BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Umum

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memacu adanya perkembangan kreatifitas setiap orang sebagai modal agar pembangunan dapat dilaksanakan secara lebih baik. Seiring dengan hal tersebut, peningkatan mutu, efisiensi, dan produktivitas dari setiap kegiatan pembangunan terutama yang terkait dengan sektor fisik mutlak harus dilakukan. Dalam dunia konstruksi bangunan, penelitian untuk mendapatkan produk-produk konstruksi yang lebih baik terus dilakukan dimana beton merupakan salah satu material penting dari sebuah bangunan. Pada dasarnya beton terbentuk dari dua bagian utama yaitu pasta semen dan agregat. Pasta semen terdiri dari semen Portland, air dan bahan campur tambahan (admixture). Sedangkan agregat terdiri dari agregat kasat (batu pecah) dan agregat halus (pasir).

1.2 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh rangkaian pegunungan berapi paling aktif di dunia. Gunung berapi yang aktif hampir di semua pulau yang membentuk suatu rangkaian yang disebut ring of fire. Beberapa tahun terakhir ini terjadi sejumlah letusan gunung berapi, seperti pada Gunung Sinabung di Sumatera Utara. Beberapa material hasil erupsi seperti batu, pasir dan kerikil dapat dimanfaatkan oleh masyarakat karena mempunyai nilai ekonomis.

Gununng Sinabung juga mengeluarkan Awan panas yang terdiri atas abu vulkanik dan gas dengan suhu temperatur 200 – 700 °C. Material tersebut dikatakan *Wedhus Gembel*, karena bentuknya saat meluncur mirip dengan bulu kambing/domba, dengan laju luncur mencapai 200 km/jam dan jarak tempuh bisa mencapai 15 km dari puncak Merapi. Abu vulkanik sangat memberikan dampak buruk bagi masyarakat, serta mencemari air karena mengandung logam berat. Abu Vulkanik sebagai material alami yang dikeluarkan dari Merapi selain dapat menutupi lahan, merapi juga mengakibatkan rusaknya sebagian besar tanaman di sekitarnya.

Saat ini Abu vulkanik yang keluar akibat letusan Gunung Sinabung, telah dimanfaatkan oleh masyarakant setempat sebagai bahan pertanian, bukan sebagai bahan campuran beton. Dalam penelititan ini, pemanfaatan abu vulkanik akan di gunakan sebagai campuran beton.

1.3 Rumusan masalah

Hal ini tentulah perlu diperhatian secara khusus karena limbah yang dikeluarkan gunung sinabung menimbulkan dampak negative bagi lingkungan. Kondisi inilah yang mendorong peneliti untuk mencoba memberikan suatu solusi yaitu dengan memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan campuran pada beton.

Masalah Utama yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah Bagaimana Pengaruh abu vulkanik gunung sinabung terhadap kuat tekan beton

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat pembatasan masalah agar materi yang dibahas di dalamnya tidak menyimpang dan tetap fokus.

Pembatasan masalah tersebut antara lain :

1. Semen yag digunakan adalah Semen Portland
2. Abu yang digunakan adalah abu hasil letusan gunung sinabung yang lolos ayakan no 200
3. Perencanaan kuat tekan beton beton adalah K300
4. Penambahan abu vulkanik : Mengurangi semen : 10%, 20%, 30% dari berat semen.
5. Dimensi benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Perawatan terhadap benda uji beton dilakukan dengan cara merendam dalam bak selama 14,21 dan 28 hari.

1.5 Tujuan

Tujuan utama yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan karakteristik beton normal dan beton dengan penambahan abu vulkanik dengan variasi persentasi penambahan abu vulkkanik 0%,10%,20%,30% dari berat semen dengan mengurangi semen sebanyak persentase penambahan abu vulkanik. Maka akan diperoleh informasi kuat tekan beton dan persentase ideal penambahan abu vulkanik didalam campuran beton.

1.6 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan diperoleh
manfaat yaitu:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan abu vulkanik sebagai bahan campuran pada semen.
2. Memberikan bahan refrensi untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Metode penelitian

Dalam penelitian ini dipergunakan benda uji berbentuk silinder dengan dia-meter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji dikelompokan menjadi beberapa bagian antara lain:

1. Beton normal (5 benda uji)
2. Beton dengan penambahan abu vulkanik sebanyak 10% (5 benda uji)
3. Beton dengan penambahan abu vulkanik sebanyak 20% (5 benda uji)
4. Beton dengan penambahan abu vulkanik sebanyak 30% (5 benda uji)

Pengujian dilakukan setelah benda uji di rendam dalam air selama 14,21 dan 28 hari.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan

Meliputi latar belakang, tujuan, maksud, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Berisi uraina dasar-dasar teori yang mendukung analisis permasalahan yang akan dilakukan kemudian.

Bab III. Metode Penelitian

Berisi tentang tatacara dan prosedur-prosedur yang digunakan untuk melakukan penelitian tersebut.

Bab IV Hasil Penelitian dan Analisa Perhitungan

Berisi berisi imformasi mengenai hasil penelitian dan analisa data.

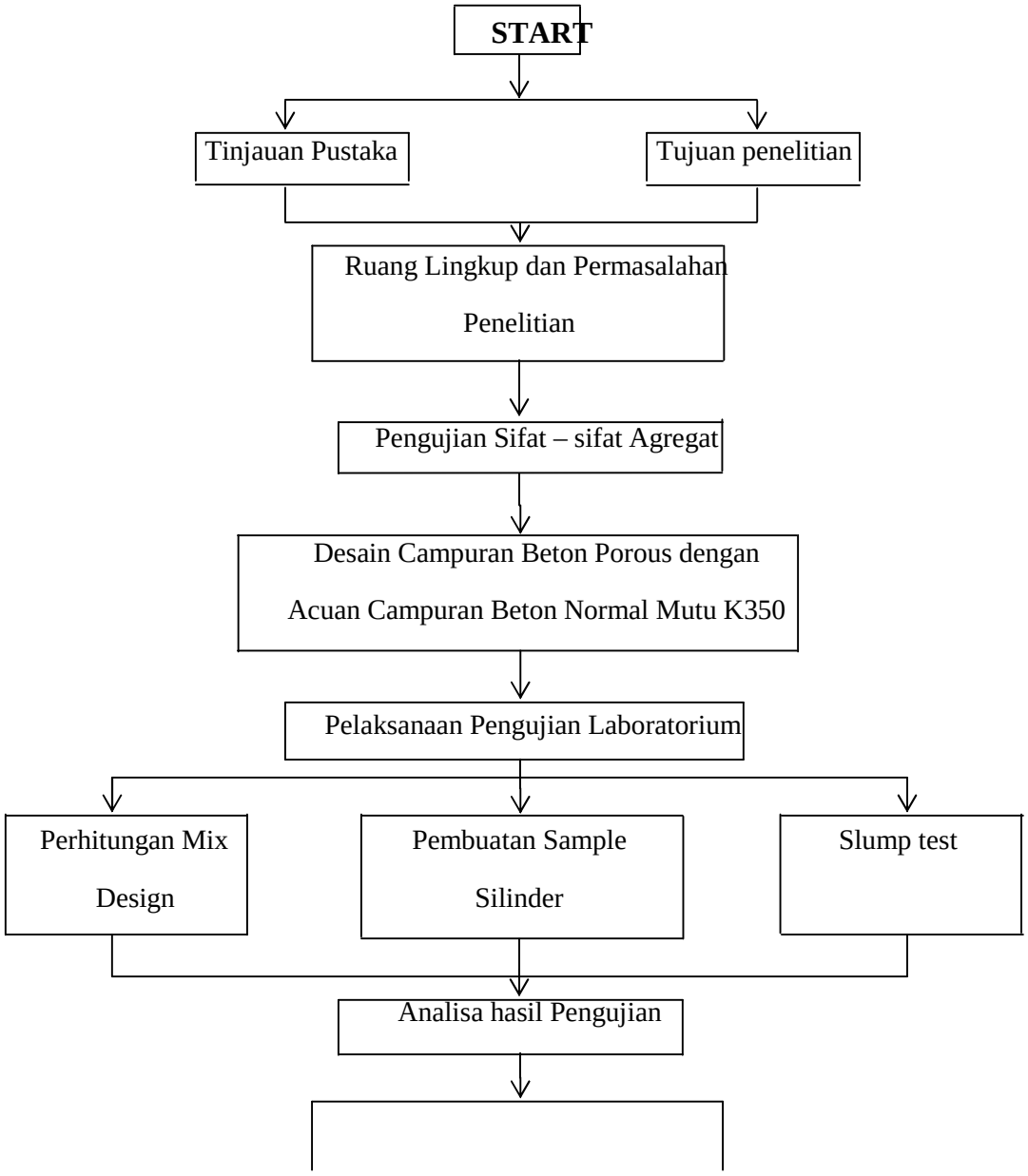
Bab V. Kesimpuan dan Saran

Berisi kesimpulan dari bab-bab sebelumnya serta saran-saran yang berguna bagi perkembangan

1.9 Bagan Alir penelitian

Berikut adalah bagan alir penelititan pada penelotian ini, terlihat gambar 1

Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Abu vulkanik

Komposisi abu vulkanik secara umum terdiri atas silika, kuarsa, alumina, besi dan kalsium seperti pada tabel.

