

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi bangunan yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Tetapi beton ternyata memiliki kelemahan terhadap gaya tarik. Salah satu upaya untuk meningkatkan kuat tarik beton dilakukan dengan menambahkan serat, sehingga menjadi suatu bahan komposit yaitu beton dan serat. Beton serat mempunyai keunggulan ketahanan beton terhadap abrasi dan *impact*, meningkatkan kekuatan tekan, lentur, tarik. Pohon kelapa sudah sejak lama digunakan sebagai bahan konstruksi oleh masyarakat berbagai daerah di Indonesia.

Pembangunan di Indonesia dalam arti fisik seperti perumahan dan sarana yang lain, semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Disisi lain Serabut kelapa merupakan serat yang dapat menyerap air. Serabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan campuran dengan semen. Serabut kelapa mempunyai kemampuan kuat tarik yang baik, sehingga penggunaan bahan campuran serabut kelapa diharapkan dapat memberikan kelebihan dari masing- masing bahan, sehingga menghasilkan serat yang memiliki mutu yang baik. Serabut kelapa memiliki sifat ulet, dapat menyerap air, dan mempunyai tingkat keawetan yang baik jika tidak berhubungan langsung dengan cuaca sehingga bahan tersebut sangat baik digunakan sebagai bahan campuran pembuatan semen serat. Apabila serat semen tidak akan terlalu pegas dan akan mempunyai kelenturan serta tidak akan berjatuhan.

Ide dasar pada penggunaan bahan rumah tangga seperti limbah sabut kelapa adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai yang juga tidak dapat didaur ulang. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan sabut kelapa yang terinspirasi dari bahan rumah tangga sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah sebagian semen yang diganti dengan serabut kelapa dapat mempengaruhi kuat tekan beton ?
2. Berapa besar pengaruh serat serabut kelapa terhadap kuat tekan beton ?
3. Pada penggantian semen dengan serabut kelapa berapa % nilai kuat tekan optimum ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian yang penulis lakukan ini, ada beberapa masalah yang di batasi agar cakupannya tidak terlalu luas, adapun batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Menguji kuat tekan Beton dengan perbandingan campuran (1 : 2 : 3) dengan fas 0,5 dengan proporsi berat.
- b) Pengujian dilakukan pada umur : 7 , 14 , 21 , 28 hari.
- c) Bentuk benda uji berupa silinder berukuran Ø 15 cm, tinggi 30 cm.
- d) Perawatan benda uji dilakukan perendaman.
- e) Semen yang digunakan adalah Semen tipe 1.
- f) Agregat halus, yang digunakan adalah pasir sungai.
- g) Serat serabut kelapa yang dipakai adalah serat yg sudah dikeringkan.
- h) Persentase serat serabut kelapa digunakan dengan variasi 0% 0,15%, 0,3%, 0,45%.
- i) Benda uji yang dihasilkan 48 buah.
- j) Alat untuk pengujian tekan Beton menggunakan alat laboratorium teknik sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.
- k) Air yang digunakan adalah air yang berasal dari laboratorium Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen Medan.

Tabel 1. 1 variasi serabut kelapa jumlah benda uji

| Kadar Serat Umur | 0% | 0,15% | 0,3% | 0,45% | jumlah |
|---------------------|----|-------|------|-------|--------|
| 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 14 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 21 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 28 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Jumlah | 12 | 12 | 12 | 12 | 48 |

(Sumber : ketentuan penelitian)

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pemanfaatan serat serabut kelapa sebagai bahan pengganti material beton.
2. Untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penggantian sebagian semen menggunakan serat serabut kelapa.

1.5 Manfaat Penelitian

Dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam hal pemanfaatan limbah serabut kelapa supaya tidak mencemari lingkungan dan memberikan inovasi baru dalam hal campuran beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun menjadi lima bagian utama ditambah dengan lampiran – lampiran. Adapun deskripsi singkat dari masing – masing bab adalah.

Bab I yaitu pendahuluan, pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah,, sistematika penulisan,.

Bab II yaitu tinjauan pustaka, pada bab ini berisikan keterangan umum campuran beton yang akan diteliti berdasarkan referensi – referensi yang penulis dapatkan.

Bab III yaitu metode penelitian, pada bab ini berisikan prosedur penyediaan bahan yang akan digunakan didalam penelitian.

Bab IV yaitu hasil dan pembahasan, pada bab ini berisikan data dan analisa hasil pengujian beton yang telah dilaksanakan di laboratorium.

Bab V yaitu kesimpulan dan saran, pada bab ini merupakan bagian akhir dari tugas akhir ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Normal

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air.

Beton merupakan pencampuran dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan suatu perbandingan tertentu. Perbandingan ini tentu saja tidak sembarangan dikarenakan kekuatan yang diinginkan, karakteristik bahan dan fungsi bangunan menjadi salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam pembuatan beton.

Sifat – sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja dari beton tersebut berdampak pada kekuatan yang diinginkan.

Jika ingin membuat beton berkualitas baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar/*fresh concrete*) yang baik dan beton (beton keras / *hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton antara lain :

1. Harganya relatif murah.
2. Mampu memikul beban yang berat.
3. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
4. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil.

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh

- karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meses*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga dapat dimasuki air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
 3. Bentuk yang telah dibuat sulit di ubah.
 4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengerasakan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Ada suatu kelompok komponen pembentuk beton lain yaitu bahan tambahan (*admixtures*) yang hampir selalu dipakai dalam beton modern.

Admixture ini adalah bahan selain semen yang ditambahkan pada tahap pencampuran terhadap agregat halus maupun kasar dengan air (sesuai SNI 2847 acuan ASTM C49).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padatan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat.

Adapun sifat-sifat fisik semen yaitu :

a. Kehalusan Butir

Kehalusan semen mempengaruhi waktu pengerasan pada semen. Secara umum, semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar dan dapat mengurangi bleeding (kelebihan air yang bersama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar), akan tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

b. Waktu Ikatan

Waktu ikatan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu tahap dimanapasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu tersebut terhitung sejak air tercampur dengan semen. Waktu dari pencampuran semen dengan air sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikat awal, dan pada waktu sampai pastinya menjadi massa yang keras disebut waktu ikat akhir. Pada semen portland biasanya batasan waktu ikatan semen adalah :

Waktu ikat awal > 60 menit

Waktu ikat akhir > 480 menit

Waktu ikatan awal yang cukup awal diperlukan untuk pekerjaan beton, yaitu waktutransportasi, penuangan, pemadatan, dan perataan permukaan.

c. Panas hidrasi

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi.

d. Pengembangan volume (*lechatelier*)

Pengembangan semen dapat menyebabkan kerusakan dari suatu beton, karena itupengembangan beton dibatasi sebesar $\pm 0,8\%$. Akibat perbesaran volume tersebut, ruang antar partikel terdesak dan akan timbul retak – retak.

2.2.2 Semen Portland

Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), definisi Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

2.2.3 Sifat-Sifat Semen Portland

Sifat-sifat semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia.

a. Sifat fisika semen portland

Sifat-sifat fisika semen meliputi :

1. kehalusan butir (finesess)

proses hidrasi sangat dipengaruhi oleh kehalusan butir semen. Jika butir semen lebih kasar maka waktu pengikatan (setting time) menjadi semakin lama. Sebaliknya jika semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau kenaikan air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

2. Kepadatan (*density*)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 Mg/m^3 . Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara $3,05 \text{ Mg/m}^3$ sampai $3,25 \text{ Mg/m}^3$. Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran.

3. Konsistensi

Konsistensi semen portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada rasio antara semen dan air serta aspek-aspek bahan semen seperti kehalusan dan kecepatan hidrasi. Konsistensi semen mortar bergantung pada konsistensi semen dan agregate pencampurnya.

4. Waktu pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung darimulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan.

Pada semen portland *initial setting time* berkisar 1,0-2,0 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1,0 jam, sedangkan *initial setting time* tidak boleh lebih dari 8,0 jam.

5. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air. Dalam pelaksanaannya, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan.

