas ukur
- 5) Duragan test

c. Bahan

- 1) Kerikil
- 2) Air

d. 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 gr
- 2) Rendam kerikil tersebut 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 keadaan tenang
- 6) Masukkan kerikil yang telah mencapai kondisi SSD kedalam keranjang 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 procedure diatas untuk sampel kedua.

e. Perhitungan

1. Berat jenis kering oven (Bulk) $= \frac{B3}{B1-B2}$

2. Berat Jenis SSD $= \frac{B1}{B1-B2}$

3. Berat Jenis Semu $= \frac{B3}{B3-B2}$

4. Penyerapan $= \frac{(B1-B3)}{B3} \times 100\%$

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

Tabel 3.5. Data pemeriksaan berat jenis dan daya serap agregat kasar

Berat Sampel : 1250 gr		A
Berat benda uji SSD	B1	1250
Berat kerikil dalam air	B2	765.5
berat kerikil kering	B3	1242

PERHITUNGAN

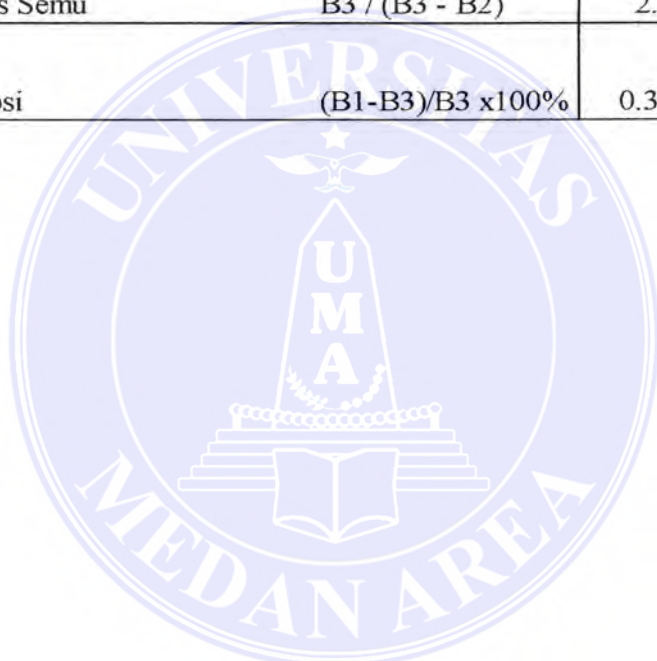
Berat Jenis Kering oven (bulk) : $B3/(B1-B2)$	2.563
Berat Jenis SSD : $B1 / (B1-B2)$	2.58
Berat Jenis Semu : $B3 / (B3-B2)$	2.556
% Absorpsi : $(B1-B3) / B3 \times 100 \%$	0.644

Tabel 3.6. Data pemeriksaan berat jenis dan daya serap batu apung

Berat Sampel : 1250 gr		A
Berat benda uji SSD	B1	1250
Berat kerikil dalam air	B2	367
berat kerikil kering	B3	895

PERHITUNGAN

Berat Jenis Kering oven (bulk)	$B3 / (B1 - B2)$	1.18
Berat Jenis SSD	$B1 / (B1 - B2)$	1.39
Berat Jenis Semu	$B3 / (B3 - B2)$	2.2
% Absorpsi	$(B1-B3)/B3 \times 100\%$	0.396



3.2.5. 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

- 1) Timbangan 0.01 gr
- 2) Oven
- 3) Ayakan no. 200
- 4) Cawan

c. Bahan

- 1) Pasir
- 2) Air

d. 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 sebanyak 500 gr (W1)
- 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 – benar bersih
- 5) Butiran yang tertinggal dalam ayakan dibilas dan dimasukkan dalam bejana. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 ± 5 sampai beratnya tetap
- 6) Timbang berat benda uji (W2)

e. Perhitungan

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

Tabel 3.7. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Berat benda kering oven semula (sebelum dicuci) W1	500 gr
Berat benda uji kering oven tertahan Saringan no. 200 (setelah dicuci) W2	484.85 gr
Kadar lumpur $\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$	3.12