Tabel 2.1. Karakteristik Abu Vulkanik

Nama Unsur	**Sumper 1 (%)**	**Sumpel 2 (%)**
SiO2 (Silika)	54,56	54,61
Al2O3 (Alumina)	18,37	18,68
Fe2O3 (ferrit oksida)	8,59	8,31
CaO (kapur)	8,33	8,31
K2O (alkalis)	2,32	2,23
MnO (Mangan)	0,17	0,17
TiO2	0,92	0,91
P2O5 (Pospor)	0.32	0,3
H2O (uap air)	0,11	0,12

(Candra Kurniawan dan kawan-kawan. (2011).

Jika dilihat dari komposisi yang dominan pada abu vulkanik Merapi seperti yang ditunjukkan pada Tbel, merupakan material yang dapat digunakan sebagai bahan campuran atau dimanfaatkan sebagai material subtitusi semen. Dimana selain dari kandungan yang terdapat dalam abu vulkanik, abu tersebut keluar dengan sangat halus. Kehalusan ukurannya menjadi berorde mikrometer (μm) disebut mikrosilika. Sifat fisik abu vulkanik dari kehalusan partikel butiran pada besaran 150-600µm dan luasan partikel = 11.648 m^2. Penggunaan mikrosilika

dalam pembuatan beton sebagai material tambahan, diharapkan dapat mampu meningkatkan kualitas beton.

Dari hasil penelitian *Yohannes Lulie (2012)*

Setelah melewati rangkaian pengujian, data dan tahap kajian analisis dapat disimpulkan ada empat hal penting yang terkait dengan sifat-sifat fisik abu terbang Gunung Merapi.

Kadar air sebesar 21,320% dan berat jenis yang tinggi sebesar 2,652. Berat unit basah 1,663 gr/cm3 dan berat unit kering 1,444 gr/cm3, termasuk kelompok pasir seragam lepas (*loose uniform sand*). Dari hasil pengujian analisis saringan abu terbang dan pengujian hidrometer enginformasikan fraksi pasir (*sand*) 38,7% dan fraksi fraksi lanau (*silt*) 61,3%. Komposisi antara sand dab silt sangat tergantung dari jarak sumber deposit abu terbang. Fraksi sand yang diameternya lebih besar akan turun turun lebih cepat. Semakin jauh dari Gunung Merapi kandungan *silt* akan lebih dominan dari kandungan *sand.*

2.2 Beton Normal

Menurut Ir. Tri Mulyono, MT, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (zat addictive). Menurut SK SNI 03 – 2847 – 2002, defenisi beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Beton normal adalah beton yang memiliki berat satuan 2200 kg/m³ sampai 2400 kg/m³ sedangkan beton ringan memiliki berat satuan 1800 kg/cm³ sampai 2100 kg/cm³ dan dibuat menggunakan agregat alam.

Dalam pengerjaan beton ada 3 sifat yang harus diperhatikan yaitu :

1. Kemudahan pengerjaan (Workability)

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton.Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain :

- Jumlah air pencampur

Semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan

- Kandungan semen

  Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.
- Gradasi campuran pasir – kerikil

  Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
- Bentuk butiran agregat kasar

  Agregat berbentuk bulat (guli) lebih mudah dikerjakan
- Butir maksimum
- Cara pemadatan dan alat pemadat

2.3 Bahan Penyusun Beton

2.3.1 Semen Portland

Menurut ASTM C – 150, 1985, semen Portland didefenisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland yang digunakan di indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 – 81 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Proses pembuatan semen Portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu ;

a. Penambangan di ***quarry***
b. Pemecahan di ***crushing plant***
c. Penggilingan ***(blending)***
d. Pencampuran bahan – bahan
e. Pembakaran ***(ciln)***
f. Penggilingan kembali hasil pembakaran
g. Penambahan bahan tambah ***(gypsum)***
h. Pengikatan ***(packing plant)***

Proses pembuatan semen Portland dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

- Proses Basah

Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dicampur dengan air ***(slurry)*** dan digiling hingga berupa bubur halus. Proses basah umumnya dilakukan jika yang diolah merupakan bahan – bahan lunak seperti kapur dan lempung.

Bubur halus yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan dalam sebuah pengering (oven) berbentuk silinder yang dipasang miring (ciln). Suhu ciln ini sedikit dinaikkan dan diputar dengan kecepatan tertentu. Bahan akan mengalami perubahan sedikit demi sedikit akibat naiknya suhu dan akibat terjadinya *sliding* didalam *ciln*. Pada suhu 100° C air mulai menguap dan pada suhu 850° C karbondioksida dilepaskan. Pada suhu 1400° C, berlangsung permulaan perpaduan didaerah pembakaran, dimana akan terbentuk klinker yang terdiri dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat. Klinker tersebut selanjutnya didinginkan, kemudian dihaluskan menjadi butir halus dan ditambah dengan bahan gypsum sekitar 1% - 5%.

- Proses Kering

Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis shale. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan kedalam ciln dan proses selanjutnya sama dengan proses basah.

a) Sifat dan Karakteristik Fisika Semen Portland

Sifat – sifat fisika semen Portland meliputi :

Kehalusan Butir (Fineness)

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu (setting time) menjadi lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi bleeding atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM. Butir semen yang lewat ayakan harus lebih dari 78 %.

Kepadatan (density)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 Mg/m³.pada kenyataannya berat jenis semen yang diproduksi berkisar 3.05 Mg/m³ sampai 3.25 Mg/m³. pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan ***Le Chatelier Flask*** menurut standar ASTM C – 188.

Konsistensi

Konsistensi semen Portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras.Konsistensi yang terjadi sangat bergantung pada kehalusan semen dan kecepatan hidrasi.

Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1) Waktu ikat awal *(initial setting time)* yaitu waktu pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan,
2) Waktu ikat akhir *(final setting time)* yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen Portland *initial setting time* berkisar antara 1 -2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8 jam.

Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram.Dalam pelaksanaannya perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu perlu perawatan (curing) pada saat pelaksanaan.

b) Sifat dan karakteristik semen Portland

1) Senyawa kimia

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen Portland, yaitu:

- Trikalsium Silikat (3CaO.SiO2) yang disingkat menjadi C3S
- Dikalsium Silikat (2CaO.SiO2) yang disingkat menjadi C2S
- Trikalsium Aluminat (3CaO.Al2O3) yang disingkat menjadi C3A
- Tetrakalsium Aluminoferrit (4CaO.Al2O3.Fe2O3) yang disingkat menjadi C4AF

Komposisi kimia semen Portland dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Semen Portland

Nama Unsur	**Nama Umum**	**Semen**
CaO	Kapur	62
SiO2	Silika	22
AL2O3	Alumina	6
Fe2O3	Ferrit Oksida	2,5
MgO	Magnesia	2,6
SO2	Sulfut dioksida	2
Na2O	Disodium Oksida	0,3
K2O	Alkalis	0,6

Sumber : Paul Nugraha, Antoni,(2007).

Menurut SK.SNI T – 15 – 1990 – 03 : 2, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Semen type ini digunakan untuk bangunan-bangunan umum.

Type II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen type II memiliki kadar C3A tidak lebih dari 8% dan digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air

kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertanam didalam tanah yang mengandung air agresif (Garam-garam dan Sulfat) dan saluran air buangan.

Type III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen type ini memiliki kadar C3A serta C3S yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini dipergunakan pada daerah yang memiliki temperature rendah terutama pada daerah yang memiliki musim dingin.

Type IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah . Semen jenis ini memiliki panas hidrasi yang rendah, kadar C3S – nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar C3A- nya maksimum 5% digunakan untuk pekerjaan bending (bendungan), pondasi berukuran besar dan pekerjaan besar lainnya.

Type V, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Semen tipe ini digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industry, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam prosentase yang tinggi.