6. Perubahan volume (*kekalan*)

Kekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan capurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadinya. Ketidakkekalan semen disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta yang terdapat dalam campuran tersebut.

b. Sifat kimia

Sifat-sifat kimia semen portland terdiri dari :

1. Kesegaran semen

Pengujian kehilangan berat akibat pembakaran dilakukan pada semen dengan suhu 900-1000°C. Kehilangan berat ini terjadi karena kelembaban yang menyebabkan yang menyebabkan prehidrasi dan karbonisasi dalam bentuk kapur bebas atau magnesium yang menguap.

2. Sisa yang tak larut

Sisa bahan yang tidak habis bereaksi adalah sisa bahan tak aktif yang terdapat pada semen. Semakin sedikit sisa bahan ini, semakin baik kualitas semen.

3. Panas hidrasi semen

seperti yang diuraikan, hidrasi terjadi apabila semen bersentuhan dengan air.

2.2.4 Jenis –Jenis Semen Portland

Semen Portland menurut Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) dibagi menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

- a. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Semen ini digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
- b. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen ini digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.
- c. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).
- d. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Semen ini digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan Besar lainnya.
- e. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Semen ini digunakan 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 sulfat dalam persentase yang tinggi.

2.2.5 Senyawa - Kimia

Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu

- a. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C3S.
- b. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C2S.
- c. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C3A.
- d. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C4AF (*Teknologi Beton, 2003*)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang paling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C3S dan C2S adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, Kardiyo 1992). Semen dan air saling bereaksi, persenyawaan ini dinamakan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan hidrasi semen.

2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta sebagai bahan pelumas antar butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Kandungan air yang rendah menyebabkan beton sulit dikerjakan (tidak mudah mengalir), dan kandungan air yang tinggi menyebabkan kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous.

Air yang digunakan sebagai campuran harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

Sumber air pada penelitian ini adalah jaringan PDAM Tirtanadi yang terdapat di Laboratorium Teknik Sipil Universitas HKBP Nomensen Medan.

2.4 Agregat

2.4.1 Umum

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton.

Tabel 2. 1 pengaruh sifat agregat pada sifat 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 : Teknologi Beton, 2003)

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil

dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm.

2.4.2 Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya.

Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 4,8 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*).

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik.

Adapun spesifikasi tersebut adalah :

1. Susunan Butiran (Gradasi)

Agregat halus yang digunakan harus mempunyai gradasi yang baik, karena akan mengisi ruang-ruang kosong yang tidak dapat diisi oleh material lain sehingga menghasilkan beton yang padat disamping untuk mengurangi penyusutan. Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan 3 jenis

pasir yaitu :

| | |
|--------------|--------------------|
| Pasir Kasar | : $2.9 < FM < 3.2$ |
| Pasir Sedang | : $2.6 < FM < 2.9$ |
| Pasir Halus | : $2.2 < FM < 2.6$ |

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C 33 –74

Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 2 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus

| Ukuran Saringan ASTM | Persentase berat yang lolos pada tiap saringan |
|----------------------|--|
| 9.5 mm (3/8 in) | 100 |
| 4.76 mm (No. 4) | 95 – 100 |
| 2.36 mm (No.8) | 80 – 100 |
| 1.19 mm (No.16) | 50 – 85 |
| 0.595 mm (No.30) | 25 – 60 |
| 0.300 mm (No.50) | 10 – 30 |
| 0.150 mm (No.100) | 2 – 10 |

(Sumber : *Teknologi Beton, 2003*)

2. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (ternadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agragat harus dicuci.
3. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering)
4. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organic yang akan merugikan beton, atau kadar organic jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder dengan batas standarnya pada acuan No 3.

5. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaihan.
6. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
 - Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %.
 - Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.

b. Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 4,8 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast -furnace dan lain-lain.

Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom yang sekarang ini, juga untuk pelindung dari radasi nuklir sebagai akibat banyaknya pembangkit atom an stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang melindungi dari sinar X, sinar gamma, dan neutron.

Pada beton demikian syarat ekonomismaupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

Spesifikasi dari Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Susunan butiran (gradasi)

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel

Tabel 2. 3 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

| ukuran lubang ayakan (mm) | persentase lolos kumulatif (%) |
|---------------------------|--------------------------------|
| 38,1 | 95 – 100 |
| 19,1 | 35 – 70 |
| 9,52 | 10 – 30 |
| 4,75 | 0 – 5 |

(Sumber : *Teknologi Beton, 2003*)

2. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.

4. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
5. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
6. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

2.5 Sifat-sifat Beton

Karakteristik dari beton dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk tujuan konstruksi tertentu. Pendekatan praktis yang paling baik adalah mengusahakan kesempurnaan semua sifat beton. Adapun sifat-sifat beton yaitu:

2.5.1 Sifat-sifat Beton Segar (*Fresh Concrete*)

Beton segar merupakan suatu campuran antara air, semen, agregat dan bahan tambahan jika diperlukan setelah selesai pengadukan, usaha-usaha seperti pengangkutan, pengecoran, pemadatan, penyelesaian akhir dan perawatan beton dapat mempengaruhi beton segar itu sendiri setelah mengeras.

Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecendrungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun *bleeding* mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Tiga hal penting yang perlu diketahui dari sifat-sifat beton segar, yaitu: kemudahan pengerjaan (*workabilitas*), (*segregation*), (*bleeding*).

a. . Kemudahan Pengerjaan (Workability)

Kelecekan adalah kemudahan mengerjakan beton, dimana menuang (placing) dan memadatkan (compacting) tidak menyebabkan munculnya efek negatif berupa pemisahan (segregation) dan pendarahan (bleeding).

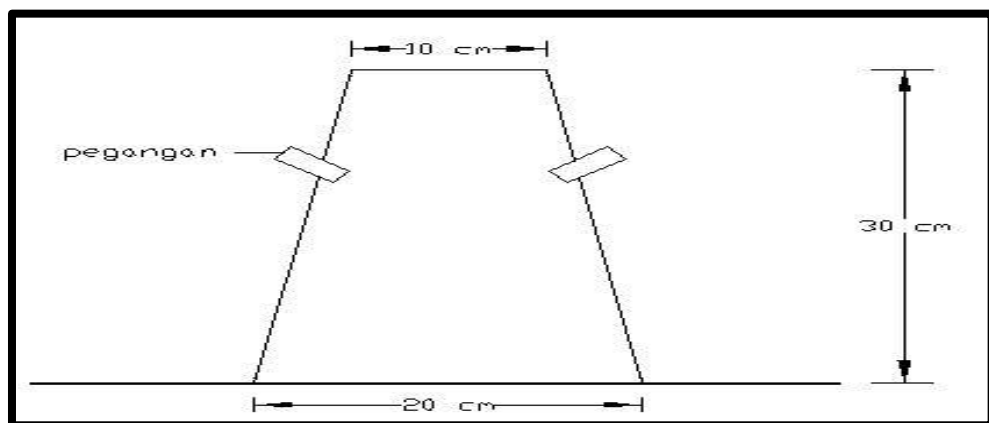
Ada 3 pengertian disini, yaitu kompaktilibitas, mobilitas dan stabilitas.

1. Kompaktilibitas : kemudahan mengeluarkan udara dan pemadatan
2. Mobilitas : kemudahan mengisi acuan dan membungkus tulangan .
Beton dengan mobilitas yang baik umumnya mempunyai kompaktilibitas yang baik pula.jadi umumnya cukup mengandalkan mobilitas
3. Stabilitas : kemampuan untuk tetap menjadi massa homogen tanpa pemisahan

Unsur-unsur yang mempengaruhi workabilitas yaitu :

1. Jumlah air pencampur.
Semakin banyak air yang dipakai makin mudah beton segar itu dikerjakan (namun jumlahnya tetap diperhatikan agar tidak terjadi segregasi)
2. Kandungan semen.
Penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai f.a.s (faktor air semen) tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil.
Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan. Gradasi adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil persentase berat yang lolos pada setiap ukuran saringan dari analisa saringan.
4. Bentuk butiran agregat kasar
5. Cara pemadatan dan alat pematik.

Konsistensi/keleccakan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian *slump* yang didasarkan pada ASTM C 143-74. Percobaan ini menggunakan corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Bagian bawah berdiameter 20 cm, bagian atas berdiameter 10 cm, dan tinggi 30 cm (disebut sebagai kerucut Abrams),



sepertiyang ditunjukkan pada gambar 2.1.