Kesimpulan dari hasil pemeriksaan bahwa material ini dapat digunakan karena memenuhi syarat kadar lumpur $3.12 \% < 5 \%$ (OK)

3.2.6. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

1. Tujuan

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

2. Peralatan

- a. Timbangan 0.01 gr
- b. Oven
- c. Ayakan no. 200
- d. Cawan

3. Bahan

- a. Kerikil
- b. Air

4. Langkah kerja

- a. Menentukan contoh agregat kering 1,25 kali berat benda uji yang akan digunakan dan keringkan dalam oven dengan suhu 100 C sampai beratnya tetap
- b. Timbang benda uji sebanyak 1.000 gr (W1)
- c. Aduk benda uji sampai kelihatan bersih, tuangkan air keruh tersebut ke dalam ayakan, ulangi sampai air benar – benar bersih

- d. Butiran yang tertinggal dalam ayakan dibilas dan dimasukkan dalam bejana. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 ± 5 sampai beratnya tetap
- e. Tibang berat benda uji (W_2)

5. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \%$$

Tabel 3.8. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Berat benda kering oven semula (sebelum dicuci) W_1	1000 gr
Berat benda uji kering oven tertahan Saringan no. 200 (setelah dicuci) W_2	992 gr
Kadar lumpur $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	0.18

Kesimpulan dari hasil pemeriksaan bahwa material ini dapat digunakan karena memenuhi syarat kadar lumpur $0.18 \% < 1 \%$ (OK)

Tabel 3.9. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Batu Apung

Berat benda kering oven semula (sebelum dicuci) W_1	1000 gr
Berat benda uji kering oven tertahan Saringan no. 200 (setelah dicuci) W_2	991 gr
Kadar lumpur $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	0.9

Kesimpulan dari hasil pemeriksaan bahwa material ini dapat digunakan karena memenuhi syarat kadar lumpur $0.9 \% < 1 \%$ (OK)

3.2.7. Pemeriksaan Kadar air agregat halus

a. Tujuan:

- 1) Menentukan kadar air pasir pada saat akan dilakukan pengecoran.
- 2) Menerangkan kegunaan pemeriksaan ini dalam kaitannya dengan perhitungan rancangan susunan campuran beton.

b. Peralatan:

- 1) Timbangan 0.01 gr
- 2) Oven pengering
- 3) Cawan

c. Bahan

Pasir

d. Prosedur Pelaksanaan:

- 1) Timbang pasir yang diambil dari lapangan ± 500 gr (A)
- 2) Masukkan ke dalam oven dengan suhu 100 C selama 24 jam hingga beratnya tetap.
- 3) Keluarkan pasir dari dalam oven , kemudian timbang beratnya. (B)
- 4) Catat hasil yang diperoleh.

c. Perhitungan:

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

Tabel 3.10. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Berat benda kering oven semula (sebelum dicuci) A	1000 gr
Berat benda uji kering oven tertahan Saringan no. 200 (setelah dicuci) B	987 gr
Kadar lumpur $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	1.317

3.2.8. Pemeriksaan Kadar air agregat kasar

a. Tujuan:

- 1) Menentukan kadar air pasir pada saat akan dilakukan pengecoran.
- 2) Menerangkan kegunaan pemeriksaan ini dalam kaitannya dengan perhitungan rancangan susunan campuran beton.

b. Peralatan:

- 1) Timbangan 0.01 gr
- 2) Oven pengering
- 3) Cawan

c. Bahan

Kerikil

d. Prosedur Pelaksanaan:

- 1) Timbang pasir yang diambil dari lapangan ± 1.000 gr (A)
- 2) Masukkan ke dalam oven dengan suhu 100 C selama 24 jam hingga beratnya tetap.
- 3) Keluarkan pasir dari dalam oven , kemudian timbang beratnya. (B)
- 4) Catat hasil yang diperoleh.

e. Perhitungan:

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

Tabel 3.11.. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Berat benda kering oven semula (sebelum dicuci) A	1000 gr
Berat benda uji kering oven tertahan Saringan no. 200 (setelah dicuci) B	997 gr
Kadar lumpur $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	0.301