2) Sifat Kimia

Sifat kimia semen meliputi :

- Kesegaran semen
- Sisa yang tak larut
- Panas hidrasi semen
- Kekuatan pasta semen dan faktor air semen

2.3.2. Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Kadar agregat dalam campuran berkisar antara 70-75% dari volume total beton. Oleh karenan itu kualitas agregat berpengaruh terhadap kualitas beton. Pengaruh agregat bertujuan untuk memberi bentuk pada beton, memberi kekerasan yang dapat menahan beban, goresan dan cuaca,

mengontrol workability, serta agar lebih ekonomis karena menghemat pemakaian semen. Agregat beton dapar berasal dari bahan alami, buatan (batu pecah) maupun bahan sisa ptoduk tertentu. Selain persyaratan teknis yang harus dipenuhi, hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis agregat adalah faktor ekonomisnya.

Agregat yang dipakai campuran beton dibedakan menjadi dua jenis agregat hasul dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm.

Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

a. Pasir galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat akibat proses gesekan.

c. Pasir pantai

Pasir pantai berasal dari sungai yang mengendap dimuara sungai (dipantai) atau hasil gerusan air didasar laut yang terbawa air laut dan mengendap dipantai.Pasir pantai biasanya berbutir halus dan banyak mengandung garam.Sehingga pasir laut diteliti terlebih dahulu sebelum dipakai.

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI ’71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat – alat pemecah batu.
- Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir – butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram – Harder (dengan larutan NaOH)
- Agregat halus harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :
  - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
  - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.
  - Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI ’71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir – butir yang pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir – butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
- Kekerasan dari butir – butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20T, dengan harus memenuhi syarat – syarat berikut :
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22%.

  Atau dengan mesin pengaus Los Angeles, dengan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.

- Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :
  - Sisa diatas ayakan 31.5 mm harus 0% berat.
  - Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 – 98% berat.
  - Selisih antara sisa – sisa komulatif diatas 2 ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada 1/5 jarak terkecil antara bidang – bidang samping dari cekatan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang – batang atau berkas – berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara – cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang – sarang kerikil.

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat dalam campuran beton yaitu :

- Serapan air dan kadar air agregat
- Berat jenis agregat
- Gradasi agregat
- Modulus halus butir
- Ketahanan kimia

- Kekekalan
- Perubahan volume
- Kotoran organic

Serapan Air dan Kadar Air Agregat

1. Serapan Air

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau kondisi SSD (Standarted Surface Dry), dimana kondisi ini merupakan:

- Keadaan kebasahan agregat yang hanpir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pasta.
- Kadar air dilapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD daripada kondisi kering tungku

2. **Kadar air**

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat, Kadar Air agregat dapat dibedakan menjadi 4 jenis.

- Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.
- Jenuh kering permukaan, yaitu keadaan dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi agregat tersebut masih mampu menyerap air. Pada kondisi ini, air didalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.
- Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antara masa padat agregat dan masa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Berat jenis agregat dibedakan menjadi 2 istilah, yaitu :

- Berat Jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- Berat Jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya .

Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap agregat tersebut.

Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan menjadi volume pori yang kecil. Hal ini karna butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya (kepadatannya) tinggi.

Menurut SK.SNI T – 15 – 1990 – 03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di inggris. Agregat halus dikelompokan dalam 4 zone (daerah) seperti pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100

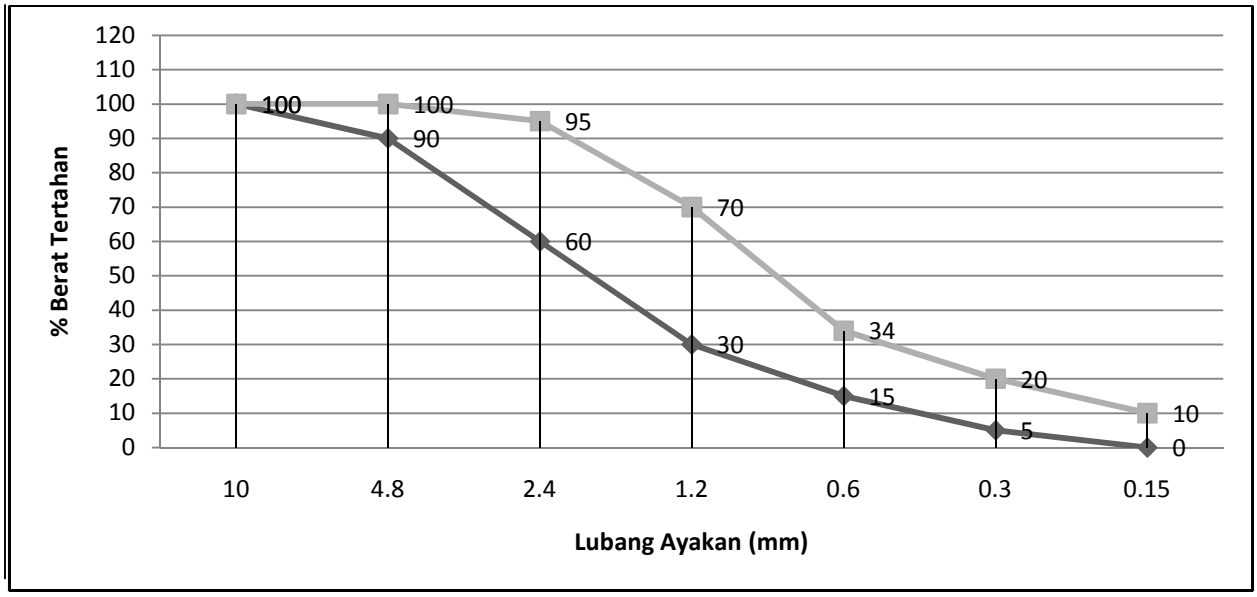
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : Ir. Tri Muliono, MT, 2004

Keterangan :

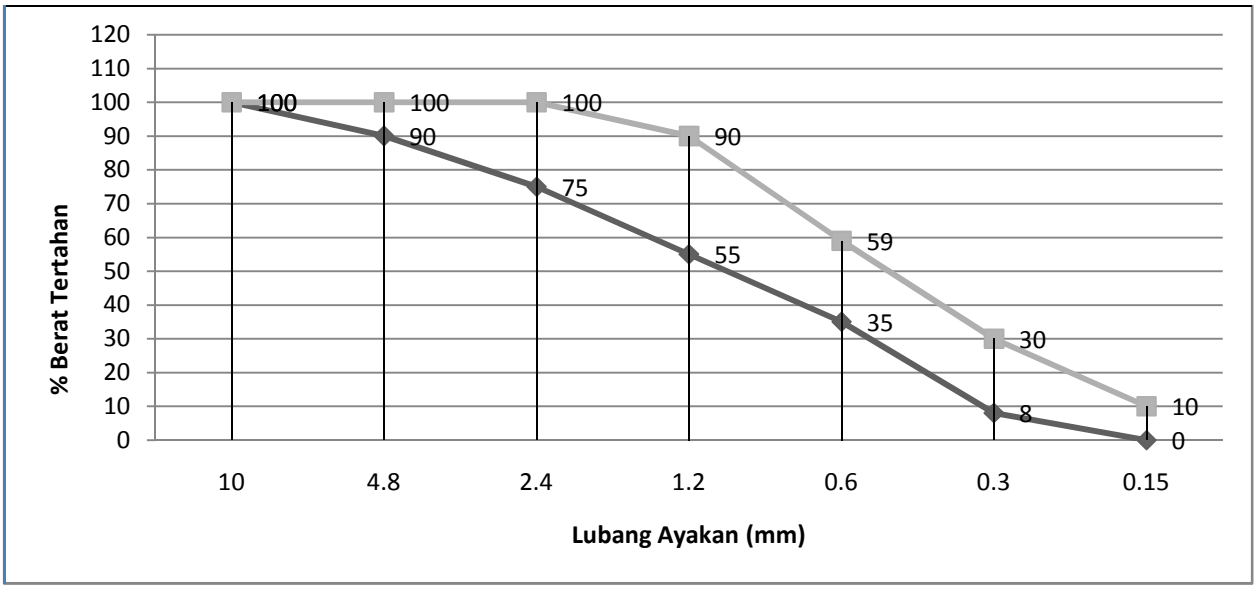
- Daerah I = Pasir Kasar
- Daerah II = Pasir agak Kasar
- Daerah III = Pasir agak Halus
- Daerah IV = Pasir Halus