Gambar 2. 1 Kerucut Abrams

b. Pemisahan Kerikil(*Segregation*)

Beton cair bisa dipandang sebagai suatu suspensi butir agregatdi dalam matriks mortar semen. Bila kohesi tidak cukup untuk menahan partikel dalam suspensi maka akan terjadi segregasi. Campuran beton yang tersegregasi adalah sukar atau tidak mungkin dituang, tidak seragam, sehingga kualitasnya jelek.

Segregasi dapat terjadi karena turunnya butiran ke bagian bawah dari beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran, akibat cara penuangan dan pemadatan yang salah. Segregasi tidak bisa diujikan sebelumnya, hanya dapat dilihat setelah semuanya terjadi.

Faktor – faktor yang menyebabkan segregasi adalah :

1. Ukuran partikel yang lebih besar dari 25 mm,
2. Berat jenis agregat kasar yang berbeda dengan agregat halus,
3. Bentuk butir yang tidak rata dan tidak bulat,

4. Campuran yang terlalu basah atau terlalu kering.

Untuk dapat mengurangi kecenderungan segregasi maka yang diusahakan air yang diberikan sedikit mungkin, adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian yang terlalu besar dan cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul.

c. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Perdarahan sering terjadi setelah beton dituang dalam acuan. Bisa dilihat dengan terbentuknya lapisan air pada permukaan beton. Karena berat jenis semen lebih dari 3 kali berat Jenis air maka butir semen dalam pasta, terutama yang cair, cenderung turun. Pada beton yang normal dengan konsistensi yang cukup, bleeding terjadi secara bertahap dengan rembesan seragam pada seluruh permukaan. Namun pada campuran yang kurus (*lean*) dan basah, akan membentuk saluran sehingga air bisa mengalir dengan cukup cepat untuk mengangkut butir semen halus ke atas.

Perdarahan bisa dikurangi dengan menambah semen, memakai semen dengan butir halus, atau menambah pengisi halus (*filler*) seperti pozzolan. Sayangnya semua upaya di atas akan menambah susut pengeringan dan retak. Yang paling efektif adalah dengan mengurangi air sambil mempertahankan kelecakan dengan memakai air entrainment. (Paul Nugraha, Antoni, 2007)

2.5.2 Sifat-sifat beton keras

Sifat-sifat beton yang telah mengeras mempunyai arti yang penting selama masa pemakaiannya. Sifat-sifat penting dari beton yang telah mengeras antara lain: kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik belah beton.

Perilaku mekanik beton keras merupakan kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang lebih daktail, kededapan air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang.

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah :

a. Faktor air semen dan kepadatan

Semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah pula, hal ini karena jika faktor air semen terlalu rendah adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen tertentu (optimum) yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum.

b. Umur beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Biasanya nilai kuat tekan ditentukan pada waktu beton mencapai umur 28 hari. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linear) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya tidak terlalu signifikan. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 65% dan pada umur 14 hari mencapai 88% - 90% dari kuat tekan umur 28 hari.

c. Jenis semen

Semen Portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Jenis Portland semen yang digunakan ada 5 jenis yaitu : I, II, III, IV, V. Jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda.

d. Jumlah semen

Jika faktor air semen sama (*slump* berubah), beton dengan jumlah kandungan Pada jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Jika nilai *slump* sama (*fas* berubah), beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi.

e. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah

kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu kekasaran permukaan ini berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan-regangan tekan dan terhadap kekuatan betonnya. Akan tetapi bila adukan beton nilai *slump* nya sama besar, pengaruh tersebut tidak tampak karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air lebih sedikit, berarti fas nya rendah yang menghasilkan kuat tekan beton lebih tinggi.

2.5.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton persatuan luas. Kuat tekan beton normal antara 20 – 40 MPa. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh : faktor air semen (water cement ratio = w/c), sifat dan jenis agregat, jenis campuran, kelecakan (*workability*), perawatan (*curing*) beton dan umur beton.

1. Faktor Air semen

Faktor air semen (water cement ratio = w/c) sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin kecil nilai w/c nya maka jumlah airnya sedikit yang akan menghasilkan kuat tekan beton yang besar.

D.A Abrams pada tahun 1918 menyatakan bahwa untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja, yaitu faktor air semen dari pasta. Ini dinyatakan

Duff dan Abrams (1919) meneliti hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton pada umur 28 hari dengan uji silinder yang dapat dilihat.

2. Sifat dan jenis agregat

Sifat dan jenis agregat yang digunakan juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan akan dihasilkan kuat tekan beton yang tinggi. Selain itu susunan besar butiran agregat yang baik dan tidak seragam dapat memungkinkan terjadinya interaksi antar butir sehingga rongga antar agregat dalam kondisi optimum.

3. Jenis Campuran

Jenis campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan beton. Jumlah pasta semen harus cukup untuk melumasi seluruh permukaan butiran agregat.

4. Perawatan (*curing*)

Untuk memperoleh beton dengan kekuatan seperti yang diinginkan, maka beton yang masih muda perlu dilakukan perawatan dengan tujuan agar proses hidrasi pada semen berjalan dengan sempurna. Pada proses hidrasi semen dibutuhkan kondisi dengan kelembaban tertentu. Apabila beton terlalu cepat mengering, akan timbul retak-retak pada permukaannya. Menyebabkan kekuatan beton turun, juga akibat kegagalan mencapai reaksi hidrasi kimiawi penuh.

5. Umur Beton

Kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan beton dianggap mencapai 100 % setelah beton berumur 28 hari. Menurut SNI T-15-1991, perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat PC type 1 berdasarkan umur beton disajikan pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Perkembangan Kekuatan Beton dengan bahan pengikat PC type 1

| Umur beton (hari) | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 | 90 | 365 |
|----------------------|------|------|------|------|-----|----|-----|
| PC Type 1 | 0.44 | 0.65 | 0.88 | 0.95 | 1.0 | - | - |

(Sumber : Teknologi Beton, 2003)

2.6 Bahan Tambahan

2.6.1 Umum

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

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan 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 hidrolis 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 Specification 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 pekerjaan 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 cenderung bersifat penyemenan. Keuntungannya antara lain : memperbaiki kinerja *workability*, mempertinggi kuat tekan dan keawetan beton, mengurangi porositas dan daya serap dalam beton. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzolan, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.
4. *Miscellaneous admixture* (bahan tambah lain), yaitu bahan tambah yang tidak termasuk dalam ketiga kategori di atas seperti bahan tambah jenis polimer (*polypropylene*, *fiber mash*, serat bambu, serat kelapa dan lainnya), bahan pencegah pengarat dan bahan tambahan untuk perekat (*bonding agent*).

2.6.2 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 :

1. Pada beton segar (*fresh concrete*)
 - Memperkecil faktor air semen
 - Mengurangi penggunaan air.
 - Mengurangi penggunaan semen.
 - Memudahkan dalam pengecoran.
 - Memudahkan *finishing*.
2. Pada beton keras (*hardened concrete*)
 - Meningkatkan mutu beton
 - Kedap terhadap air (*low permeability*).
 - Meningkatkan ketahanan beton (*durability*).
 - Berat jenis beton meningkat

2.6.3 Perhatian Penting dalam Penggunaan Bahan Tambahan

Penggunaan bahan tambah di lapangan sering menimbulkan masalah-masalah tidak terduga yang tidak menguntungkan, 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 dikonfirmasi 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 bahayang 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 karateristik beton misalnya FAS, tipe dan gardasi agregat tipe dan lama pengadukan.

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

Biasanya percampuran bahan tambahan dilakukan pada saat percampuran beton. Karena kompleksnya sifat bahan tambahan beton terhadap beton.

2.7 Jenis Admixture

2.7.1 Mineal Admixture

a. Kerak Tanur Tinggi (*Slag*)

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag dalam ATSM. C.9889, “standard spesification for ground granulated blast-furnace slag use in concrete and mortar”, (ASTM, 1995 : 494) adalah produ non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya kedalam air.