Tabel 3.12. Data Pemeriksaan Kadar Air Batu Apung

Berat benda kering oven semula (sebelum dicuci) A	1000 gr
Berat benda uji kering oven tertahan Saringan no. 200 (setelah dicuci) B	939 gr
Kadar lumpur $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	6.49

3.2.9. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran benda uji

Adapun langkahnya sebagai berikut :

1. Tentukan kuat tekan beton yang direncanakan sesuai dengan syarat teknik
2. Hitung deviasi standar (s) berdasarkan data yang lalu atau menggunakan tabel 2.11
3. Hitung nilai tambah / margin (m) dimana $m = 1,64 s$
4. Hitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan $\sigma_{bk'} = \sigma_{bm} + 1,64 s$ yaitu langkah (1+3)
5. Tetapkan jenis semen yang digunakan.
6. Tentukan agregat yang digunakan, untuk agregat halus dan agregat kasar Jenis agregat: Kasar = Kerikil alami, Halus = Pasir
7. Tentukan FAS, jika menggunakan gambar 2.9
 - a. Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari berdasarkan jenis semen dan agregat kasar serta rencana pengujian kuat tekan, menggunakan Tabel 2.12 untuk FAS 0,5, sesuai dengan jenis semen dan agregat yang digunakan.
 - b. Lihat (Gambar 2.9).
 - c. Tarik garis tegak lurus pada FAS 0,50 sampai memotong kurva kuat tekan dasar yang ditentukan. Titik potong merupakan bagian dari kurva yang harus dipakai untuk menentukan faktor air semen yang akan digunakan.
 - d. Tarik garis mendatar untuk kuat tekan rata – rata yang ditargetkan langkah (4) sampai memotong kurva tersebut. Kemudian tarik ke bawah hingga didapatkan nilai FAS.
8. Tetapkan FAS maksimum menurut Tabel 2.13 Dari langkah (7) dan (8) pilih yang terendah (minimum).

9. Tetapkan nilai slump. Jika tidak ada yang lalu, ambil dari tabel 2.14
10. Tetapkan ukuran butir nominal agregat maksimum.
11. Tentukan nilai kadar air bebas dari Tabel 2.15 berdasarkan ukuran agregat maksimum, jenis agregat dan nilai slump yang digunakan.
12. Hitung jumlah semen yang besarnya dihitung dari kadar air bebas dibagi Faktor Air Semen (FAS), yaitu langkah (11) / (8).
13. Jumlah Semen maksimum diabaikan jika tidak ditetapkan.
14. Tentukan jumlah semen minimum dari Tabel 2.13
15. Tentukan FAS yang disesuaikan. Jika jumlah semen berubah karena jumlahnya lebih kecil dari jumlah semen maksimum, maka FAS harus dihitung kembali. Jika jumlah semen yang dihitung dari langkah 12 berada diantara maksimum dan minimum, atau lebih besar dari minimum namun tidak melebihi jumlah maksimum kita bebas memilih jumlah semen yang akan digunakan.
16. Tentukan jumlah susunan butir agregat halus, sesuai dengan syarat SK.SNI.T-03-2834-1993 (Lihat syarat zona gradasi agregat halus di gambar 2.2 s/d gambar 2.5).
17. Tentukan persentase agregat halus terhadap campuran berdasarkan nilai slump, FAS, zone gradasi agregat halus dan besar nominal agregat maksimum. (Gambar 2.10 ,2.11 dan 2.12)
18. Hitung berat jenis relatif agregat.
Misal persentase agregat halus = A (dari langkah (17)); maka persentase agregat kasar = 100-A ;
Berat jenis relatif agregat =
$$\frac{[A \times \text{Berat jenis agregat halus}] + [(100-A) \times \text{Berat jenis agregat kasar}]}{100}$$
19. Tentukan berat jenis beton menurut Gambar 2.13, berdasarkan nilai berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas (langkah 11),
20. Hitung kadar agregat gabungan yaitu berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air bebas..Langkah (19) – [(15) + (11)].
21. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikalikan persentase agregat halus dalm campuran. Langkah (20) x (16).
22. Hitung kadar agregat kasar, yaitu agregat gabungan dikurangi kadar agregat halus. Langkah (20) – (21).