Gambar 2.1.a Daerah Gradasi Pasir Kasar



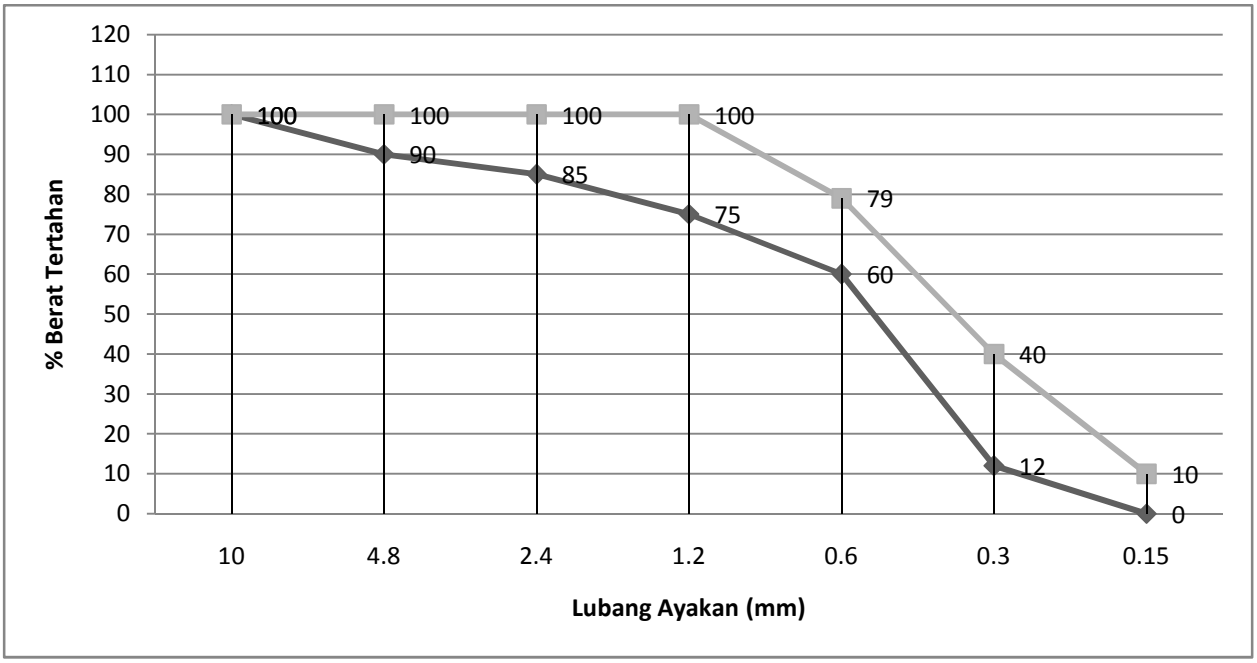
Sumber : Ir Tri Muliyono MT, 2004

Gambar 2.1.b Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar



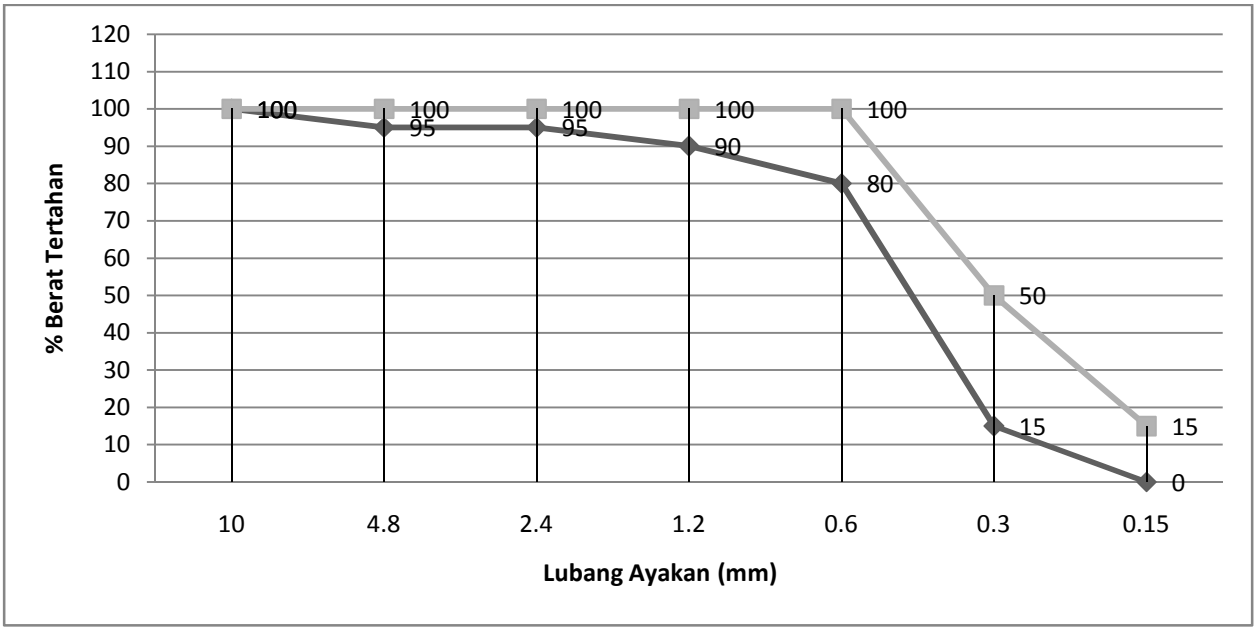
Sumber : Ir Tri Muliyono MT, 2004

Gambar 2.1.c Daerah Gradasi Pasir Agak Halus



Sumber : Ir Tri Muliyono MT, 2004

Gambar 2.1.d Daerah Gradasi Pasir Halus



Sumber : Ir Tri Muliyono MT, 2004

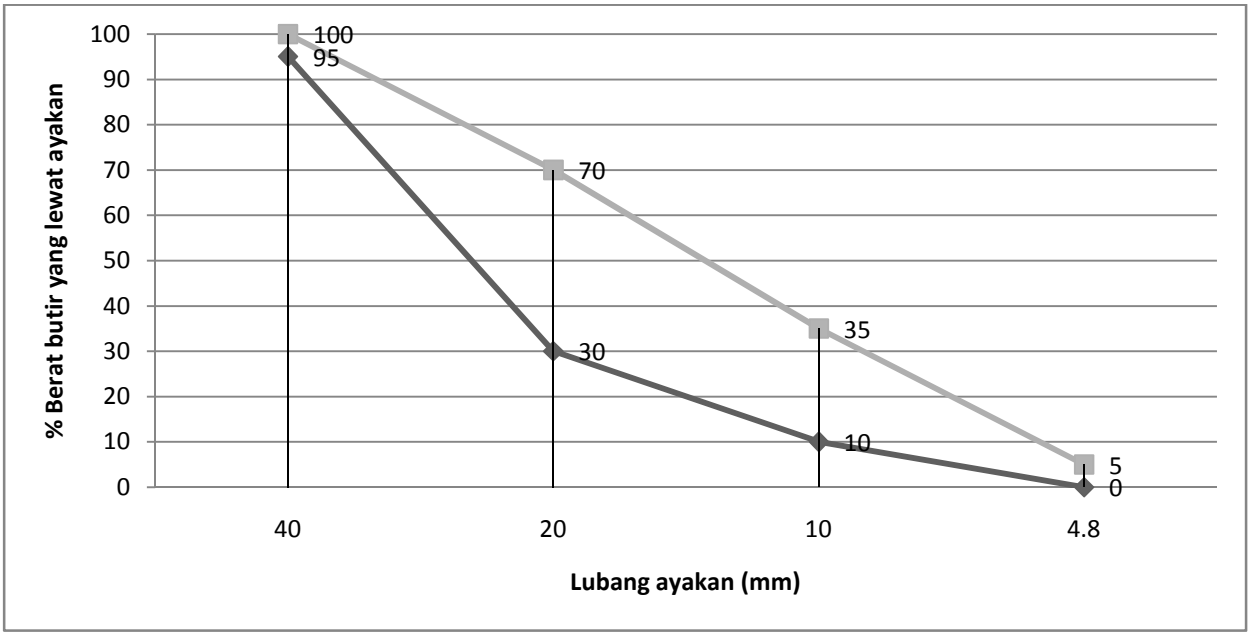
Menurut British Standar (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.4 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	% Berat butir yang lewat ayakan, Besar butir Maks	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4.8	0-5	0-10