Slag dihasilkan oleh industri peleburan baja yang secara fisik menyerupai agregat kasar. *Slag* adalah kerak, bahan sisa dari pengecoran besi (pig iron), dimana prosesnya memakai dapur (furnace) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (blast). Material penyusun *slag* adalah kapur, silika dan alumina yang bereaksi pada temperatur 1600°C dan berbentuk cairan. Bila cairan ini didinginkan secara lambat maka akan terjadi kristal yang tak berguna sebagai campuran semen dan dapat dipakai sebagai pengganti agregat. Namun membentuk *granulated glass* yang sangat reaktif, yang cocok untuk pembuatan semen *slag*. *Slag* tersebut kemudian digiling hingga halus, dapat dipakai sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan beton.

b. 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 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

c. Uap Silika (Silika Fume)

Uap silika terpadatkan (*Condensed Silica Fume*, CSF) adalah produk samping dari proses fusi (smelting) dalam produksi silikon metal dan amalgam ferrosilikon (pada pabrik pembuatan mikrochip untuk komputer). Juga disebut

siliks fume (SF), microsilika, silica fume dust, amorphous silica, dan sebagainya. Namun SF yang dipakai untuk beton adalah yang mengandung lebih dari 75% silikon. Secara umum, SF mengandung SiO₂ 86-96%, ukuran butir rata-rata 0,1-0,2 micrometer, dan strukturnya amorphous (bersifat reaktif dan tidak terkristalisasi). Ukuran siliks fume ini lebih halus dari pada asap rokok. Silika fume berbentuk seperti fly ash tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatnya. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampurkan dengan air 50%. Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi bulk density hanya 200-300 kg/m³. Specific surface area sangat besar, yaitu 15-25 m²/g

SF bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras. Untuk beton normal dengan kadar semen di atas 250 kg/m³, kebutuhan air bertambah dengan ditambahkan SF. Campuran lebih kohesif. Pada slump yang sama, lebih banyak energi dibutuhkan untuk menghasilkan aliran tertentu. Ini mengindikasikan stabilitas lebih baik dari beton cair. Perdarahan (bleeding) sangat berkurang sehingga perlu perawatan dini untuk mencegah retak susut plastis, khususnya pada cuaca panas dan berangin. SF biasanya dipakai bersama super plastisizer. Beton dari SF memperlihatkan kekuatan awal yang rendah. Namun perawatan temperatur tinggi memberi pengaruh percepatan yang besar. Potensi kekuatan adalah 3 sampai 5 kali dari semen portland per unit massa sehingga untuk kekuatan yang sama, umur 28 hari memberikan faktor air semen yang lebih besar. Panas hidrasi juga 2 kali lebih besar, namun karena potensi kekuatan tinggi, evolusi panas total bisa lebih rendah bila kadar semen dikurangi.

2.7.2 bahan tambah lainnya

Untuk mencapai hasil ataupun mengetahui pengaruh dari penggunaan material Saat ini mulai dilakukan pengujian penambahan material – material tertentu. 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. Serabut kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa, yaitu 35 % dari berat keseluruhan buah. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Serat adalah bagian yang berharga dari sabut. Setiap butir kelapa mengandung serat 525 gram (75 % dari serabut), dan gabus 175 gram (25 % dari sabut). Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Berikut beberapa komposisi kimia serabut kelapa :

Tabel 2. 5 Komposisi Serat Serabut Kelapa

| Parameter | Hasil Uji Komposisi (%) | Metode Uji |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Kadar Abu | 2.02 | SNI 14-1031-1989 |
| Kadar Lignin (Metode Klason) | 31.48 | SNI 14-0492-1990 |
| Kadar Sari | 3.41 | SNI 14-1032-1989 |
| Kadar Alfa Selulosa | 32.64 | SNI 14-0444-1989 |
| Kadar Total Selulosa | 55.34 | Metoda Internal BBPK |
| Kadar Pentosan sebagai Hemiselulosa | 22.70 | SNI 01-1561-1989 |
| Kelarutan dalam NaOH 1 % | 20.48 | SNI 19-1938-1990 |

(Sumber : Sunario, 2008 dalam (Laboratorium Balai Besar Pulp dan Kertas)

Dilihat sifat fisisnya sabut kelapa terdiri dari:

1. Seratnya terdiri dari serat kasar dan halus dan tidak kaku.
2. Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan.
3. Mengandung unsur kayu seperti lignin, tannin dan zat lilin.

Selama ini pemanfaatan serat sabut kelapa hanya digunakan untuk industri rumah tangga sekalakecil. Misalnya baham pembuatan sapu, tali, keset dan alat-alat rumah tangga lainnya.

b. Abu Kulit Gabah (Rice Husk Ash)

Kulit gabah dari penggilingan padi dapat digunakan sebagai 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°C sehingga 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. Limbah Karet

Cacahan karet ban merupakan salah satu bahan tambah ataupun pengganti pada agregat yang akhir –akhir ini mulai diteliti dampak penggunaannya terhadap campuran pada beton. Penggunaan cacahan karet ban ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar ataupun halus tergantung pada besar butiran cacahan karet yang digunakan.

Dampak tahap awal yang diharapkan dari penggunaan cacahan karet ban ini adalah didapatnya nilai perilaku mekanik beton yang setara ataupun mendekati dengan beton normal. Sehingga didapat penghematan agregat dalam campuran beton tersebut.

d. Bahan serat

Selain limbah dan industri metal, bahan serat (fiber) dapat pula meningkatkan kinerja beton, yang dikenal dengan beton berserat. Disini serat berfungsi sebagai tulangan mikro yang melindungi beton dari keretakan,

meningkatkan kuat tarik dan lentur secara tak langsung. Serat juga meningkatkan kekuatan tekan dan daktilitas beton, meningkatkan kedapannya beton, serta meningkatkan daya tahan beton terhadap beban bertulang dan beban kejutan. Sistem tulangan mikro yang terbuat dari serat-serat ini bekerja berdasarkan prinsip-prinsip mekanis, yaitu berdasar pada ikatan (*bond*) antar serat dan beton, bukan secara kimiawi. Oleh karenanya, material komposit beton berserat akan menjadi bahan yang tak mudah retak.

Proses kimiawi dalam beton tidak akan terpengaruh dengan adanya serat dan tidak akan merugikan proses pengerasan beton dalam jangka pendek maupun panjang. Beberapa jenis bahan serat yang dapat dipergunakan dalam beton, antara lain serat alami (*rami, abaca*), serat sintetis (*polypropylene, polyester, nylon*), serat baja, dan *fiber glass*.

Meningkatkan kuat tarik dan lentur, meningkatkan daktilitas dan kemampuan menyerap energi saat berdeformasi, mengurangi retak akibat susut beton, Meningkatkan ketahanan *fatigue* (beban berulang) dan meningkatkan ketahanan *impact* (beban tumbukan) merupakan beberapa keunggulan beton berserat.

2.8 Pemilihan Proporsi Campuran

Pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan berdasarkan hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen (fas). Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang digunakan. Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah.

Susunan campuran beton yang diperoleh dari perhitungan perencanaan campuran harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan. Bahan untuk coba harus mewakili bahan yang akan digunakan pada campuran sebenarnya.

2.8.1 Kuat Tekan Rata-rata

1. Deviasi Standar

Deviasi Standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c_i - f'cr)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

dengan: sd = deviasi standar

$f'c_i$ = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$f'cr$ = kuat tekan beton rata-rata $(f'cr = \frac{\sum_{i=1}^n f'c_i}{n})$

n = jumlah data/nilai hasil uji.

Deviasi standar ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton dan volume adukan beton yang dibuat, makin baik mutu pelaksanaan maka makin kecil nilai deviasi standar.