Koreksi proporsi campuran

Jika kondisi bahan di lapangan tidak lagi sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan koreksi proporsi campuran. Banyaknya bahan tiap m³ campuran beton:

1. Semen = kadar semen
2. Agregat halus = kadar agregat halus + jumlah air yang terdapat pada agregat halus.
Agregat Halus = Kadar Ag. Halus + [(KA_h - DS_h) x Kadar Ag. Halus]
3. Agregat kasar = kadar agregat kasar + jumlah air yang terdapat pada agregat kasar.
Agregat Kasar = Kadar Ag. Kasar + [(KA_k - DS_k) x Kadar Ag. Kasar]
4. Air = kadar air bebas + koreksi suhu + (jumlah air yang terdapat pada pasir + jumlah air yang terdapat kerikil).

$$\text{Air} = \text{Kadar Air Bebas} - [(KA_h - DS_h) \times \text{Kadar Ag. Halus}] -$$

$$[(KA_k - DS_k) \times \text{Kadar Ag. Kasar}] + \text{Koreksi Suhu}$$

Dimana:

KA_h = Kadar air agregat halus (%)

KA_k = Kadar air agregat kasar (%)

DS_h = Daya serap air dari agregat halus (%)

DS_k = Daya serap air dari agregat kasar (%)

Koreksi suhu = Suhu diatas 18° C, setiap kenaikan 1° C penambahan air 1 Liter

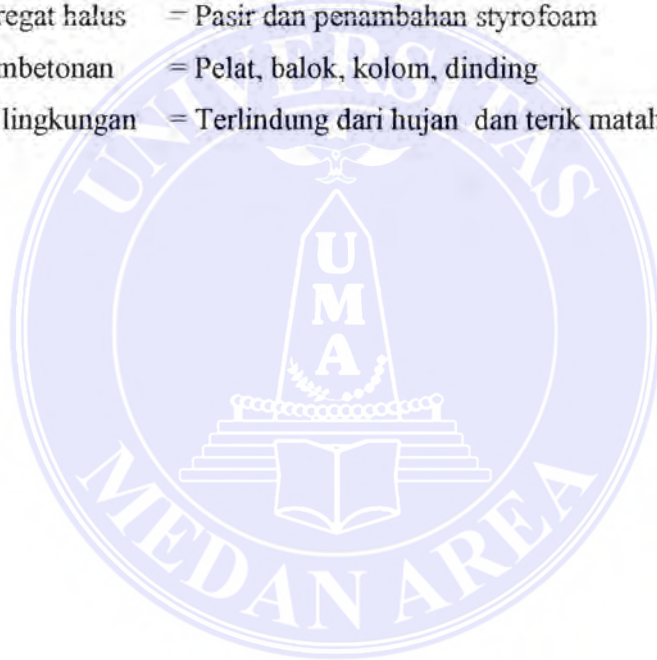
Data Hasil Pemeriksaan Bahan

1. Agregat Halus (Pasir)
 - a. Termasuk daerah gradasi zone 2
 - b. Modulus kehalusan butir (MKB) = 2,63
 - c. Berat jenis pasir (SSD) = 2,58
 - d. Daya serap pasir = 1,41 %
 - e. Kadar air 1 = 1.317 %
2. Agregat Kasar (Kerikil Alami)
 - a. Besar butir maksimum = 40 mm
 - b. Modulus kehalusan butir = 7,43
 - c. Berat jenis kerikil (SSD) = 2,58
 - d. Berat jenis batu apung (SSD) = 1,39

- e. Daya serap kerikil = 0,64 %
- f. Daya serap batu apung = 0.39 %
- g. Kadar air kerikil = 0,302 %
- h. Kadar air batu apung = 6.49 %
- i. Kadar air III = 0,40 % (pengecoran 3)
- j. Kadar air IV = 0,40 % (pengecoran 4)

Parameter yang Digunakan

- 1) Standar deviasi = 60 kg/cm² (mutu pelaksanaan = baik)
- 2) Jenis semen = semen Portland Type I
- 3) Jenis agregat kasar = Kerikil alami, batu apung alami
- 4) Jenis agregat halus = Pasir dan penambahan styrofoam
- 5) Jenis pembetonan = Pelat, balok, kolom, dinding
- 6) Kondisi lingkungan = Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung



Tabel 3.13.FORM MIX DESIGN K – 175 Beton Normal

FORM MIX DESIGN K – 175 Beton Normal				
No	Uraian	Tabael/Grafik	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	175	Kg/cm ²
			Umur 28 hari	
2	Stadar Deviasi Rencana	Ditetapkan/PBI	60	Kg/cm ²
3	Nilai Tambah	1,64xSDr	98.4	Kg/cm ²
4	Kuat rata ² yang hendak dicapai	(1+3)	273.4	Kg/cm ²
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Tipe I	SSD 50
6	Jenis Agregat Halus	Diketahui	Alami	
	Jenis Agregat Kasar	Diketahui	Alami	
7	Faktor Air Semen	Tabel 2.13 atau Grafik 2.9	0.64	
8	Faktor Air Semen Maks.	Ditetapkan/PBI	0.60	
9	Slump	Ditetapkan/PBI	75 – 150	Mm
10	Ukuran Agregat Maks.	Ditetapkan/PBI	40	mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 2.17	185	Kg/m ³
12	Kadar Semen	(11:8)	308.3	Kg/m ³
13	Kadar Semen Minimum	Ditetapkan/PBI	275	Kg/m ³
14	FAS yang disesuaikan	(11:3) bila kadar Semen min. yang dipakai	0.58	
15	Gradasi Agregat Halus	Grafik 2.2 s/d 2.5	Zona 2	
16	Persen Agregat Halus	Grafik 2.3	36 %	
17	Persen Agregat Kasar	100 % - (16)	64 %	
18	BJ Agregat Gab(SSD)	Ditetapkan	2.643	
19	BJ Beton Basah	Grafik	2370	Kg/m ³
20	Kadar Agregat Gabungan	(19-12-11)	1863.33	Kg/cm ³
21	Kadar Agregat Halus	(16 x 20)	670.80	Kg
22	Kadar Agregat Kasar	(17 x 20)	1192.53	Kg

Tabel 3.14.Form Mix Design K 175 Beton Ringan dengan Agregat Kasar B. Apung

FORM MIX DESIGN K – 175 Beton Ringan dengan Agregat Kasar B. Apung				
No	Uraian	Tabel/Grafik	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	175 Umur 28 hari	Kg/cm ²
2	Stadar Deviasi Rencana	Ditetapkan/PBI	60	Kg/cm ²
3	Nilai Tambah	1,64xSDr	98.4	Kg/cm ²
4	Kuat rata ² yang hendak dicapai	(1+3)	273.4	Kg/cm ²
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Tipe I	SSD 50
6	Jenis Agregat Halus Jenis Agregat Kasar	Diketahui Diketahui	Alami Alami/B. Apung	
7	Faktor Air Semen	Tabel 2.13 atau Grafik 2.9	0.57	
8	Faktor Air Semen Maks.	Ditetapkan/PBI	0.60	
9	Slump	Ditetapkan/PBI	60 – 180	Mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan/PBI	40	mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 2.17	185	Kg/m ³
12	Kadar Semen	(11:8)	308.3	Kg/m ³
13	Kadar Semen Minimum	Ditetapkan/PBI	275	Kg/m ³
14	FAS yang disesuaikan	(11:3) bila kadar Semen min. dipakai	0.67	
15	Gradasi Agregat Halus	Grafik 2.2 s/d 2.5	Zona 2	
16	Persen Agregat Halus	Grafik 2.3	39 %	
17	Persen Agregat Kasar	100 % - (16)	61 %	
18	BJ Agregat Gab. (SSD)	Ditetapkan	1.945	
19	BJ Beton Basah	Grafik	1810	Kg/m ³
20	Kadar Agregat Gabungan	(19-12-11)	1316.7	Kg/cm ³
21	Kadar Agregat Halus	(16 x 20)	513.5	Kg
22	Kadar Agregat Kasar	(17 x 20)	803.187	Kg