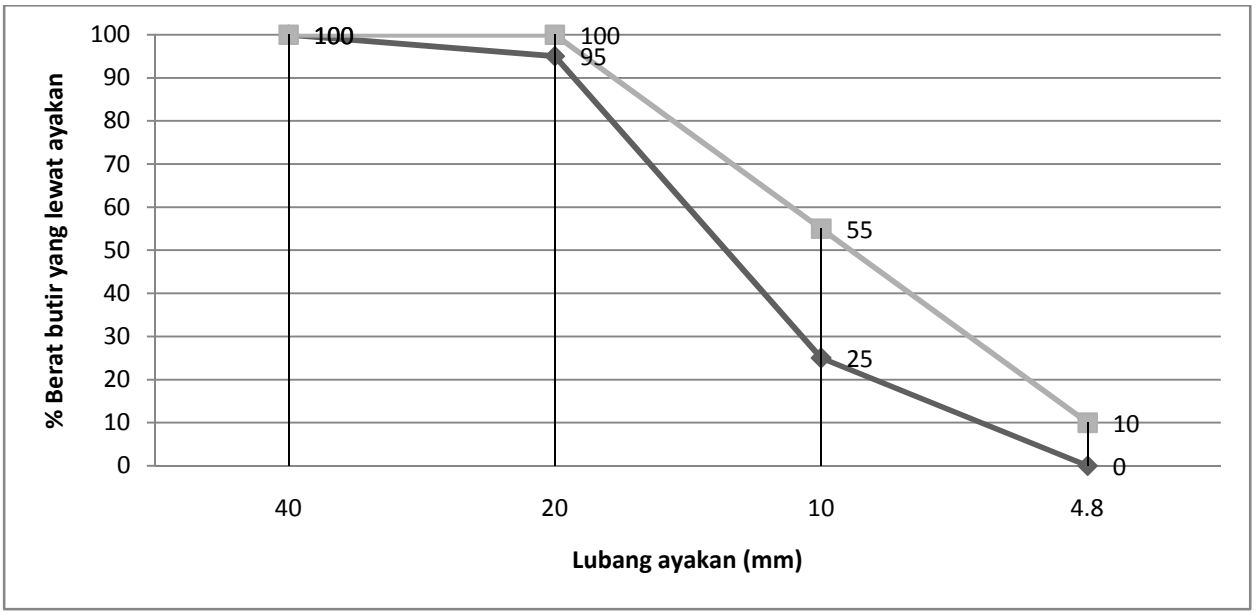
Sumber : Ir Tri Muliyono MT, 2004

Gambar 2.2.a Batas Gradasi Agregat Kasar dengan Diameter Butir Maks 40mm



Sumber : Ir Ir Tri Muliyono MT, 2004

Gambar 2.2.b Batas Gradasi Agregat Kasar dengan Diameter Butir Maks 20mm



Sumber : Ir Tri Muliyono MT, 2004

Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran agregat.

Modulus halus butir ini didefenisikan sebagai jumlah persen (%) komulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi 100 (seratus). Susuan lubang ayakan itu adalah sebagai berikut : 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.60 mm, 0.30 mm dan 0.15 mm.

Makin besar nilai modulus halus butir menunjukan bahwa makin besar butir-butir agregatnya.Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1.5 sampai 3.8 sedangkan untuk kerikil dan batu pecah biasanya 5 sampai 8.

Ketahanan Kimia

Pada umumnya beton tidak tahan terhadap serangan kimia.Adapun bahan kimia yang biasanya menyerang beton yaitu serangan alkali dan serangan sulfat.

Bahan-bahan kimia pada dasarnya bereaksi dengan komponen-komponen tertentu dari pasta semen yang telah mengeras sebagian besar tergantung pada jenis semen yang digunakan, seperti yang diuraikan dibagian semen Portland.Ketahanan terhadap serangan kimia bertambah dengan bertambahnya kedepan terhadap air.

Kekekalan

Sifat ketahanan agregat terhadap perubahan cuaca disebut ketahanan cuaca atau kekekalan.Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan yang diakibatkan perubahan-perubahan pada kondisi lingkungan, misalnya pembekuan dan pencairan, perubahan suhu, musim kering dan musim hujan yang berganti-ganti.

Syarat mutu untuk agregat normal adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat (Natrium Sulfat, $NaSO_4$), bagiannya yang hancur maksimum 10% dan jika diujidengan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$) bagiannya yang hancur maksimum 15%.
2. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat (Natrium Sulfat, $NaSO_4$), bagiannya yang hancur maksimum 12% dan jika diuji dengan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$) bagiannya yang hancur maksimum 18%

Perubahan Volume

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan dalam volume adalah kombinasi reaksi kimia antar semen dengan air seiring dengan mengeringnya beton. Jika agregat mengandung senyawa kimia yang dapat mengganggu proses hidrasi pada semen, maka beton yang berbentuk akan mengalami keretakan. ASTM C.330, "*Specification For Lightweight Aggregates For Structural Concrete*" memberikan ketentuan bahwa susut kering untuk agregat tidak boleh melebihi 0.10%.

Kotoran Organik

Bahan-bahan organik yang biasa dijumpai terdiri dari daun-daunan yang membusuk, humus dan asam. Apabila agregat terlalu banyak mengandung bahan-bahan organik maka proses hidrasi akan terganggu sehingga dapat menyebabkan penurunan mutu pada beton yang dihasilkan.

2.3.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa – senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan mengurangi mutu beton, bahkan dapat mengubah sifat – sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau biasa disebut *Faktor Air Semen*. Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Air yang diperlukan pada campuran beton dipengaruhi oleh faktor – faktor dibawah ini :

a. Ukuran agregat maksimum semakin besar maka kebutuhan air menurun.
b. Bentuk butir, untuk bentuk bulat maka kebutuhan air menurun sedangkan untuk batu pecah diperlukan lebih banyak air.
c. Gradasi agregat, dimana bila gradasi baik kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
d. Kotoran dalam agregat, makin banyak kotoran pada agregat maka kebutuhan air meningkat.
e. Jumlah agregat halus, jika agregat halus sedikit maka kebutuhan air semakin menurun.

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 bahwa air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.

2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut :
   - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

2.4. Kuat Tekan Beton

Kekuatan suatu material didefenisikan sebagai kemampuan dalam menahan pembeanan atau gaya-gaya mekanis sampai terjadi kegagalan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton bergantung pada :

- Faktor Air Semen
- Umur Beton
- Jenis Semen
- Gradasi Agregat
- Bentuk Agregat
- Cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan)

Perbadingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton, semakin rendah perbandingan air terhadap beton makin tiggi kekuatan yag akan dihasilkan beton dan sebaliknya semakin tinggi perbandingan air terhadap beto maka semakin rendah kekuatan beton yang akan di hasilkan.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Beberapa Jenis Beton menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	**Kuat Tekan (MPa)**

Beton Sederhana (Plain Concrete)	Sampai 10
Beton Normal (Beton Biasa)	15 – 30
Beton Prategang	30 – 40
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80
Beton Kuat Tekan sangat Tinggi	>80

Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME. 2005

Untuk pengujian laboratorium perlu diketahui bentuk benda uji yang akan dibuat. Setiap bentuk benda akan memiliki faktor bentuk yang berbeda – beda. Faktor bentuk benda uji dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai bentuk 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 Ø 15 cm, h = 30 cm	0.83

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI ’71)

Rumus – rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan beton :

$$\sigma b = \frac{P}{A.Fu.Fb}$$ ……..***pers 2.1***

Dimana σb = Kekuatan Tekan

P = Beban

A = Luas Penampang Benda Uji

Fu = Faktor Umur

Fb = Faktor Bentuk

$$\sigma'bm = \frac{\sum_1^N \sigma b}{A.Fu.Fb}$$ ……..***pers 2.2***

Dimana σ'bm = Kuat Tekan Beton Rata – rata

N = Jumlah Benda Uji

$$\sigma'bk = \sigma'bm - k.S$$ …….***pers 2.3***

Dimana σ'bk = Kuat Tekan Beton Karakteristik

k = Bilangan yang tergantung pada banyaknya Benda Uji

S = Standar Deviasi

Faktor – faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu :

Umur Beton

Kuat tekan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton dicetak.Laju kenaikan kuat tekan beton mula – mula cepat, lama – kelamaan laju kenaikan tersebut semakin lambat.Sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 2.7 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971)

Umur Beton (Hari)	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**365**
Semen Portland Biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1	1.35
Semen Portlan dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1	1.20

Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME. 2005

Faktor Air Semen

Faktor air semen ialah perbandingan berat antara air dan semen Portland didalam campuran adukan beton. Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5x}}$$ ……..***pers 2.4***

Dimana f'c = Kuat Tekan Beton

X = fas (Faktor Air Semen)

A,B = Konstanta

Tabel 2.8 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (ACI 211.1)

Kuat Tekan 28 hari (MPa)	**Faktor Air - Semen**	
	Beton Biasa	**Beton Air – entrain**
45	0.38	0.3
40	0.42	0.34
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45

Sumber : Ir. Tri Muliyono, MT. 2004

Kepadatan

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang.

Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir – butir agregat.Sehingga jika pasta semen terlalu sedikit maka rekatan antar butir kurang kuat yang menyebabkan kuat tekan beton berkurang.

Jenis Semen

Jenis semen sangat mempengaruhi kuat tekan beton.Seperti pada pembahasan sebelumnya, bahwa semen Portland memiliki sifat tertentu.Misalnya cepat mengeras dan sebagainya yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton.