2. Nilai Tambah (M)

Nilai tambah dihitung dengan rumus:

$$M = 1,64 \times Sr \quad (2.2)$$

dengan : M = nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

Sr = deviasi standar rencana

Apabila dalam suatu produksi beton, hanya terdapat 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung berdasarkan data uji tersebut dengan faktor pengali (k), Sedang bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

2.8.2 Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan

Dihitung menurut rumus berikut :

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (2.3)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64 \cdot Sr \quad (2.4)$$

Tabel 2. 6 Faktor pengali (k) deviasi standar

| | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Jumlah Data | 30 | 25 | 20 | 15 | < 15 |
| Faktor Pengali | 1,00 | 1,03 | 1,08 | 1,15 | - |

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Tabel 2. 7 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

| Volume Pekerjaan | | Deviasi Standar sd (MPa) | | |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Sebutan | Volume Beton (m ³) | Mutu Pekerjaan | | |
| | | Baik Sekali | Baik | Dapat Diterima |
| Kecil | < 1000 | $4,5 < s \leq 5,5$ | $5,5 < s \leq 6,5$ | $6,5 < s \leq 8,5$ |
| Sedang | 1000 – 3000 | $3,5 < s \leq 4,5$ | $4,5 < s \leq 5,5$ | $5,5 < s \leq 7,5$ |
| Besar | > 3000 | $2,5 < s \leq 3,5$ | $3,5 < s \leq 4,5$ | $4,5 < s \leq 6,5$ |

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Tabel 2. 8 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

| Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan | Sd (MPa) |
|--|-------------|
| Memuaskan | 2,8 |
| Sangat Baik | 3,5 |
| Baik | 4,2 |
| Cukup | 5,6 |
| Jelek | 7,0 |
| Tanpa Kendali | 8,4 |

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

2.9 Slump

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan (tabel 2.9) agar diperoleh beton yang mudah dituangkan/dicor, dipadatkan dan diratakan.

Tabel 2. 9 Penetapan nilai slump

| Pemakaian Beton | Nilai Slump (mm) | |
|--|------------------|---------|
| | maksimum | Minimum |
| dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang | 125 | 50 |
| pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah | 90 | 25 |
| pelat, balok, kolom dan dinding | 150 | 75 |
| pengerasan jalan | 75 | 50 |
| pembetonan masal | 75 | 25 |

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

2.10 Ukuran Agregat Maksimum

Ukuran butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

1. 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan;
2. 1/3 dari tebal pelat;
3. 3/4 dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas tulangan.

Selain itu, gradasi agregat yang digunakan (agregat halus dan agregat kasar) harus memenuhi persyaratan gradasi agregat untuk beton.

2.11 Pemeriksaan Sifat Fisik Material di Laboratorium

Pemeriksaan sifat fisik material berguna dalam merencanakan campuran beton. Adapaun pemeriksaan yang dilakukan yaitu :

a. Analisa Saringan

Penguraian susunan butiran agregat (gradasi) bertujuan untuk menilai agregat yang digunakan pada produksi beton. Tujuan dari analisa saringan ialah untuk mendapatkan nilai modulus halus butir agregat dan gradasi perbutiran agregat.

$$MHB = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \%}{100} \quad (2.5)$$

b. Pemeriksaan Kehalusan Semen

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

$$F = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (2.6)$$

dengan :

W1 = berat benda uji yang tertahan diatas saringan

W2 = berat benda uji semula

c. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar dengan berat isi air suling sama dengan isi semen bertujuan untuk menentukan berat persatuan volume dari smen yang akan dipergunkan dalam perencanaan campuran beton.

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{W_2}{(W_2 - W_1) \cdot d} \quad (2.7)$$

dengan: BS = Berat semen (gr)

V1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

V2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

d = Berat isi air (1)

d. Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven.

$$B_j \text{ Kering} = \frac{W_2}{(W_2 + W_3 - W_1)} \quad (2.8)$$

$$B_j \text{ jenuh (SSD)} = \frac{W_2}{(W_2 + W_3 - W_1)} \quad (2.9)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100\% \quad (2.10)$$

dengan: B_j = Berat kering permukaan jenuh (gr)

B_k = Berat kering oven (gr)

W_1 = Berat bejana + benda uji + air (gr)

W_2 = Berat bejana + air (gr)

e. 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 agregat kasar saat akan diaduk menjadi campuran beton. Dengan diketahuinya kandungan air, maka air campuran beton dapat disesuaikan agar 38xperi air semen yang diambil konstan.

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (2.11)$$

dengan: w_1 = Berat agregat (gr)

w_2 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

f. Berat Isi

Berat isi adalah perbandingan berat sampel dengan volume sampel.

Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi tiga cara yaitu :

- 1) Cara Lepas
- 2) Cara Penggoyangan
- 3) Cara Perojokan

$$\gamma = \frac{W_3}{V} \quad (2.12)$$

dengan: γ = berat isi agregat

W3 = berat benda uji

V = volume wadah

g. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Mesin Los Angeles merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan / abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut. Uji keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dapat dilakukan dengan 500 atau 1000 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Pemeriksaan Keausan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Persyaratan keausan agregat kasar adalah harus lebih kecil dari 27%.

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (2.13)$$

Dengan : A = Berat sampel semula (gram)

B = Berat sampel yang tertahan / lebih besar dari
1,7 mm (gram)

h. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat.

$$\text{Kadar Lumpur Agregat} = \frac{w1 - w2}{w1} \times 100\% \quad (2.14)$$

dengan: w1 = Berat agregat mula-mula (gr)

w2 = Berat sampel setelah dikeringkan selama 24 jam (gr)

2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu akan memudahkan dalam menentukan langkah-langkah yang sistematis untuk penyusunan penelitian dari segi teori dan konsep. Penelitian terdahulu tentang penggunaan serabut kelapa sebagai bahan 40xperiment sudah beberapa kali dilakukan seperti yang pernah pernah dilakukan.

Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu

| No | Nama Peneliti | Judul | Tujuan | Hasil Penelitian |
|----|------------------------------|---|---|---|
| 1 | Richo Ronald Marpaung (2013) | Pengaruh penambahan sabut kelapa pada campuran beton terhadap kuat tekan dan peredam suara. | Mengetahui dan memanfaatkan limbah pertanian sabut kelapa sebagai bahan pengisi pada beton terhadap kuat tekan dan kuat Tarik beton. | Pengujian kuat tekan terjadi kenaikan pada variasi 5% sebesar 39,72 mpa sehingga memenuhi mutu beton yang direncanakan. |
| 2 | Sahrudin – Nadia (2016) | Pengaruh penambahan serat sabut kelapa terhadap mutu kuat tekan beton. | Untuk mendapatkan inovasi baru dalam hal campuran beton terhadap kuat tekan beton. | Penambahan serat sabut kelapa sebesar 0,125% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 16,56% dari beton normal. |
| 3 | Zulkify (2013) | Pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap kuat tekan beton pada beton normal. | Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap kuat tekanbeton serta untuk mengetahui peningkatan kuat .tekan beton | Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari dengan panjang serat 7 cm terjadi kenaikan dengan variasi 0.3% dengan kuat tekan sebesar 20,38 mpa |

BAB III METODE

PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang di gunakan pada penelitian adalah kajian experimental yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen (UHN) Medan. Kegiatan diawali dengan melakukan studi penelitian, kemudian dilanjutkan dengan persiapan dan pengujian untuk mendapatkan perhitungan desain campuran. Setelah dihitung kemudian dilakukan pembuatan benda uji (*sample*), setelah itu dilakukan perawatan (*curing*) dengan perendaman dalam air. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah dikeluarkan dari perendaman minimal 1hari dari waktu pengujian.

Metode penelitian eksperimental adalah penelitian yang digunakan dengan menciptakan fenomena pada kondisi terkendali. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan hubungan sebab-akibat dan pengaruh faktor-faktor pada kondisi tertentu.

3.2 Standart Penelitian

Standart yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Standart Nasional Indonesia tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Bangunan Untuk Gedung (**SK - SNI 03 – 2847 – 2013**).

2. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (**PBI 1971**).

Pemeriksaan bahan penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini :

1. **SNI 03-2530-1991** tentang metode pengujian kehalusan semen portland
2. **SNI 15-2049-1994** tentang semen portland.
3. **SNI 2816:2014** tentang metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton.
4. **SNI 03-1968-1990** tentang metode pengujian analisa saringan agregat kasar & halus.
5. **SNI 2417:2008** tentang cara uji keausan agregat dengan mesin arasi Los angeles.
6. **SNI 1969:2008** tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat

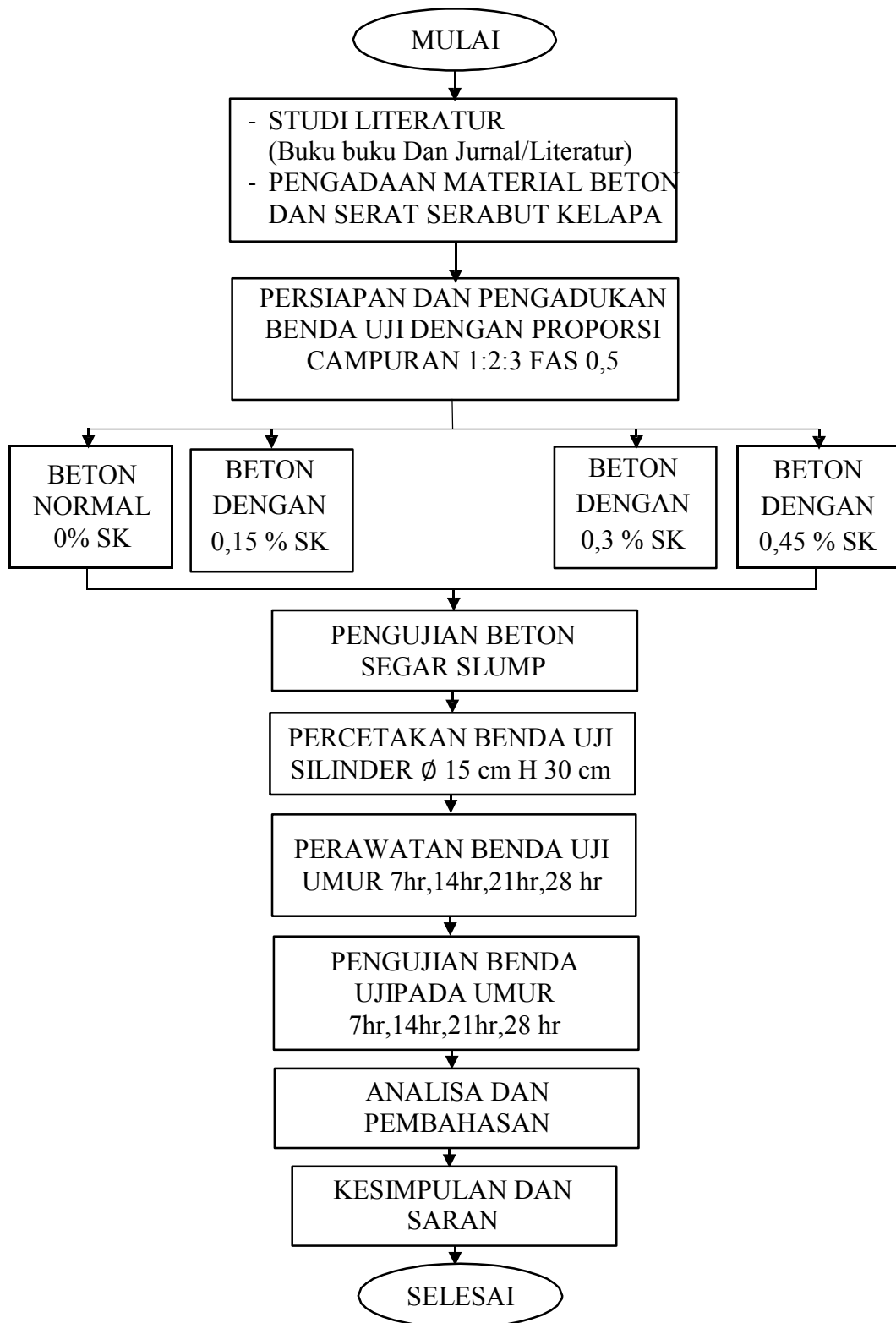
kasar.

7. **SNI 1970:2008** 7 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
8. **SNI 03-1971-1990** tentang metode pengujian kadar air agregat.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton/ Kontruksi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian

3.5 Persiapan Bahan Penyusun Beton

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I.dengan merek Semen Andalas. Ukuran kemesan 40 Kg/zak.

b. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Binjai.

c. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Patumbak..

d. Air

Air yang digunakan untuk pengadukan beton adalah air bersih. Berasal dari Laboratorium Beton/ Konstruksi, Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.6 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Saringan

Ada beberapa pengujian yang dilakukan dengan alat ini, seperti :

1. Analisa Saringan Agregat Kasar & Halus. Diameter saringan yang digunakan untuk Agregat Kasar adalah 31,5mm ; 25,4mm ; 19,0mm ; 12,5mm ; 9,5mm ; 4,75mm dan PAN. Sedangkan untuk Agregat Halus berdiameter 9,5mm ; 4,75mm ; 2,36mm ; 1,18mm ; 0,6mm ; 0,3mm ; 0,15mm ; 0,075mm ; dan PAN.
2. Kehausan Sement Portland Kehalusan Semen Portland Menggunakan saringan nomor 100, 200 dan PAN.
3. Portland Konsistensi Normal Semen Menggunakan saringan nomor 200 dan PAN
4. Pemeriksaan Zat Organik dalam Agregat Halus Saringan yang digunakan berdiameter 4,75mm
5. Pengikat Awal Semen Portland Menggunakan saringan nomor 100 dan

PAN

6. Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angels

Menggunakan saringan berdiameter 37,5 ; 35 ; 19 ; 12,5 ; 9,5 ; PAN

7. Berat Jenis & Penyerapan Agregat Kasar

Menggunakan diameter saringan yang lewat 31,5mm dan tertahan di 4,75mm

b. Minyak Solar

Digunakan untuk mengoles pada cetakan slinder, agar mudah saat pengeluaran sampel

c. Timbangan

Untuk mengukur berat sampel agar sesuai dengan kebutuhan

d. Sikat

Digunakan untuk membersihkan saringan setelah digunakan.

e. Tongkat pematik

Digunakan untuk memadatkan mortar saat dimasukkan ke slinder.

f. Mould

Digunakan untuk tempat Ketika percobaan konsistensi normal semen Portland.

g. Mesin Penggetar

Digunakan untuk menggetarkan sampel saat penyaringan sampel.

h. Oven

Digunakan untuk mengeringkan sampel benda uji.

i. Sekop

Untuk memindahkan sampel pasir, batu, maupun mortar.

j. Molen

Digunakan Untuk Mengaduk Campuran Beton

k. Slinder

Slinder yang digunakan mempunyai ukuran tinggi 30cm dan berdiameter 15cm.

l. Mesin Los Angels

Digunakan untuk pengujian Keausan Agregat Kasar.

m. Sendok semen

Digunakan untuk memindahkan sampel. Baik semen, pasir, maupun mortar.

n. Kerucut Abrams

Digunakan untuk percobaan Slump Test. Diameter bawah sebesar 300mm dan diameter atas sebesar 200mm.

o. Talam

Digunakan untuk tempat sampel sampai kering SSD

p. Vicat

Digunakan untuk pengujian Daya Ikat Semen Portland

q. Alat Tekan

Digunakan untuk menguji kuat tekan beton, alat yang digunakan bernama Controls Milano – Italy

r. Ember

Digunakan untuk menampung sampel ataupun air.

s. Mistar/ Meteran

Digunakan untuk mengukur panjang atau tinggi sampel.

3.7 Pengujian Bahan Penyusun Beton

3.7.1 Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990)

Ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam table atau grafik. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut :

3.7.2 Analisa Saringan Agregat Halus

1. Tujuan Percobaan :
 - a. Mengetahui gradasi/distribusi pasir.
 - b. Menentukan modulus kehalusan (*fineness modulus*) pasir.
2. Peralatan :
 - a. Timbangan
 - b. Sieve shaker machine
 - c. 1 set ayakan
 - d. Oven
 - e. *Sample Splitter*
3. Bahan :

Pasir kering Oven sebanyak 500 gram.
4. Prosedur Percobaan
 - a. Ambil pasir yang sudah kering oven ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$).
 - b. Sediakan 2 (dua) sampel pasir dengan berat masing-masing 1000 gram dengan menggunakan sampel splitter.
 - c. Susun ayakan berurut dari atas ke bawah (9,52 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm, 0,75 mm, dan PAN).
 - d. Tempatkan susunan ayakan tersebut di atas *sieve shaker machine*,
 - e. Masukkan sample 1 pada ayakan yang paling atas lalu tutup rapat.

- f. Kemudian nyalakan mesin selama 15 menit.
- g. Setelah 15 menit, ambil ayakan dan timbang kerikil yang tertahan di masing masing ayakan tersebut.
- h. Ulangi percobaan untuk sampel kedua dengan cara yang sama.

3.7.3 Analisa Saringan Agregat Kasar

1. Tujuan Percobaan :
 - a. Mengetahui gradasi/distribusi kerikil
 - b. Menentukan modulus kehalusan (*fineness modulus*) kerikil.
2. Peralatan :
 - a. 1 set ayakan
 - b. *Sieve shaker machine*
 - c. Timbangan
 - d. *Sampel splitter*
 - e. Sekop
3. Bahan Kerikil sebanyak 2500 gram
4. Prosedur percobaan
 - a. Sediakan 2 (dua) sampel kerikil dengan berat masing-masing 2500 gram dengan menggunakan *sampel splitter*.
 - b. Masukkan kerikil kedalam ayakan yang telah disusun sesuai dengan urutannya (31,5 mm, 25,4 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, dan PAN).
 - c. Tutup susunan ayakan tersebut dan letakkan di *sieve shaker machine*, kemudian nyalakan mesin selama 15 menit.
 - d. Setelah 15 menit, ambil ayakan dan timbang kerikil yang tertahan di masing-masing ayakan tersebut.
 - e. Ulangi percobaan untuk sampel kedua dengan cara yang sama.

3.7.4 Pengujian Kadar Air Agregat

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat tersebut dalam satuan banding dengan berat keseluruhan dari agregat. Prosedur pengujian kadar air agregat adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan agregat kasar yang lolos saringan $\square 31,5$ mm dan tertahan di $\square 4,75$ mm sebanyak 6000 gram
- b. Siapkan agregat halus 1000 gram
- c. Kemudian timbang talam sebelum di isi agregat halus dan agregat kasar. Catat beratnya.
- d. Kemudian timbang agregat kasar sebanyak 6000 gram untuk 2 sampel pengujian timbang agregat halus sebanyak 1000 gram untuk 2 sampel pengujian.
- e. Masukkan benda uji kedalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam
- f. Lalu keluarkan benda uji dan biarkan beberapa saat supaya beratnya konstan, kemudian timbang dan catat beratnya ($W_3 = W_2 + W_1$).

3.7.5 Kehalusan Semen Portland (SNI 15 – 2049 - 2004)

Metode pengujian ini digunakan untuk menentukan nilai kehalusan semen portland dengan cara penyaringan. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan untuk melakukan pengujian kehalusan semen portland dengan cara penyaringan dan selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu semen. Kehalusan semen portland adalah perbandingan berat benda uji yang tertahan di atas saringan no. 100 dan 200 dengan berat benda uji semula.

Cara pengujiannya adalah :

- a. Susun saringan no. 100 di atas no. 200 serta pan,
- b. Timbang berat benda uji kemudian masukkan ke dalam saringan no. 100 dan tutup.
- c. Selanjutnya goyang susunan saringan perlahan-lahan selama 3-4 menit.
- d. Lepaskan pan kemudian saringan diketok dengan menggunakan tongkat kuas secara perlahan-lahan sehingga partikel halus yang menempel terlepas dari saringan.
- e. Selanjutnya penyaringan digoyang- goyang lagi
- f. Lanjutkan penyaringan dengan cara menggerakkan saringan ke kiri dan ke kanan sambil posisi saringan dimiringkan sedikit.
- g. Terakhir hitung perbandingan berat bagian benda uji yang tertahan di

atas saringan.

h. Angka perbandingan tersebut adalah kehalusan semen Portland

3.7.6 Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland (SNI 03 – 2531 - 1991)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui cara pengujian dan menentukan berat jenis Portland Cement Composit (PCC). Berat jenis semen Portland komposit tidak sama dengan berat jenis semen Portland biasa. Apabila semen Portland memiliki berat jenis kisaran 3,0 - 3,2 maka semen Portland komposit memiliki berat jenis kurang dari 3,00. Untuk mengetahui berat jenis semen maka digunakan rumus sebagai berikut.

Prosedur pengujian :

- a. Mengisi Labu Le Chatlier kapasitas 24 ml dengan kerozen/ minyak tanah sampai memenuhi skala antara 0 dan 1, kemudian membersihkan dan mengeringkan bagian atas permukaan kerozen dengan menggunakan kawat yang dibalut dengan tissue.
- b. Meletakkan Labu Le Chatlier yang berisikan kerozen di ruang yang bersuhu tetap selama 15 menit untuk menyamakan suhu cairan (kerozen) dengan suhu ruangan 24,5°C.
- c. Mengamati dan mencatat volume awal (V1) dengan membaca skala pada Labu Le Chatlier.
- d. Menimbang Semen Portland Komposit 60,6 gram, kemudian memasukkan Semen Portland Komposit yang telah ditimbang ke dalam Labu Le Chatlier secara perlahan menggunakan spatula dan corong kaca. Jika saluran masuk terhambat, dapat dibantu dengan menusukkan kawat ke saluran yang terhambat. Diupayakan semen menempel di dinding Labu Le Chatlier. Apabila semen menempel di dinding Labu Le Chatlier, maka putar Labu Le Chatlier secara perlahan.
- e. Meletakkan kembali Labu Le Chatlier yang berisikan semen dan kerozen di ruangan yang bersuhu 24,5°C selama 15 menit.
- f. Memutar benda uji secara perlahan sampai tidak terdapat

gelembung udara.

- g. Apabila gelembung udara tidak timbul kembali, kemudian membaca volume akhir (V2) dengan skala yang terdapat pada LabuLe Chatlier.

3.7.7 Konsistensi Normal Semen Portland (SNI 03 – 6287 – 2002)

Konsistensi normal semen Portland adalah banyaknya air campuran dalam pasta beton untuk menentukan waktu pengikatan semen standart. Percobaan ini menggunakan alat Vicat.

Perosedur percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Sediakan semen sebanyak 300 gram yang lolos saringan No.200.
- b. Untuk mendapatkan konsistensi normal, dilakukan beberapa kali percobaan. Yaitu dengan kadar air 26% - 28%.
- c. Masukkan air sebanyak persentase yang ditentukan kedalam mangkok pengaduk.
- d. Masukkan benda uji kedalam mangkok dan diamkan selama 30menit.
- e. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 lebih kurang 5)rpm, selama 30 detik.
- f. Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik,, untuk/ sambal membersihkan pasta semen yang menempel di pinggir mangkok.
- g. Kemudian jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 lbih kurang 100) rpm, selama 60 detik.
- h. Buatlah pasta berbentuk bola dengan menggukan sarung tangan plastic. Kemudian dilemparkan enam kali dari satu tangan ke tangan yang satunya dengan jarak 15 cm.
- i. Kemudian masukan dan padatkan kedalam cincik konik yang telah dialaskan pelat. Kelebihan pasta pada permukaan cincin konik diratakan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
- j. Letakkan pelat kaca diatas lubang besar cincin konik, balik, ratakan dan licinkan.
- k. Setelah selesai letakkan cincin konik dibawah jarum Vicat. Letakkan di tengah-tengah. Kemudian jatuhkan jarum Vicat dan catat penurunan yang

berlangsung 30 detik.

1. Lakukan prosedur diatas dengan kadar air yang berbeda untuk mendapatkan penurunan 10 mm.

3.7.8 Berat Jenis & Penyerapan Agregat Halus (SNI 1970:2008)

Merupakan percobaan untuk menentukan persentase perbandingan antara berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan, dengan berat agregat dalam keadaan kering oven.

Prosedur percobaan :

- a. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Kemudian Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung (cone), masukkan benda uji kedalam kerucut terpancung sampai 3 bagian.
- c. Kemudian padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali angkat kerucut terpancung (cone). Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda penguji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tertetak, apabila masih runtuh ulangi.
- d. Ambil agregat halus 500 gram lolos saringan No.4.
- e. Timbang berat piknometer
- f. Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya.
- g. Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD kedalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, kemudian goyangkan piknometer sampai gelembung udaramenghilang.
- h. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram.
- i. Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan.
- j. Keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air kemudian saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, kemudian masukan kedalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang.

3.7.9 Pengikat Awal Semen Portland

Pengikat awal adalah jangka waktu mulainya pengukuran pasta semen pada konsistensi normal hingga pasta semen kehilangan sebagian sifat plastiknya.