Tabel 3.15.Form Mix Design K 175 Beton Ringan dengan Bahan tambah Styrofoam

FORM MIX DESIGN K-175 Beton Ringan dengan Bahan tambah Styrofoam				
No	Uraian	Tabel/Grafik	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	175 Umur 28 hari	Kg/cm ²
2	Stadar Deviasi Rencana	Ditetapkan/PBI	60	Kg/cm ²
3	Nilai Tambah	1,64xSDr	98.4	Kg/cm ²
4	Kuat rata ² yang hendak dicapai	(1+3)	273.4	Kg/cm ²
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Tipe I	SSD 50
6	Jenis Agregat Halus Jenis Agregat Kasar	Diketahui Diketahui	Alami Alami/B. Apung	
7	Faktor Air Semen	Tabel 2.13 atau Grafik 2.9	0.57	
8	Faktor Air Semen Maks.	Ditetapkan/PBI	0.60	
9	Slump	Ditetapkan/PBI	60 – 180	Mm
10	Ukuran Agregat Maks.	Ditetapkan/PBI	40	mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 2.17	185	Kg/m ³
12	Kadar Semen	(11:8)	308.3	Kg/m ³
13	Kadar Semen Minimum	Ditetapkan/PBI	275	Kg/m ³
14	FAS yang disesuaikan	(11:3) bila kadar Semen min. dipakai	0.67	
15	Gradasi Agregat Halus	Grafik 2.2 s/d 2.5	Zona 2	
16	Persen Agregat Halus	Grafik 2.3	39 %	
17	Persen Agregat Kasar	100 % - (16)	61 %	
18	BJ Agregat Gab. (SSD)	Ditetapkan	1.945	
19	BJ Beton Basah	Grafik	1810	Kg/m ³
20	Kadar Agregat Gabungan	(19-12-11)	1316.7	Kg/cm ³
21	Kadar Agregat Halus	(16 x 20)	513.5	Kg
22	Kadar Agregat Kasar	(17x20)	803.187	Kg
23	Penambahan Styrofoam 5%	(5% x 21)	2.5	Kg

3.2.10. Teknik Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Adapun teknik pelaksanaan dari pembuatan benda uji yaitu:

1. Persiapan alat-alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pengolahan pembuatan beton antara lain adalah: Molen, ember, alat pengujian slump, alat pengujian bobot isi, timbangan, wadah besar tempat penuangan beton segar. Sebelum penuangan beton, hal – hal yang perlu 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, anatara lain lapisan minyak mineral, lapisan bahan kimia (form release agent) atau lembaran polyurethane.

2. Ukuran Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil USU. 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.

3. 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.

3.10.11. Pembuatan Campuran Beton

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

- 1) Jumlah Batch – aduk yang dihasilkan
- 2) Proporsi material
- 3) Perkiraan lokasi dari penuangan akhir
- 4) Waktu pengadukan serta penuangan

4) Persiapan bahan-bahan pembentuk beton

Bahan-bahan pembentuk beton yang disiapkan adalah pasir, air, batu kerikil, dan semen yang telah ditimbang menurut ukuran komposisi perencanaan.

b. Perencanaan komposisi bahan-bahan pembentuk beton.

c. Pencampuran bahan-bahan pembentuk beton ke dalam mesin pengaduk

Untuk adukan beton dengan penambahan serat, pencampuran dilakukan dalam keadaan kering (campuran kering) untuk menghindari penggumpalan serat (serat tidak merata). Masukkan semen, pasir, kerikil dan biarkan mesin pengaduk itu mengaduk campuran kering tersebut secara merata. Lalu, masukkan bulu ayam sedikit demi sedikit ke dalam campuran kering tersebut sampai tersebar merata. Setelah merata, tambahkan air sedikit demi sedikit ke dalam campuran. Lihat campuran beton yang berada dalam mesin pengaduk tersebut, secara visual jika adukan kelihatan masih kering maka secara sedikit-sedikit adukan ditambah lagi dengan air hingga adukan kelihatan sudah lacak. Tuang adukan tersebut kedalam wadah yang tidak menyerap air, lalu dalam wadah tersebut aduk kembali campuran itu. Untuk adukan beton normal (tanpa serat) dicampur seperti biasa yaitu pengadukan secara basah.

d. Pemeriksaan slump dan bobot isinya

Beton segar yang telah dituang kedalam wadah diambil dan diperiksa slump dan bobot isinya. Catat hasilnya.