Sifat Agregat

Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton :

1. Kekasaran Permukaan.
2. Bentuk Agregat
3. Kuat Tekan Agregat

2.5 Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat workability. Cara uji Slump ialah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Dimana semakin besar nilai slump berarti beton segar makin encer dan ini makin mudah dikerjakan.

2.6 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan pembetonan.Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran beton.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(fc-fcr)^2}{N-1}}$$ ……***pers 2.8***

Rumus standar deviasi :

Dengan : S = Deviasi Standar

Fc = Kuat tekan masing-masing silinder beton

Fcr = Kuat tekan rata-rata

N = Banyaknya nilai Kuat tekan beton

Tabel 2.9 Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan	**Mutu Pelaksanaan (MPa)**

	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m³)	4.5 < s.d ≤ 5.5	5.5 < s.d ≤ 6.5	6.5 < s.d ≤ 8.5
Sedang (1000 – 3000 m³)	3.5 < s.d ≤ 4.5	4.5 < s.d ≤ 5.5	5.5 < s.d ≤ 6.5
Besar (>3000 m³)	2.5 < s.d ≤ 3.5	3.5 < s.d ≤ 4.5	4.5 < s.d ≤ 5.5

Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME. 2005

2.7 Bahan Tambahan

2.7.1 Umum

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung.Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah yang didefenisikan dalam *Standard Definitions of terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

Di Indonesia bahan tambah telah banyak dipergunakan. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan dipakai di lapangan. Dalam hal ini bahan yang dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI.Untuk bahan tambah yang merupakan bahan tambah kimia harus memenuhi syarat yang diberikan dalam ASTM C.494, "*Standard Spesification for Chemical Admixture for Concrete*".

Untuk memudahkan pengenalan dan pemilihan *admixture*, perlu diketahui terlebih dahulu kategori dan penggolongannya, yaitu :

1. *Air Entraining Agent* (ASTM C 260), yaitu bahan tambah yang ditujukan untuk membentuk gelembung-gelembung udara berdiameter 1 mm atau lebih kecil didalam beton atau mortar selama pencampuran, dengan maksud mempermudah pengerjaan beton pada saat pengecoran dan menambah ketahanan awal pada beton.
2. *Chemical Admixture* (ASTM C 494), yaitu bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (memperlambat atau mempercepat), mereduksi kebutuhan air, menambah kemudahan pengerjaan beton, meningkatkan nilai *slump* dan sebagainya.
3. *Mineral Admixture* (bahan tambah mineral), merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan ini cendrung bersifat penyemenan.Keuntunganannya antara lain :

   memperbaiki kinerja *workability*, mempertinggi kuat tekan dan keawetan beton, mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzolan, *fly ash, slang,* dan *silica fume.*

4. *Miscellanous Admixture* (bahan tambah lain), yaitu bahan tambah yang tidak termasuk dalam ketiga kategori diatas seperti bahan tambah jenis polimer (*polypropylene, fiber mash,* serat bambu, serat kelapa dan lainnya), bahan pencegah pengaratan dan bahan tambahan untuk perekat (*bonding agent*).

2.7.2. Alasan Penggunaan Bahan Tambahan

Penggunaan bahan tambahan harus didasarkan pada alasan-alasan yang tepat misalnya untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu pada beton.Pencapaian kekuatan awal yang tinggi, kemudahan pekerjaan, menghemat harga beton, memperpanjang waktu pengerasan dan pengikatan, mencegah retak dan lain sebagainya. Para pemakai harus menyadari hasil yang diperoleh tidak akan sesuai dengan yang diharapkan pada kondisi pembuatan beton dan bahan yang kurang baik.Keuntungan penggunaan bahan tambah pada sifat beton, antara lain:

a. Pada Beton Segar (*fresh concrete*)

- Memperkecil faktor air semen

- Mengurangi penggunaan air.
- Mengurangi penggunaan semen.
- Memudahkan dalam pengecoran.
- Memudahkan *finishing*.

b. Pada Beton Keras (*hardened concrete*)

- Meningkatkan mutu beton.
- Kedap terhadap air (*low permeability*).
- Meningkatkan ketahanan beton (*durability*).
- Berat jenis beton meningkat.

2.7.3 Perhatian Penting dalam Penggunaan Bahan Tambahan

Penggunaan bahan tambah di lapangan sering menimbulkan masalah-masalah tidak terduga yang tidak mengguntungkan, karena kurangnya pengetahuan tentang interaksi antara bahan tambahan dengan beton. Untuk mengurangi dan mencegah hal yang tidak terduga dalam penggunaan bahan tambah tersebut, maka penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus dikonfirmasikan dengan standar yang berlaku dan yang terpenting adalah memperhatikan dan mengikuti petunjuk dalam manualnya jika menggunakan bahan "paten" yang diperdagangkan.

a. Mempergunakan bahan tambahan sesuai dengan spesifikasi ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan ACI (*American Concrete International*).

   Parameter yang ditinjau adalah :

   - Pengaruh pentingnya bahan tambahan pada penampilan beton.

- Pengaruh samping (*side effect*) yang diakibatkan oleh bahan tambahan. Banyak bahan tambahan mengubah lebih dari satu sifat beton, sehingga kadang-kadang merugikan.

- Sifat-sifat fisik bahan tambahan.

- Konsentrasi dari komposisi bahan yang aktif, yaitu ada tidaknya komposisi bahan yang merusak seperti klorida, sulfat, sulfide, phosfat, juga nitrat dan amoniak dalam bahan tambahan.

- Bahaya yang terjadi terhadap pemakai bahan tambahan.

- Kondisi penyimpanan dan batas umur kelayakan bahan tambahan.

- Persiapan dan prosedur pencampuran bahan tambahan pada beton segar.

- Jumlah dosis bahan tambahan yang dianjurkan tergantung dari kondisi struktural dan akibatnya bila dosis berlebihan.

- Efek bahan tambah sangat nyata untuk mengubah karakteristik beton misalnya FAS, tipe dan gradasi agregat, tipe dan lama pengadukan.

a. Mengikuti petunjuk yang berhubungan dengan dosis pada brosur dan melakukan pengujian untuk mengontrol pengaruh yang didapat.

b. Biasanya percampuran bahan tambahan dilakukan pada saat percampuran beton. Karena kompleksnya sifat bahan tambahan beton terhadap beton, maka interaksi pengaruh bahan tambahan pada beton, khususnya interaksi pengaruh bahan tambahan pada semen sulit diprediksi. Sehingga diperlukan percobaan pendahuluan untuk menentukan pengaruhnya terhadap beton secara keseluruhan.

2.7.4 Jenis Admixture

Secara umum *Admixture* yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi 2 (dua) bagian yaitu *admixture* yang bersifat kimiawi (*Chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*addictive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan pada saat pengadukan dan

atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah *addictive* yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.

Saat ini mulai dilakukan pengujian penambahan material – material tertentu guna mencapai hasil ataupun mengetahui pengaruh dari penggunaan material tersebut. Bahan tersebut ditambahkan ke dalam campuran beton dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, agregat halus maupun agregat kasar. Cara pemakaiannya pun berbeda-beda, sebagai bahan pengganti sebagian agregat atau sebagai tambahan pada campuran untuk mengurangi pemakaian agregat.

a) Abu Terbang (Fly Ash)

Fly-Ash atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Fly-Ash atau abu terbang di kenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran.Abu terbang itu sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Di karenakan fly ash merupakan bahan pozzolanic yang mampu bereaksi secara kimia dengan kapur bebas.

b) Abu Kulit Gabah (Rice Husk Ash)

Kulit gabah dari penggilingan padi dapat digunakan sebagi bahan bakar dalam proses produksi. Kulit gabah terdiri dari 75% bahan mudah terbakar dan 25% berat akan berubah menjadi abu.

Abu ini dikenal dengan dengan *Rice Husk Ash* (RHA) yang mempunyai kandungan silika reaktif sekitar 85 – 90%.Untuk membuat abu kulit gabah menjadi silika reaktif yang dapat digunakan sebagai material pozzolan dalam beton maka diperlukan kontrol pembakaran yang baik.Temperatur pembakaran tidak boleh melebihi 800°Csehingga dapat dihasilkan RHA yang terdiri dari silika yang tidak terkristalisasi.

Jika kulit gabah ini terbakar hingga suhu lebih dari 850°C maka akan menghasilkan abu yang sudah terkristalisasi menjadi arang dan tidak reaktif lagi sehingga tidak mempunyai sifat pozzolan. RHA kemudian dapat digiling untuk mendapatkan ukuran butiran yang halus.RHA

sebagai bahan tambahan dapat digunakan dengan mencampurkannya pada semen atau hanya memakai air kapur sebagai campuran untuk mendapatka beton dengan kuat tekan rendah.

c) Abu Boiler

Secara umum abu boiler dapat didefinisikan sebagai materi sisa yang tidak habis terbakar dan berfungsi dalam proses pembakaran karbon, hidrogen, sulfur, oksigen dan penguapan air yang terkandung dalam Tandan Buah Sawit dan Cangkang Buah Sawit. Abu boiler tersebut berwarna gelap (hitam keabu-abuan) dan ukuran butirnya bervariasi dari ukuran pasir hingga kerakal (pebble). Komposisi kimia abu boiler didominasi oleh SiO2, Al2O3,CaO dan lainnya. Pada dasarnya abu boiler mempunyai komposisi kimia yang menyerupai aluminosilikat lainnya,seperti lempung. Bahan ini memadat selama berada didalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatik(Puti Farida, Erlangga Jogaswara, Jurnal). Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas-gas buangan, partikel-partikel abu ini umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel abu yang terkumpul pada presipitator elektrostatik biasanya berukuran silt (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO2), aluminium oksida (Al2O3) dan besi oksida (Fe2O3).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Standard Penelitian

Standar yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Standar Nasional Indonesia tentang tata cara perhitungan struktur banguna untuk gedung (**SK – SNI 03 – 2847 – 2002**).
2. Peraturan Beton Bertulang 1971 (**PBI ’71**)
3. American Society For Testing Materials (**ASTM**)

Pemeriksaan bahan-bahan penyusunan beton menurut standar nasional Indonesia antara lain :

- **SNI 15 – 2530 – 1991** tentang Metode Pengujian Kehalusan Semen
- **SNI 15 – 2531 – 1991** tentang Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland
- **SNI 03 – 1968 – 1990** tentang Metode Pengujian Analisis Agregat halus dan Agregat kasar
- **SNI 03 – 1969 – 1990** tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
- **SNI 03 – 1970 – 1990** tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
- **SNI 03 – 1971 – 1990** tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat

- **SNI 03 – 2417 – 1991** tentang Metode Pengujian Kehausan Agregat dengan Mesin Los Angeles.

3.2 Penelitian Di Laboratorium

Adapun penelitian-penelitian yag dilakukan di laboratorium meliputi :

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelititan ini, adalah :

a. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air bersih yang berasal dari instalasi air bersih laboratorium Konsturksi/Beton Universitas HKBP Nommensen (UHN) Medan.

b. Semen Portland

Pada penelitian ini digunakan semen Portland, merek semen Padang dalam kemasan per zak adalah 40 kg.

c. Pasir

Pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang bebas dari kotoran organik dan non organik.

d. Batu Pecah.

Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah Batu Pecah yang diproduksi dari PT. KARYA MURNI, Patumbak.Ukuran batu 10 mm, 20 mm, dan 30 mm.

e. Abu Vulkanik

Abu vulkanik yang digunakan pada penelititan ini adalah dari batu bata yang berasal dari gunung sinabung.

3.2.2 Peralatan

Sedangkan peralatan – peralatan yang digunakan adalah :

a. Ayakan (Saringan)

Ayakan yang berfungsi untuk mengayak sample untuk mengetahui kehalusan semen Portland, saringan yang digunakan pada analisa saringan semen adalah No. 100 dan No.200. sedangkan pada agregat kasar dan agregat halus, saringan berfungsi untuk

mengayak sample agar dapat modulus halus butir dan gradasi perbutiran. Ukuran saringan yang digunakan untuk analisa saringan agregat halus adalah 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, dan 0.15 mm. sedangkan ukuran saringan untuk analisa saringan agregat kasar adalah 40 mm, 20 mm, 10 mm dan 4.8 mm.

b. Timbangan

Timbangan berfungsi sebagai penimbang berat sample sesuai dengan yang dibutuhkan.

c. Thermometer

Thermometer berfungsi untuk menentukan suhu air dalam percobaan berat jenis.

d. Minyak Tanah

e. Sikat

Sikat berfingsi untuk membersihkan ayakan.

f. Mould

Mould berfungsi sebagai wadah benda uji pada penelitian berat isi.

g. Tongkat Pemadat

Mould berfungsi untuk memadatkan benda uji dalam mould.

h. Mistar

Mistar berfungsi untuk meratakan benda uji didalam mould.

i. Vibrator

Vibrator berfungsi untuk penggetar saringan pada uji analisa saringan.

j. Picnometer

Picnometer berfungsi sebagai wadah agregat halus pada percobaan berat jenis

k. Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan sample.

l. Talam

Talam berfungsi sebagai wadah untuk mengeringkan sample sampai pada kondisi SSD.

m. Sekop

Sekop berfungsi untuk mengocok adukan campuran beton rencana.

n. Scrap

Scrap berfungsi meratakan permukaan beton yang sudah di cetak.

o. Mollen

Mollen berfungsi sebagai wadah untuk mengaduk bahan-bahan yang sudah dicampur agar menjadi rata.

p. Cetakan

Cetakan dipakai ada 2 yaitu, bentuk silinder dan bentuk balok.

q. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams berfungsi sebagai wadah untuk slump test beton.

r. Bak Air

Bak Air berfungsi sebagai tempat perendaman benda uji yang telah dilepas dari cetakan.

s. Mesin uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur

Yang digunakan adalah dari merk Controls Italy yang berfungsi sebagai alat untuk menguji kuat tekan dan kuat lentur beton yang akan di test.

3.2.3 Pemeriksaan Bahan – bahan Penyusun Beton

Pemeriksaan bahan – bahan yang digunakan pada campuran beton yang meliputi semen Portland, Agregat kasar, Agregat halus dilakukan untuk mengetahui kondisi sifat – sifat bahan yang digunakan.Dengan adanya pengujian bahan – bahan di laboratorium maka perencanaan campuran beton (mix design concrete) diharapkan lebih akurat sehingga proporsi campuran yang direncanakan dapat digunakan dan dapat menghasilkan beton dangan mutu yang diharapkan.Adapun pengujian material penyusun beton meliputi.

a. Pemeriksaan Kehalusan Semen

Kehalusan semen sangat menentukan pada proses pengikatan agregat dalam campuran beton. Semakin halus semen, maka pengikatannya menjadi lebih sempurna dan juga mempercepat proses pengerasan beton. Pemeriksaan kehalusan semen dimaksudkan untuk mendapatkan semen standar sebagai bahan pengikat dalam campuran beton.

b. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar. Pemeriksaan berat jenis semen bertujuan untuk menentukan berat persatuan volume dari semen yang akan dipergunakan dalam perencanaan campuran beton.

c. Analisa Saringan

Penguraian susunan butiran agregat (gradasi) bertujuan untuk menilai agregat halus yang digunakan pada produksi beton.Pada pelaksanaannya perlu ditentukan batas maksimum dan minimum butiran sehubungan pengaruh terhadap sifat pekerjaan, penyusutan, kepadatan, kekuatan dan juga faktor ekonomis dari beton.Tujuan dari analisa saringan adalah untuk mendapatkan nilai modulus halus (*fineness modulus*) butir agregat dan gradasi perbutiran agregat.

d. Kadar Air

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat dalam satuan berat dibandingkan dengan berat keseluruhan agregat. Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat dalam pasir (*agregat halus*) saat akan diaduk menjadi campuran beton. Dengan diketahui kandungan air, maka air campuran beton dapat disesuaikan agar faktor air semen yang diambil konstan.

e. Berat Isi

Adalah perbandingan berat sample dengan volume sample. Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi 3 (tiga) cara yaitu :

- Cara Lepas
- Cara Penggoyangan
- Cara Pengrojokan

f. Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air pada volume yang sama. Penyerapan adalah

perbandingan antara berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan agregat dalam keadaan kering oven.

g. Pemeriksaan Kehausan Agregat Kasar

Bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles.Persyaratan kehausan agregat adalah harus lebih kecil dari 50%.

3.2.4. Perancangan Campuran Beton (Mix Design Concrete)

Langkah – langkah pokok perencanaan adukan beton normal menurut Metode Standar Nasional Indonesia **(SK - SNI 03 – 2847 – 2002)** adalah :

1. Perhitungan nilai Deviasi Standar (s)
   Deviasi standar dihitung dengan cara yang tercantum dalam lampiran.
2. Perhitungan nilai tambah (Margin), m
   Nilai tambah (m) dihitung dengan cara yang tercantup pada lampiran
3. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f’c) pada umur tertentu.
   a. Kuat tekan beton yang disyaratkan (f’c) ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dalam buku Rencana Karya dan syarat – syarat (RKS)
   b. Kuat tekan minimum beton diperoleh dari lampiran
   c. Untuk langkah selanjutnya kuat tekan beton dari poin (a) dan (b) diambil yang terbesar.
4. Kuat tekan rata – rata (f’cr)
   Kuat tekan rata – rata perlu diperoleh dengan : f’cr = f’cr + 1.64s
5. Penetapan Jenis semen Portland
   Pada langkah ini dipilih, akan dipakai semen biasa atau semen cepat mengeras. Jika beton terkena pengaruh lingkungan yang mengandung sulfat perhatikan juga jenis semennya.
6. Penetapan Jenis Agregat
   Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, apakah berupa agregat alami (kerikil alami atau pasir alami) atau agregat buatan (batu pecah atau pasir buatan).

7. Penetapan nilai faktor air semen
   a. Faktor air semen ditetapkan dengan cara yang tercantum dalam lampiran
   b. Nilai faktor air semen maksimum diperoleh dari lampiran
   c. Untuk perhitungan selanjutnya faktor air semen dari (a) dan (b) diambil yang terkecil.
8. Penetapan nilai Slump

   Penetapan nilai slump dilakukan dengan cara yang tertera pada lampiran.
9. Penetapan besar butir agregat maksimum

   Penetapan besar butir maksimum agregat dilakukan dengan cara pada lampiran
10. Jumlah air yang diperlukan per meter kubik

    Jumlah air yang per meter kubik beton diperoleh dari lampiran
11. Jumlah semen per meter kubik beton dihitung dengan

    Berat jenis per meter kubik beton dihitung dengan :

$$Wsmn = \frac{1}{fas} \; x \; Wair$$ ……..Pers 3.1

Dengan :

fas = Nilai fas dari langkah (8)

Wair = Berat air per meter kubik beton dari langkah (10)

12. Penetapan jenis agregat halus

    Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis yaitu :
    - Pasir Halus
    - Pasir agak Halus
    - Pasir agak Kasar
    - Pasir Kasar

    Penentuan jenis agregat halus yaitu didasarkan dari grafik analisa saringan agregat halus.

13. Proporsi berat agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari lampiran

14. Berat jenis relatif agregat

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$bj\ camp = \frac{kh}{100} + bj\ h + \frac{kk}{100} + bj\ k$$ ……..Pers 3.2

Dengan :

b_{jcamp} = Berat jenis agregat campuran

b_{jh} = Berat jenis agregat halus

b_{jk} = Berat jenis agregat kasar

k_h = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

k_k = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari pemeiksaan laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil sebesar :

b_j = 2.6 untuk agregat tak dipecah / alami

b_j = 2.7 untuk agregat pecahan

15. Perkiraan berat beton

Perkiraan berat beton dari lampiran

16. Dihitung kebutuhan berat agregat

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$W_{agr.\ Camp} = W_{btn} - W_{air}$$ ……Pers 3.3

Dengan :

$W_{agr.camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

Wbtn = berat beton per meter kubik beton (kg)

Wair = berat air per meter kubik beton (kg)

Wsmn = berat semen per meter kubik beton (kg)

17. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (13) dan (16)

    Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus :

$$W_{agr\ halus} = K_h \cdot W_{agr.camp}$$ ……..Pers 3.4

Dengan :

Kh = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

Wagr.camp = kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

18. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (13) dan (16)

    Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus :

$$W_{agr.kasar} = K_k \cdot W_{agr.camp}$$ …….Pers 3.5

Dengan :

Kk = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

Wagr.camp = kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

19. Koreksi proporsi campuran dilakukan apabila agregat tidak dalam kondisi SSD.

    Rumus :

$$Air = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100$$ ……..Pers 3.6

$$Agregat\ Halus = C + (C_k - C_a) \times C/100$$ ……Pers 3.7

$$Agregat\ Kasar = D + (D_k - D_a) \times D/100$$ …….Pers 3.8

Keterangan :

B = jumlah air (kg/m³)

C = jumlah agregat halus (kg/m³)

D = jumlah kerikil (kg/m³)

Ca = absorsi air pada agregat halus (%)

Ck = kadar air dalam agregat halus (%)

Da = absorsi air pada agregat kasar (%)

Dk = kadar air dalam agregat kasar (%)

3.2.5. Pembuatan Benda Uji

Pelaksanaan pengecoran untuk pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (mollen).

Adapun langkah – langkah pembuatan benda uji :

1. Mempersiapkan bahan – bahan campuran adukan beton yaitu semen, batu pecah dengan diameter (Ø) maksimum 20 mm, dan zat addictive dengan persentase yang telah ditentukan.
2. Masing – masing bahan ditimbang menurut beratnya sesuai dengan berat masing – masing bahan yang diperlukan menurut dari perhitungan volume campuran.
3. Mempersiapkan alat pengukur nilai slump, mollen, sekop, dan alat – alat lainnya seperti cetakan silinder dan cetakan balok.
4. Pasir dan semen serta abu vulkanik dimasukkan kedalam mollen untuk diaduk sekitar 3 menit.
5. Lalu kerikil dimasukan untuk diaduk sampai merata.
6. Kemudian air dimasukan secara perlahan – lahan dan bertahap.
7. Beton segar dituang kedalam bak penampungnya.
8. Selanjutnya adalah pengukuran nilai slump dengan cara memasukan beton segar kedalam kerucut abrams. Tiap lapisan diisi kira –kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapisan dirojok dengan memakai tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Setelah selesai pengrojokan ratakan permukaannya. Lalu cetakan ditarik tegak lurus keatas dengan hati – hati. Letakkan lerucut abrams dengan posisi disamping benda uji dan ukur selisih tinggi kerucut dengan benda uji.
9. Setelah dapat nilai slump, berarti adukan beton segar sudah dapat dituangkan kedalam cetakan silinder dan balok. Adukan beton segar dimasukkan secara berlapis kira – kira 1/3 isi cetakan tiap lapisan dan dirojok dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali dan ratakan permukaan benda uji.
10. Sampel yang sudah dicetak disimpan selama 24 jam atau 1 hari. Lalu cetakan dapat dibuka untuk selanjutnya direndam.

11. Lakukan langkah seperti diatas untuk pengecoran campuran dengan variasi penambahan abu vulkanik gunung sinabung sebanyak 10%, 20% dan 30% dari berat semen dan tanpa abu vulkanik sebagai control.

3.2.6. Perawatan benda uji

Setelah beton dilepas dari cetakan maka langkah selanjutnya adalah perwatan beton. Perawatan beton ini dilakukan dengan cara menaruh beton kedalam air. Beton yang baru dilepas dari cetakan dimasukkan kedalam bak perendaman sampai pada saat mau pengujian beton.

3.3. Pengujian Kekuatan Tekan Beton

Pengujian beto dilakukan untuk mengetahui karakteristik yang dihasilkan. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah : Pengujian kuat tekan beton. Benda uji yang telah siap ditentukan kuat tekannya didapat dngan menghitung beban maksimum yang diterima mortar berbanding luas bidang tekan, yang dinyatakan dalam kg/cm^2.

3.7 Pozolan

Menurut ASTM C 618-96 pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika dan alumina, dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sigat mengikat seperti semen, tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan beraksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa, membentuk senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti semen (kalsium siilikat dan kalsium aluminat hidrat). Pozzolan dibagi menjadi 2 macam, yaitu

1. Pozzolan alam (natural pozzolan), yaitu pozzolan yang terdapat di alam. Seperti abu vulkanik.
2. Pozzolan buatan (artificaial pozzolan), yaitu pozzolan yang didapat dari hasil pembakaran tanah liat, pembakaran batu bara berupa abu terbang dan abu sekam.

   Komposisi kimia dari bahan pozzolan dapat dilihat pada tabel 3.1 sedangkan syarat mutu pozzolan menurut ASTM C 618-96 dapat dilihat pada table 3.2

Tabel 3.1. Komposisi kimia bahan pozzolan

Unsur kimia (%)	Tras (%)	Fly Ash (%)
SiO2	45-72	40-60
Al2O3	10-18	20-26
Fe2O3	1-6	4-7
CaO	-	-
MgO	0,5-3,0	1,2
SO3	0,3-1,6	0,3-1,6
Alkali	-	2,5-5
LOI	3-14	1-10

Sumber : Tjokrodimuljo, 1996

Bila pozzolan dipakai sebagai bahan tambah akan menjadikan beton lebuh mudah diaduk, lebih rapat air dan lebih tahan terhadapserangan kiia. Poxxolan dapat mengurangi pemuaian beton yang terjadi akubat proses teaksi alkali-agregat (reaksi alkali dalam semen dengan silika dalam agregat), dengna demikian penambahan pozzolan abu terbang untuk beton struktural dapat didesain dengan teknik tertentu sehingga kekuatan yang dihasilkan dapat maksimal saat umur beto mencapai 28 hari dan kekuatan beton akan terus naik pada umur yang lebih tinggi.