Prosedur percobaan :

- a. Tentukan dan siapkan volume air suling yang diperlukan untuk mencapai konsistensi normal sesuai dengan cara yang berlaku.
- b. Tuangkan air suling itu kedalam mangkok pengaduk, kemudian masukan secara perlahan-lahan 300 gram benda uji semen kedalam mangkok pengaduk yang sama; selanjutnya biarkan selama 30 detik.
- c. Aduklah campuran air suling dan benda uji itu selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan 140 ± 5 putaran per menit.
- d. Pengadukan dihentikan selama 15 detik, bersihkan pasta semen yang menempel dipinggir mangkok pengaduk.
- e. Aduk, kembali pasta semen selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit.
- f. Buatlah pasta semen berbentuk bola dengan tangan, sambil dilemparkan sebanyak 6 kali dari tangan kiri ke tangan kanan dengan jarak kedua tangan ± 15 cm.
- g. Peganglah cetakan benda uji dengan salah satu tangan, kemudian melalui lobang dasarnya masukan pasta semen sampai terisi penuh, dan ratakan kelebihan pasta pada dasar cincin dengan sekali gerak telapak tangan.
- h. Letakkan thermometer beton diatas benda uji, lalu disimpan di lemari lembab selama 30 menit; selama percobaan benda uji dalam cincin & ditahan pelat kaca.
- i. Catatlah suhu udara dengan thermometer laboratorium dan suhu benda uji dengan thermometer dengan beton. Letakkan benda uji pada alat vicat, letakkan pembacaan skala pada nol atau catat angka permulaan, dan segera lepaskan jarum vicat.

3.7.10 Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan dari agregat kasar dengan mesin Los Angeles.

Metode percobaan Los Angeles adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles
- b. Mencuci agregat hingga bersih dan oven selama 24 jam, setelah di oven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
- c. Memasukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dengan bola baja yang sesuai pada tabel ukuran fraksi diatas.
- d. Menyalakan mesin, mesin akan berputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm untuk 500 putaran.
- e. Setelah putaran selesai sampel dikeluarkan kemudian melakukan penyaringan awal dengan saringan berdiameter lebih dari 1,7 mm (No.12). Saring bagian sampel yang lebih halus dengan saringan 1,7 mm (No.12). Butiran yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (No.12) dicuci bersih kemudian dikeringkan dengan oven suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap lalu ditimbang.

3.7.11 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 1969:2008)

Untuk menentukan berat jenis kering dan penyerapan dari agregat kasar.

Prosedur percobaannya adalah sebagai berikut :

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.

- e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
- f. Timbang benda uji kering-permukaan jenuh (Bj).
- g. Letakkan benda uji didalam keranjang, guncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).
- h. Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan; bahan semacam ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat hati-hati, dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

3.7.12 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus, kandungan lumpur seharusnya sebesar 5% dari berat agregat halus.

- a. Peralatan
 - Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah
- b. Bahan
 - Agregat halus
 - Larutan
- c. Prosedur pengujian
 1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
 2. Masukkan pasir kedalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml.
 3. Tambahkan air kedalam gelas ukur hingga mencapai 115 ml dan 125ml.
 4. Tutup permukaan gelas dan kocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
 5. Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan mengendap selama 24 jam.

6. Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.

3.7.13 Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus dan kasar.

a. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Wadah silinder
- Sekop
- Mistar perata
- Tongkat pemadat

b. Bahan

- Agregat Kasar
- Agregat Halus

c. Prosedur pengujian berat isi agregat kasar

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Ukurlah diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan menggunakan mistar.
3. Dalam melakukan pengujian berat isi akan dilakukan menggunakan 3 metode yaitu berat isi lepas, perojokan, dan penggoyangan.
4. a. Pengujian dengan metode lepas
 - Timbang dan catat berat wadah (W_1).
 - Masukkan agregat kasar dengan hati-hati agar tidak berjatuh dan tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan agregat kasar dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2).

- Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b. Pengujian dengan metode perojokan
 - Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25kali secara merata.
 - Pada saat lapis ke tiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Rojoksebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat kasar (W_2).
 - Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).
- c. Pengujian dengan metode penggoyangan
 - Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Letakkan wadah di tempat yang rata dan kokoh, kemudian goyangkan wadahsebanyak 25 kali secara merata.
 - Pada saat lapis ketiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Goyangkan sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2).
 - Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.7.14 Prosedur pengujian berat isi agregat halus

- a. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Ukurlah diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan menggunakan mistar.
- c. Dalam melakukan pengujian berat isi akan dilakukan menggunakan 3 metode yaitu berat isi lepas, perojokan, dan penggoyangan.
- d. a. Pengujian dengan metode lepas
 - Timbang dan catat berat (W_1).
 - Masukkan agregat halus dengan hati-hati agar tidak berjatuh dan tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian

maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sekop sampai penuh.

- Ratakan permukaan agregat halus dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat halus (W_2).
 - Hitunglah berat agregat halus ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b. Pengujian dengan metode perojokan
- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - Isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25kali secara merata.
 - Pada saat lapis ke tiga, isi agregat halus melebihi ukuran wadah. Rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat halus (W_2).
 - Hitunglah berat agregat halus ($W_3 = W_2 - W_1$).
- c. Pengujian dengan metode penggoyangan
- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - Isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Letakkan wadah di tempat yang rata dan kokoh, kemudian goyangkan wadah sebanyak 25 kali secara merata.
 - Pada saat lapis ketiga, isi agregat halus melebihi ukuran wadah. Goyangkan sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat halus (W_2).
 - Hitunglah berat agregat halus ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.8 Perancangan Campuran Beton

Adapun perancangan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan kuat tekan beton yang ingin di rencanakan
- b. Hitung standart deviasi
- c. Tentukan jenis semen yang dibutuhkan
- d. Tentukan jenis agregat yang ingin digunkana

- e. Tentukan FAS yang akan digunakan
- f. Tentukan ukuran butiran agregat halus dan kasar yang akan digunakan
- g. Hitung jumlah semen yang dibutuhkan
- h. Lakukan pengujian bahan penyusun beton
- i. Tentukan jumlah sampel yang dibutuhkan,

3.9 Perawatan Benda Uji

Perawatan (*curing*) dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan perlu untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air, karena hidrasi terjadi di dalamnya.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedap terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Perendaman dilakukan setelah 24 jam, atau setelah beton mengering. Lamanya perendaman dilakukan sesuai dengan perencanaan, yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

3.10 Pengujian Benda Uji

Pengujian beton keras yang dilakukan adalah dengan menguji kuat tekan beton. Alat yang digunakan adalah *CONTROLS MILANO-ITALY*. Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai dari sampel dengan alat tersebut.

3.10.1 Pengujian Beton Segar (SNI 03-1972-1990)

Beton Segar ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengambilan benda uji harus dari contoh beton segar yang mewakili campuran beton. Untuk melaksanakan pengujian Beton Segar harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Basahi cetakan dan pelat.
- b. Letakkan di atas pelat dengan kokoh.
- c. isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapisan tiap

lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan. setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata, tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.

- d. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat
- e. Balikkan cetakan dan letakkan berlahan-lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

3.10.2 Pengujian Berat Isi Beton Segar (SNI 03-1973-1990)

Untuk melaksanakan pengujian berat isi beton segar harus diikuti tahapan sebagai berikut :

- a. Isilah takaran dengan benda uji dalam 3 lapis.
- b. Tiap-tiap lapis dipadatkan 25 kali tusukan secara merata.
- c. Setelah selesai pemadatan, ketuklah sisi takaran perlahan-lahan sampai tidak tampak gelembung-gelembung udara pada permukaan serta rongga-rongga bekas tusukan tertutup.

3.10.3 Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)

Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari untuk tiap variasi beton sebanyak 9 buah. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin *CONTROLS MILANO-ITALY* berkapasitas 2000 ton yang ditekan secara otomatis.

Untuk melaksanakan pengujian kuat teka beton segar harus diikuti tahapan sebagai berikut :

- a. Letakkan benda uji pada mesin tekan dengan cara centris
- b. Jalankan mesin tekan dengan menambahkan beban yang konstan sekitar pada 2 hingga 4 kg/cm² per detik.
- c. Lakukan pembebanan hingga benda uji jadi hancur serta tulislah beban maksimum yang berlangsung sepanjang kontrol benda uji.
- d. Gambar bentuk pecah serta tulislah kondisi benda uji