e. Memasukkan beton segar tersebut ke dalam cetakan

Beton yang telah diperiksa slump dan bobot isinya dimasukkan kedalam cetakan.

f. Pemadatan beton segar yang telah ada dalam cetakan

Beton yang telah dimasukkan kedalam cetakan dibawa menuju mesin penggetar.

g. Perataan permukaan beton segar yang telah berada dalam cetakan

Beton yang telah digetarkan kemudian bagian permukaannya diratakan dengan menggunakan sendok spesi.

h. Pemeliharaan beton

Sehari setelah beton mengeras, cetakan dibuka kemudian tandai benda uji tersebut menurut kekuatan yang direncanakan. Lalu masukkan kedalam bak yang berisi air dengan tujuan untuk memelihara dalam menjaga kelembaban dan temperatur beton tersebut sebelum diuji kuat tekannya selama waktu yang ditentukan. Dalam hal ini masa pemeliharaanya selama 14 hari dan 28 hari.

3.10.12. Pemeriksaan Beton

Pemeriksaan-pemeriksaan yang dilakukan terhadap beton segar yaitu:

1. Slump beton

a. Tujuan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk membuktikan hasil penentuan slump beton dalam pembuatan rancangan adukan beton, sehingga jika ada ketidaksesuaian dengan kenyataan yang sebenarnya maka kadar air bebas dapat diubah sesuai dengan slump yang diijinkan.

b. Peralatan

- Alat slump, lengkap dengan plat dasar ukuran kerucut terpancung
- Tongkat pemadat, terbuat dari baja dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm, salah satu ujungnya berbentuk bulat
- Sendok spesi
- Mistar

c. Bahan

Bahan adalah beton yang diambil langsung dari mesin pengaduk dengan menggunakan peralatan yang tidak menyerap air. Kemudian diaduk lagi sebelum dimasukkan ke dalam cetakan slump.

d. Langkah-langkah kerja

Adapun langkah-langkah dari pemeriksaan ini yaitu:

- 1) Beton yang telah dituang dan diaduk kembali, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan slump sepertiga bagian kemudian dirojok sebanyak ± 25 kali
- 2) Masukkan kembali beton segar tersebut kedalam cetakan tersebut hingga menjadi dua pertiga bagian cetakan, lalu dirojok sebanyak ± 25 kali
- 3) Masukkan kembali beton tersebut hingga memenuhi bagian dari cetakan tersebut, lalu dirojok kembali sebanyak ± 25 kali
- 4) Ratakan permukaan dari beton yang ada didalam cetakan tersebut
- 5) Biarkan beton tersebut berada dalam cetakan selama ± 30 detik
- 6) Angkat cetakan perlahan-lahan secara vertikal.
- 7) Amati perubahan yang terjadi. Ukur berapa penurunan yang terjadi sebanyak tiga bagian yang berbeda dari penurunan tersebut. Pengukuran dilakukan dengan cara mendekatkan cetakan dengan beton tersebut yang bagian atas cetakan diberi tongkat rojokan tadi, lalu diukur dengan menggunakan mistar

- 8) Catat hasil pengukuran penurunan slump dari 3 bagian lalu diambil rata – ratanya.

3.10.13. Bobot isi

a. Tujuan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk membuktikan hasil penentuan Bobot isi beton dalam pembuatan rancangan adukan beton, sehingga jika ada ketidaksesuaian dengan kenyataan yang sebenarnya maka bobot isi tersebut dapat dikontrol.

b. Peralatan

- 1) Timbangan
- 2) Tongkat pemadat yang terbuat dari bajatahan karat, dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya bulat
- 3) Takaran
- 4) Palu karet
- 5) Raskam

c. Bahan

Bahan adalah beton yang diambil langsung dari mesin pengaduk dengan menggunakan peralatan yang tidak menyerap air. Kemudian diaduk lagi sebelum dimasukkan ke dalam takaran.

d. Langkah kerja

Adapun langkah-langkah dari pemeriksaan ini yaitu:

1. Timbang berat takaran kosong
2. Ukur berapa volume dari takaran itu dengan mengisi air kedalam takaran tersebut dalam satuan liter. Kemudian catat berapa volume yang didapat.
3. Masukkan adukan beton kedalam takaran, dalam tiga lapis. Tiap-tiap lapis dipadatkan dengan merojok menggunakan tongkat pemadat sebanyak ± 25 kali secara merata. Dalam merojok, tongkat penusuk hanya diperbolehkan masuk sampai 2.5 cm di bawah lapisan beton
4. Sisi takaran diketuk-ketuk dengan perlahan menggunakan palu karet sampai tidak terlihat gelembung udara pada permukaan beton serta rongga-rongga bekas rojokan tertutup
5. Ratakan permukaan beton

6. Timbang berat takaran yang telah diisi beton
7. Catat hasil penimbangan

3.10.14. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah masa pemeliharaan beton telah mencapai umur yang ditentukan.

a. Tujuan

Pengujian ini bermaksud untuk mencari kekuatan karakteristik beton itu sehingga beton itu dapat diketahui apakah beton tersebut sesuai dengan rencana yang telah direncanakan.

b. Peralatan

- 1) Mesin penekan
- 2) Timbangan

c. Bahan

Beton yang telah melewati masa pemeliharaan pada umur yang telah ditentukan.

d. Langkah kerja

- 1) Ambil benda uji dari dalam bak perendaman, lalu benda uji dikeringkan
- 2) Timbang benda uji tersebut dengan menggunakan timbangan dan ukur benda uji tersebut dengan menggunakan mistar
- 3) Catat ukuran dan berat benda uji
- 4) Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
- 5) Jalankan mesin dengan penambahan beban berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm³/detik. Pembebanan dilakukan sampai batas maksimum (benda uji retak)
- 6) Catat hasil yang didapat dari hasil uji tekan tersebut

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa berat jenis beton ringan dengan batu apung sebagai bahan agregat kasar mengalami penurunan sebesar 28,1 % terhadap beton normal dan berat jenis beton ringan dengan penambahan 5% Styrofoam mengalami penurunan sebesar 50,14 % terhadap berat jenis beton normal. Demikian halnya dengan kuat tekan. Masing-masing sample memiliki kuat tekan yang bervariasi. Kuat tekan beton ringandengan batu apung sebagai agregat kasar mengalami penurunan sebesar 49,47% terhadap kuat tekan beton normal dan beton ringan dengan penambahan Styrofoam 5% mengalami penurunan yang lebih besar lagi yakni sebesar 80,87% terhadap beton normal. Dengan demikian dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa beton ringan tidak memnuhi terhadap beton normal untuk digunakan dalam konstruksi, sehingga tidak dianjurkan untuk digunakan pada struktur bangunan, tapi lebih dianjurkan pada dinding yang tidak memikul beban.

5.2. Saran

- a. Diharapkan dari penelitian ini dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya
- b. Dalam pelaksanaan pengujian bahan, perhitungan mix design dan pelaksanaan pencampuran harus dilakukan dengan teliti dan cermat, supaya hasil pengujian akurat dan sesuai dengan perencanaan.
- c. Untuk hasil yang lebih baik lagi penulis ingin sekali agar untuk penelitian selanjutnya batu apung dan agregat kasar dapat dikombinasi, sehingga bisa dilihat apakah dari penelitian itu kuat tekan jauh penurunannya dari kuat tekan rencana atau apakah beton tersebut layak dipergunakan untuk struktur bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, “ *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*”, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung, 1971

Dipohusodo, Istimawan, “*Struktur Beton Bertulang*”, Edisi Pertama, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999

Murdock, L. J Dan Brook, K.M., “*Bahan Dan Praktek Beton*”, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.

Paryanto. *Mencegah Retak dan Meningkatkan Mutu Beton*. Majalah Konstruksi. Juli.1997. Edisi 255B.

Proyek Pengembangan Pendidikan Politeknik.1983. *Teknologi bahan 3*. Bandung: PEDC Bandung

Standart SK SNI 03-2834-1993 “*Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*”, Departemen Pekerjaan Umum

Segel, R. 1997. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta: CUR

Yayasan Dana Normalisasi Indonesia. 1977. *Peraturan beton Bertulang Indonesia*. 1971. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan