

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsep bangunan hijau (*green building*) yang ramah lingkungan saat ini sedang gencar-gencarnya berkembang di dunia konstruksi. Perkembangan berikutnya tidak sekedar berupa konsep, tapi sudah dan telah dibuat pedoman dan aturan perencanaan, pelaksanaan, dan operasional bangunan yang betul-betul memperhatikan kondisi lingkungan dan dampak terhadap lingkungan yang timbul. Salah satu bagian penting dalam konsep bangunan hijau adalah penggunaan material-material konstruksi yang ramah lingkungan. Dimana material konstruksi tersebut diambil, diproduksi, digunakan dan dirawat dengan seminimal mungkin berkontribusi pada kerusakan lingkungan. Seperti halnya dengan material beton yang dewasa ini banyak digunakan pada hampir semua bangunan yang didirikan. Beton tersusun atas material semen, pasir, kerikil, dan air, yang terkadang juga diberikan bahan-bahan tambah lainnya untuk mencapai performa beton yang diinginkan.

Material semen, walaupun dalam beton digunakan sekitar 7%-15%, ternyata untuk menghasilkan semen digunakan energi yang cukup besar dan limbah yang melimpah juga, sehingga akan sangat berpengaruh pada kondisi lingkungan. Sedangkan penggunaan material agregat kerikil dan pasir, yang merupakan bahan penyusun utama beton, sekitar 80%, apabila penambangannya tidak terkendali dan serampangan, tentu akan menimbulkan degradasi lingkungan yang cukup besar. Oleh karena itu, saat ini perlu dipikirkan penggunaan material penyusun beton yang dibuat dengan konsep ramah lingkungan. Atau diupayakan material lain yang mempunyai karakteristik, performa dan kekuatan yang menyamai material beton tapi juga ramah lingkungan.

Hal ini menjadi tantangan-tantangan masa kini untuk menciptakan inovasi-inovasi baru dalam membangun infrastruktur yang ramah lingkungan. Salah satu langkah yang tepat dalam membangun bangunan ramah lingkungan adalah dengan menggunakan limbah/sampah sisa dari pedang tebu sebagai salah satu material pengisi yang baik untuk material bahan bangunan agar dapat digunakan membangun bangunan yang kokoh. Beberapa limbah/sampah hasil dari pedang tebu di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara baik, bahkan masih dibuang

langsung tanpa dimanfaatkan secara optimal. Dalam proses pembuatan tebu menjadi minuman menghasilkan limbah ampas tebu yang tidak dimanfaatkan kembali, sehingga ampas tebu ini dibuang dan tidak dimanfaatkan secara optimal.

Dari segi kandungan kimia apabila sisa limbah tersebut berubah menjadi abu memiliki karakteristik yang hampir sama dengan semen yang umum digunakan sehingga apabila digunakan sebagai bahan tambah dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan semen dalam aplikasinya di lapangan. Dengan mengurangi penggunaan semen diharapkan dapat membuat limbah ini memiliki nilai ekonomi dan dapat membantu masyarakat dalam membuat bangunan rumah yang lebih murah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian pemanfaatan abu ampas tebu ini adalah sebagai berikut ini.

- Untuk meningkatkan kualitas beton, sehingga diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan abu ampas tebu sebagai peningkatan mutu beton.
- Dapat memberikan inovasi baru sebagai bahan tambah semen yang ramah lingkungan.
- Memanfaatkan limbah sebagai bahan tambah yang ekonomis.
- Mengurangi polusi sampah.

1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan dalam pembahasan Tugas Akhir ini, maka penelitian ini dibatasi pada masalah berikut:

- 1) Semen yang digunakan type 1 merk Semen Padang.
- 2) Pasir diambil dari daerah Binjai.
- 3) Ampas tebu diambil dari daerah Tegal Rejo, Medan
- 4) Agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Binjai.
- 5) Beton direncanakan dengan mutu besar $f'_c = 25$ MPa.
- 6) Cetakan beton untuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 7) Pengujian sampel 7, 14, 21, 28 hari.
- 8) Persentase ampas tebu 0%, 3%, 6%, 9%.
- 9) Benda uji yang dihasilkan 48 buah.
- 10) Abu ampas tebu lolos saringan No. 100 dan No. 200

1.6 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan dilaboratorium. Metode penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu percobaan untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antar variabel-variabel. Berikut table komposisi kimia abu ampas tebu :

Tabel 1.1. Senyawa Kimia dalam Abu Ampas Tebu

Senyawa	Jumlah (%)
SiO ₂	46-81
Al ₂ O ₃	1-19

Fe_2O_3	2-12
CaO	2-4
K_2O	0,2-1,8
MgO	1-4
Na_2O	0,2-4
P_2O_5	0,5-4

Sumber : Penelitian Skripsi Emelda Sihotang

Dari data diatas dapat dilihat bahwa kandungan atau komposisi senyawa kimia yang dominan adalah SiO_2 (silica) sebesar 46-81 %.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulisan tugas akhir ini, sistematika yang digunakan adalah dengan membagi kerangka penulisan dalam bab dan sub bab dengan maksud agar lebih jelas dan mudah dimengerti. Terdapat 5 (Lima) pokok bahasan berturut-turut sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan tentang gambaran umum mengenai latar belakang pemilihan judul tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang menguraikan secara singkat komposisi bab yang ada pada penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori secara singkat dan gambaran umum mengenai karakteristik beton, dan ampas tebu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan bahasan mengenai tahapan, pengumpulan data, bahan penelitian, lokasi penelitian, dan pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dari hasil analisis masalah dan disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

1.8 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Bahan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen Medan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan dalam dunia konstruksi. Karena hampir seluruh pekerjaan dalam dunia teknik sipil menggunakan beton seperti halnya pekerjaan bendungan, drainase, untuk pekerjaan yang kaku (rigid pavement) dan lain sebagainya. Semakin tinggi mutu suatu beton maka semakin kuat suatu bangunan. Faktor yang mempengaruhi mutu beton adalah: mutu bahan yang digunakan, jenis semen, factor air

semen, gradasi batuan, proses pelaksanaan pembuatan beton dan proses perawatan beton, Menurut Mulyono (2004) kelebihan dan kekurangan beton secara umum adalah sebagai berikut ini

Kelebihan beton adalah sebagai berikut ini.

- a. Mudah dibentuk sesuai kebutuhan
- b. Dapat memikul beban berat
- c. Tahan terhadap suhu tinggi
- d. Memiliki biaya pemeliharaan yang tinggi

Kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

- a. Sulit mengubah bentuk yang sudah dibuat
- b. Membutuhkan ketelitian tinggi dalam pelaksanaan pekerjaan
- c. Memiliki volume yang berat
- d. Daya pantul suara besar

2.2 Bahan Penyusun Beton

Campuran antara semen dan air biasa disebut pasta. Pasta tersebut mengisi pori-pori pada beton, juga merupakan sebagai bahan pengikat pada proses pengerasan. Jika ditambahkan agregat halus maka akan menjadi mortar. Beton normal sendiri terdiri dari campuran semen, air, agregat halus dan agregat kasar. Dimana masing-masing terdiri dari 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil).

2.2.1 Semen

Semen hanya mengisi sebagian kecil dari volume beton, namun harus tetap memperhatikan kualitasnya karena semen sebagai pengikat utama antar agregat. Selain itu semen dengan butiran lebih halus dapat mengurangi bleeding. Adapun bahan-bahan penyusun semen Menurut Mulyono (2004) secara umum semen dapat dibedakan menjadi dua yaitu, semen non hidrolik yang tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air dan semen hidrolik yang memiliki kemampuan mengikat dan megeras didalam air.

Semen yang digunakan dalam adukan beton merupakan semen hidrolik jenis Portland. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain (BSN, 2004). Waktu pengikatan awal pada

Semen Portland biasanya terjadi selama 60 menit. Waktu ikat awal (initial time) merupakan waktu beton kehilangan sifat keplastisannya dari pencampuran semen dan air. Lamanya waktu ikat awal tergantung dari banyaknya air yang digunakan dan suhu udara sekitar.

Komposisi oksida utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 1, berikut :

Tabel 2.1. Hasil Uji Unsur Oksida Semen Portland

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (K ₂ O+Na ₂ O)	0,5 – 1

Sumber : *Kardiyono Tjokrodinulyo, 2007*

Semen Portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SK SNI S-04-1989) yaitu :

1. Jenis I

Semen Portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II

Semen Portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.

3. Jenis III

Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV

Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

5. Jenis V

Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

2.2.2 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang paling murah dan mudah didapatkan. Air digunakan sebagai pemicu proses kimiawi semen dan membantu kemudahan dalam pekerjaan pelaksanaan beton. Air yang digunakan merupakan air tawar bersih yang dapat diminum, tidak mengandung minyak atau zat organik yang dapat merusak beton dengan syarat-syarat tertentu. Dalam pemakaiannya, Tjokrodinuljo (1996) menyebutkan sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut ini.

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

Sedangkan air untuk perawatan beton harus air yang tidak mengandung kotoran yang dapat menyebabkan perubahan warna pada beton sehingga dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton.

2.2.3 Agregat

Agregat dalam beton memiliki kandungan yang tinggi karena berfungsi sebagai pengisi. Karakteristik dari agregat menentukan sifat dari beton yang akan dihasilkan karena mengandung 60%-70%. Agregat dapat dibedakan menurut distribusi ukurannya, yaitu sebagai berikut

- 1) Gradasi sela, jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada. Namun gradasi ini tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton.
- 2) Gradasi menerus, merupakan gradasi yang paling baik karena semua ukuran butir agregat ada dan terdistribusi dengan baik.
- 3) Gradasi seragam, mempunyai ukuran butir yang seragam. Biasanya digunakan untuk beton ringan jenis beton non pasir.

Mulyono (2004) juga menyebutkan bahwa ada 2 hal yang mempengaruhi butir-butir agregat bersifat kurang kuat, yaitu: karena bahan yang lemah atau dari partikel yang kuat tetapi

tidak baik dalam hal pengikatan. Kedua, karena porositas yang besar yang dapat mempengaruhi ketahanan beton terhadap beban kejut.

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi 2 sebagai berikut ini,

1) Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki ukuran lebih besar dari 4,80 mm yang berupa batuan. Agregat dengan ukuran tersebut dibagi lagi menjadi kerikil beton (4,80-40 mm) dan kerikil kasar dengan ukuran lebih dari 40 mm, agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm (Mulyono, 2004).

2) Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (BSN, 2000). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi.

2.3 Ampas Tebu

Ampas tebu adalah limbah yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu setelah di ambil niranya. Pada proses penggilingan tebu, terdapat 5 kali proses penggilingan dari batang tebu sampai menjadi ampas tebu. Dimana pada hasil penggilingan pertama dan kedua dihasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan, kemudian pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima menghasilkan nira dengan volume yang berbeda-beda. Setelah gilingan terakhir menghasilkan ampas tebu kering.

Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap (pesawat untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu tertentu) dimana energy yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap (Ari Prasetyo).

Ampas tebu mempunyai rapat total (bulk density) sekitar $0,125 \text{ gr/cm}^3$, kandungan kelembaban (*moisture content*) sekitar 48% menurut Hugot (HandBook of cane Sugar Engineering, 1986). Nilai diatas diambil dari penelitian terhadap ampas tebu basah. Ampas tebu basah mempunyai kapasitas kalor dalam jumlah besar.



Gambar 2.1.

Ampas Tebu

Tabel 2.2. Senyawa Kimia dalam Abu Ampas Tebu

Senyawa	Jumlah (%)
SiO ₂	46-81
Al ₂ O ₃	1-19
Fe ₂ O ₃	2-12
CaO	2-4
K ₂ O	0,2-1,8
MgO	1-4
Na ₂ O	0,2-4
P ₂ O ₅	0,5-4

Sumber : Penelitian Skripsi Emelda Sihotang

Dari data diatas dapat dilihat bahwa kandungan atau komposisi senyawa kimia yang dominan adalah SiO₂ (silica) sebesar 46-81 %.

2.4. *Slump*

Slump merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

- a. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*)
- b. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*)
- c. Kemampuan alir beton segar (*flowability*)
- d. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindahkan dengan alat angkut (*mobility*)
- e. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*)

Namun selain besaran nilai slump, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan pengerjakan beton segar adalah tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan pada saat pengujian slump dilakukan. 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.

2.5. **Kuat Tekan Beton**

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tat cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beton tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan Mpa

atau kg/cm². Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'_{ci} = \frac{P}{A} \times \frac{1}{f_u} \dots \dots \dots (1)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_{ci}}{n} \dots \dots \dots (2)$$

$$S_d = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (f'_{ci} - f'_{cr})^2}}{(n-1)} \dots \dots \dots (3)$$

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 s_d \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

- P = Beban Kuat Tekan (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)
- f_u = Faktor Umur
- f' _{ci} = Kuat Tekan masing-masing benda uji (MPa)
- f' _{cr} = Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
- f' _c = Kuat Tekan (Mpa)

2.6. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang ada kemiripan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Abidarda Alwi Wijaya (2018). Dengan judul “Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dalam Perencanaan Beton Mutu 25 MPa”. Pada penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton dalam perencanaan beton mutu 25 MPa. Sampel yang digunakan berjumlah 15 sampel dengan persentase penambahan abu ampas tebu secara berturut-turut 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Penelitian terhadap abu ampas tebu didapatkan hasil pengujian 0% sebesar **24,17 MPa**, 2,5% sebesar **24 MPa**, 5% sebesar **25,50 MPa**, 7,5% sebesar **24,50 MPa**, 10% sebesar **23,50 MPa**, dari hasil tersebut kadar 0% (beton normal) mempunyai selisih terhadap kadar 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dalam perencanaan beton mutu 25 MPa.
- 2) Penelitian ini diambil judul “PENGARUH AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAH SEMEN TERHADAP SIFAT-SIFAT MEKANIK BETON DENGAN MENGGUNAKAN PASIR SIANTAR”. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan tambah semen dengan variasi penambahan abu ampas tebu sebesar

0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% dari total berat semen. Mutu beton yang direncanakan adalah 20 MPa dengan jumlah benda uji 75 buah yang dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Nilai beton 28 hari beton **Normal** sebesar **25,64 MPa**, penambahan abu ampas tebu 5% dengan nilai kuat tekan **26,76 MPa**, abu ampas tebu 7,5% dengan nilai kuat tekan **25,13 MPa**, abu ampas tebu 10% dengan nilai kuat tekan **24,46 MPa**, dan abu ampas tebu 12,5% dengan nilai kuat tekan **23,96 MPa**. Dari hasil penelitian diatas dapat dilihat persentase penambahan abu ampas tebu paling optimal untuk nilai kuat tekan beton adalah sebesar 5% abu ampas tebu.

3) Penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Riau dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan”. Penelitian ini memakai ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi masing-masing campuran adalah 0%, 1,25%, 2,5%, 5% dan 10% dengan benda uji 10 buah. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Namun setelah umur 28 hari beton yang memenuhi syarat untuk dilakukan pengujian hanya pada variasi campuran 1,25%, 2,5% dan 5%. Hal ini dikarenakan pada variasi campuran 10% beberapa benda uji sudah mengalami kehancuran sehingga tidak memungkinkan lagi untuk dilakukan uji kuat tekan betonnya. Hasil kuat tekan beton terbesar didapat pada komposisi 0% atau tanpa campuran ampas tebu yaitu **25,09 MPa** lebih besar dari yang direncanakan yaitu **17,5 MPa**, penambahan variasi campuran ampas tebu 1,25% dengan kuat tekan beton sebesar **21,97 MPa**, campuran tebu 2,5% dengan kuat tekan beton sebesar **20,86 MPa**, campuran tebu 5% dengan kuat tekan beton sebesar **14,80 MPa**

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan **beton normal** $f'_c = 25$ **Mpa** sebagai kontrol dengan beton yang akan dieksperimen. Beton tersebut akan diuji dengan

pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat dapat mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton.

3.2 Bahan Baku dan Peralatan

Bahan baku yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini:

1) Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton. Pada penelitian ini semen yang akan digunakan Semen Padang Tipe I kemasan 50 kg.

2) Agregat Kasar

Agregat kasar atau batu pecah yang digunakan pada penelitian yaitu agregat kasar dari KIM 2 dengan ukuran \pm 1-2 cm.

3) Agregat Halus

Agregat pasir yang digunakan adalah pasir dari daerah Binjai dan sebelum melakukan pembuatan beton dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpurnya.

4) Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Proram Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5) Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu yang dipakai adalah abu dari pembakaran ampas tebu yang dibakar di atas seng dan dilakukan penyaringan setelah dibakar.

Berikut proses pembakaran ampas tebu :

Pembakaran ini dilakukan untuk mendapatkan abu ampas tebu yang akan digunakan untuk campuran beton.

a. Peralatan

- Seng
- Wadah

b. Bahan

- Ampas tebu yang sudah dikeringkan

c. Prosedur

- 1) Mempersiapkan ampas tebu yang berasal dari daerah Medan Perjuangan dan alat-alat yang akan digunakan untuk melakukan pembakaran.
- 2) Lakukan penjemuran ampas tebu untuk mengurangi kandungan air pada ampas tebu.
- 3) Setelah kering ampas tebu di letakkan di atas seng untuk di lakukan pembakaran.
- 4) Bakar ampas tebu hingga menjadi abu.
- 5) Setelah menjadi abu, angkat seng yang berisi abu dan tuangkan abu tersebut ke dalam wadah agar lebih cepat dingin.

3.3 Variabel dan Parameter

Variabel adalah atribut dari sekelompok objek yang mempunyai variasi antara satu objek dengan objek lainnya dalam kelompok tersebut sebagai mana yang dikemukakan oleh Sugiyono (2002:2).

Variabel dalam penelitian ini campuran beton dengan mensubsitisi sebagian semen dengan abu ampas tebu. Pada penelitian in jumlah sampel ditentukan masing-masing 3 sampel tiap varian yang ditetapkan.

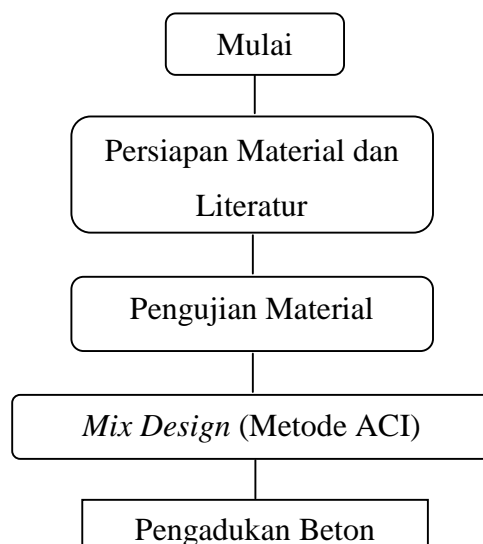
Tabel 3.1. Jumlah Sampel Benda Uji

KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT	JUMLAH
----------	-----------------------	--------

	TEKAN PADA UMUR				
	7hari	14hari	21hari	28hari	
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton Ekasperimen					
3 % AAT	3	3	3	3	12
6 % AAT	3	3	3	3	12
9 % AAT	3	3	3	3	12
JUMLAH	12	12	12	12	48

3.4. Alur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.5. Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengamatan dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan, Jalan Sutomo No. 4A Medan 20235.

3.6. Tahapan Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan *mix design*. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan peraturan. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton :

3.6.1. Pengujian Kehalusan Semen Portland

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kehalusan dari semen.

1. Peralatan

- a. Saringan No. 100, No. 200 dan PAN yang disusun berdasarkan standar ASTM.
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,1 %.
- c. Kuas pembersih.

2. Bahan

Semen Portland Tipe sebanyak 50 gram

3. Prosedur pengujian

- 1) Benda uji semen dimasukkan ke dalam saringan No. 100 yang terletak di atas saringan No. 200 dan dipasang PAN dibawahnya.
- 2) Saringan digetarkan menggunakan mesin penggetar selama 5 menit.
- 3) Setelah itu, timbang masing-masing benda uji yang tertahan di setiap saringan dan catat beratnya.
- 4) Hitunglah berapa nilai kehalusan semen.

4. Rumus perhitungan

$$\text{Kehalusan (F)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

3.6.2. Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland

Tujuan dari pemeriksaan ini ialah menentukan nilai berat jenis semen secara laboratorium sehingga dapat mengetahui kemurnian semen.

1. Peralatan

- a. Botol Le Chatelier
- b. Saringan No. 200
- c. Timbangan digital
- d. Ember

2. Bahan

- Semen Portland Tipe I sebanyak 64 gram
- Air
- Minyak tanah

3. Prosedur pengujian

- 1) Persiapkan alat dan bahan
- 2) Saring semen dengan menggunakan saringan No. 200 sebanyak 64 gram untuk satu sampel.
- 3) Ambil tabung Le Chatelier yang diisi dengan minyak tanah, lalu rendam tabung dengan air bersih ke dalam ember selama 20 menit. Setelah 20 menit, angkat tabung kemudian baca skala pada tabung (V_1). Skala pada tabung 0-1.
- 4) Masukkan semen yang telah disaring ke dalam tabung Le Chateiler secara perlahan agar tidak ada semen yang menempel pada dinding tabung. Bisa menggunakan corong kaca.
- 5) Kemudian tabung digoyang secara perlahan sampai gelembungnya hilang dan tidak ada lagi semen yang menempel di dinding tabung.
- 6) Setelah itu, masukkan tabung Le Chatelier ke dalam ember, lalu rendam selam 20 menit.
- 7) Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (v_2).
- 8) Hitunglah data yang telah didapat.

4. Rumus perhitungan

$$BJ = \frac{W}{(V_2 - V_1)} \times d$$

Keterangan :

Berat Jenis = Berat jenis semen Portland (gram/ml)

W = Berat semen Portland (gram)

V1 = Volume awal (ml)

V2 = Volume akhir (ml)

d = Massa jenis air pada suhu ruang yang tetap 4°C
(1 gram / ml)

3.6.3 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat

Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat dilakukan untuk menentukan bagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton.

1. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari agregat yang akan diuji.
- b. Saringan –saringan yang telah ditentukan ukuran lubangnya.

- c. Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5)° C.
 - d. Alat penggetar.
 - e. Talam atau wadah.
 - f. Kuas pembersih, sikat kuningan.
2. Bahan
 - a. Pasir
 - b. Kerikil
 3. Prosedur pengujian
 - 1) Bahan atau benda uji yang akan diuji di oven terlebih dahulu sampai mencapai berat tetap.
 - 2) Masukkan benda uji ke saringan yang telah disusun. Susunan saringan dimlaidari saringan paling besar diatas sampai paling kecil dibawa.
 - 3) Getarkan mesin penggetar selama 15 menit.
 - 4) Pisahkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan.
 - 5) Timbang dan catat berat benda uji yang telah dipisahkan.
 - 6) Hitung analisis agregat saringan.
 4. Rumus perhitungan

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{jumlah \% kumulatif agregat tertahan}}{100}$$

3.6.4. Pengujian Kadar Air Agregat

Tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan kadar air dalam suatu agregat dengan cara pengeringan.

1. Peralatan
 - a. Timbangan
 - b. Talam
 - c. Oven
2. Bahan
 - Agregat Kasar sebanyak 6000 gram
 - Agregat Halus sebanyak 1000 gram
3. Prosedur pengujian
 - 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.

- 2) Kemudian timbang talam sebelum diisi agregat halus dan agregat kasar. Catat beratnya.
 - 3) Kemudian timbang agregat kasar sebanyak 6000 gram untuk 2 sampel pengujian dan timbang agregat halus sebanyak 1000 gram untuk 2 sampel pengujian.
 - 4) Timbang kembali talam yang sudah diisi agregat kasar dan agregat halus. Catat beratnya.
 - 5) Kemudian keringkan benda uji ke dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ \text{C}$ selama ± 24 jam.
 - 6) Setelah 24 jam, keluarkan benda uji dan diamkan sampai dingin lalu timbang dan catat beratnya.
4. Rumus perhitungan

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat benda uji} - \text{berat benda uji kering}}{\text{berat benda uji}} \times 100\%$$

3.6.5. Pemeriksaan Berat Isi Agregat

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

1. Peralatan
 - Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 - Wadah silinder
 - Sekop
 - Mistar perata
 - Tongkat pematik
2. Bahan
 - Agregat Kasar
 - Agregat Halus
3. Prosedur pengujian berat isi agregat kasar
 1. Siapkan 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 tidakterpisah 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 25 kali 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 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 ($W_3 = W_2 - W_1$).

4. Prosedur pengujian berat isi agregat halus

- a. Persiapkan 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. 1. Pengujian dengan metode lepas
- Timbang dan catat berat wada (w_1).
 - Masukkan agregat halus dengan hati-hati agar tidak berjatuhan 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 ($W_3 = W_2 - W_1$).
2. 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 25 kali secara merata.
 - Pada saat lapis ketiga, 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 ($W_3 = W_2 - W_1$).
3. 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 ($W_3 = W_2 - W_1$).
5. Rumus perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W}{V} \text{ kg/cm}^3$$

Keterangan :

W = Berat agregat (kg)

V = Volume Wadah (cm³)

3.6.6. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan

ini bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

1. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
- Saringan No. 9,5 mm dan 4,75 mm
- Oven dengan suhu pemanasan $110 \pm 5 \text{ } ^\circ \text{C}$
- Wadah baja
- Gelas ukur
- Kain lap
- PAN

2. Bahan

- Agregat kasar sebanyak 2600 gram dibagi untuk 2 sampel pengujian.
- Air bersih.

3. Prosedur pengujian

- 1) Persiapkan semua alat dan bahan yang digunakan.
- 2) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang melekat pada benda uji.
- 3) Setelah dicuci keringkan agregat dalam oven selama 24 jam.
- 4) Dinginkan agregat kemudian timbang (BK).
- 5) Rendam agregat dalam air selama 24 jam.
- 6) Setelah selesai direndam 24 jam keluarkan benda uji dari air dan lap dengan menggunakan kain lap pada permukaannya, untuk mendapatkan agregat dalam keadaan SSD.
- 7) Timbang berat agregat tersebut dan catat sebagai Berat SSD.
- 8) Masukkan agregat tadi ke dalam gelas ukur plastic sedikit ditambah air pada batas tertentu.
- 9) Setelah itu kocok agar tidak ada lagi gelembung udara dan kemudian timbang berat bejana + air + agregat (B).
- 10) Keluarkan agregat, kemudian masukkan air pada batas tertentu, lalu timbang (BT).

11) Lakukan pengolahan data untuk menentukan nilai B_j kering, B_j SSD, B_j semu dan penyerapan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

4. Rumus perhitungan

- Berat Jenis (*Bulk Specify Gravity*) = $\frac{B_k}{B_j - B_a}$
- Berat Jenis SSD = $\frac{B_k}{B_j - B_a}$
- Berat Jenis Semu = $\frac{B_k}{B_k - B_a}$
- Penyerapan (Absorpsi) = $\frac{B_j - B_k}{B_k \times 100\%}$

3.6.7. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan agregat Halus

Pemeriksaan

ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dari agregat halus.

1. Peralatan

- Piknometer kapasitas 500 ml
- Timbangan
- Oven
- Kerucut terpancung (cone)
- Batang penumbuk
- Wadah
- Saringan No. 4
- Alas

2. Bahan

- Agregat halus dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram.

3. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2) Kemudian periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji ke dalam cone, masukkan benda uji ke dalam con sampai 3 bagian.
- 3) Kemudian padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali, angkat kerucut. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masuk dalam keadaan tercetak, apabila masih runtuh ulangi.
- 4) Ambil agregat halus 500 gram yang lolos saringan No. 4.
- 5) Timbang berat piknometer.

- 6) Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya.
- 7) Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD ke dalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, kemudian goyangkan piknometer sampai gelembung udara menghilang.
- 8) Timbang piknometer berisi air dan benda uji dengan timbangan ketelitian 0,1 gram.
- 9) Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan.
- 10) Keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air kemudian saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, kemudian masukkan ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam.
- 11) Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang benda uji tersebut. Dan catatlah beratnya.

4. Rumus perhitungan

$$\text{Berat Uji (Bulk)} = \frac{Bk}{(B+B_s+B_t)}$$

$$\text{Berat Uji kering permukaan kering} = \frac{B_s}{(B+B_s+B_t)}$$

$$\text{Berat Uji semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-B_t)}$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{B_s-Bk}{Bk} \times 100\%$$

3.6.8. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan

ini bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur seharusnya sebesar 5% dari berat agregat halus.

1. Peralatan
 - Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah
2. Bahan
 - Agregat halus

- Larutan
3. Prosedur pengujian
 - 1) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
 - 2) Masukkan pasir ke dalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml.
 - 3) Tambahkan air ke dalam gelas ukur hingga mencapai 115 ml dan 125 ml.
 - 4) Tutup permukaan gelas dan kocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
 - 5) Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan mengendap selama 24 jam.
 - 6) Selama 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.
 4. Rumus perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\%$$

3.6.9. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan tingkat keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles.

1. Peralatan
 - Mesin Los Angeles
 - Saringan No. 12,5 mm; 9,5 mm; dan saringan 2,36 mm.
 - Bola baja sebanyak 8 buah
 - Timbangan digital ketelitian 0,01 gr
 - Oven
 - Wadah
 - Stopwatch
2. Bahan
 - Agregat kasar sebanyak 5000 gram
3. Prosedur pengujian
 - 1) Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
 - 2) Timbang agregat kasar sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
 - 3) Lalu cuci agregat tersebut hingga bersih dan selama 24 jam, dan setelah di oven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruang.
 - 4) Setelah dingin masukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dan 8 buah bola baja.

- 5) Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit.
 - 6) Setelah selesai, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan saring menggunakan saringan 2,36 mm.
 - 7) Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm.
 - 8) Lakukan pengolahan data.
4. Rumus perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat tertahan saringan 2,36 mm}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

3.6.10. Pemeriksaan Kehalusan Abu Ampas Tebu

Pemeriksaan

ini dilakukan untuk melihat apakah abu ampas tebu lebih halus daripada semen atau sebaliknya. Dengan adanya pengujian ini, dapat diketahui apakah abu tersebut akan memperkuat beton atau memperlemah beton.

1. Peralatan
 - Timbangan
 - Saringan No. 100 dan No. 200
 - Kuas pembersih
2. Bahan
 - Abu ampas tebu sebanyak 50 gram
3. Prosedur pengujian
 - 1) Siapkan bahan dan alat.
 - 2) Benda uji semen dimasukkan ke dalam saringan No. 100 yang terletak di atas saringan No. 200 dan dipasang PAN di bawahnya.
 - 3) Saringan digetarkan menggunakan mesin penggetar selama 5 menit.
 - 4) Setelah itu, timbang masing-masing benda uji yang tertahan di setiap saringan dan catat beratnya.
 - 5) Hitunglah berapa nilai kehalusan semen.
4. Rumus perhitungan

$$\text{Kehalusan (F)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

3.7. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Menurut SNI 03-2834-1993

Berdasarkan SNI 03-2834-1993, dalam perencanaan campuran beton harus memenuhi persyaratan berikut :

- a) Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton.
- b) Komposisi campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba, yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

Langkah-langkah perencanaan komposisi campuran adukan beton normal menurut SNI 03-2834-1993 adalah sebagai berikut :

- a) Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat. Untuk struktur bangunan tahan gempa disyaratkan kuat teka beton lebih dari 20 Mpa.
- b) Penetapan nilai deviasi standar (s). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian dalam pelaksanaan pecampuran beton. Semakin baik tingkat pengendalian mutu, semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah benda uji minimal 30 buah, maka data standar deviasi yang dimiliki bias langsung digunakan. Jika jumlah benda uji kurang dari 30 buah, maka harus dilakukan penyesuain.
- c) Menentukan nilai tambah atau *margin* (m .)

$$m = 1,34s \text{ Mpa}$$

atau

$$m = 2,33s - 3,5 \text{ Mpa}$$

(diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan di atas)

Tabel 3.2. Nilai Margin jika Data Tidak Tersedia Untuk Menetapkan Deviasi Standar

Persyaratan Kuat Tekan, $f'c$, Mpa	Margin (m), Mpa
Kurang dari 21 Mpa	7,0
21 s/d 35	8,5
Lebih dari 35	10,0

d) Menetapkan nilai kuat tekan rata-rata yang harus direncanakan dengan menggunakan rumus :

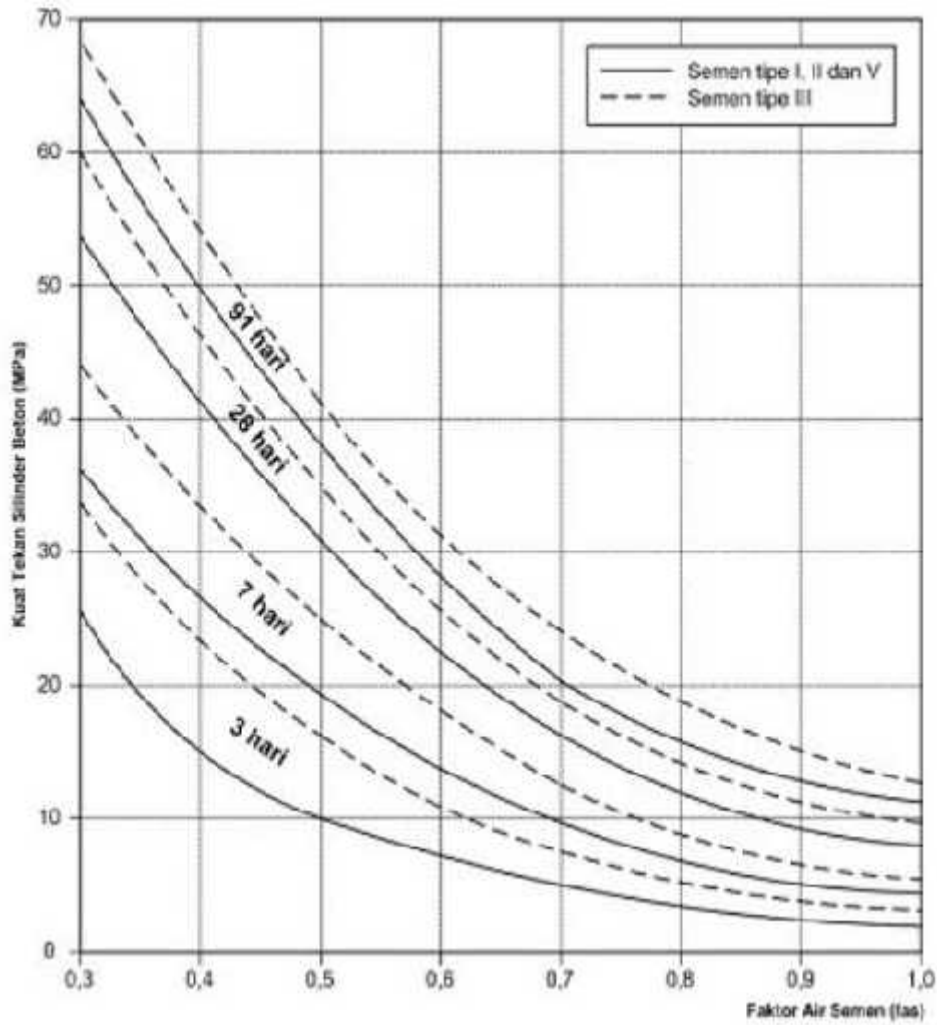
$$f'cr = f'c + m$$

e) Menetapkan jenis semen.

f) Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan, baik untuk agregat halus maupun agregat kasar, harus jelas menggunakan agregat alami atau batu pecah/buatan.

g) Menentukan nilai factor air semen (FAS); untuk tahapan ini bias dilakukan dengan dua cara yaitu :

1) Cara pertama : berdasarkan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu berdasarkan Gambar



Gambar 3.2. Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton (sebagai perkiraan nilai FAS dalam rancang campuran)

2) C

ara kedua :
untuk benda uji kubus, berdasarkan jenis semen

yang digunakan, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata beton yang direncanakan pada umur tertentu, dapat ditetapkan nilai factor air semen dari Tabel 3.2. dan Gambar, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

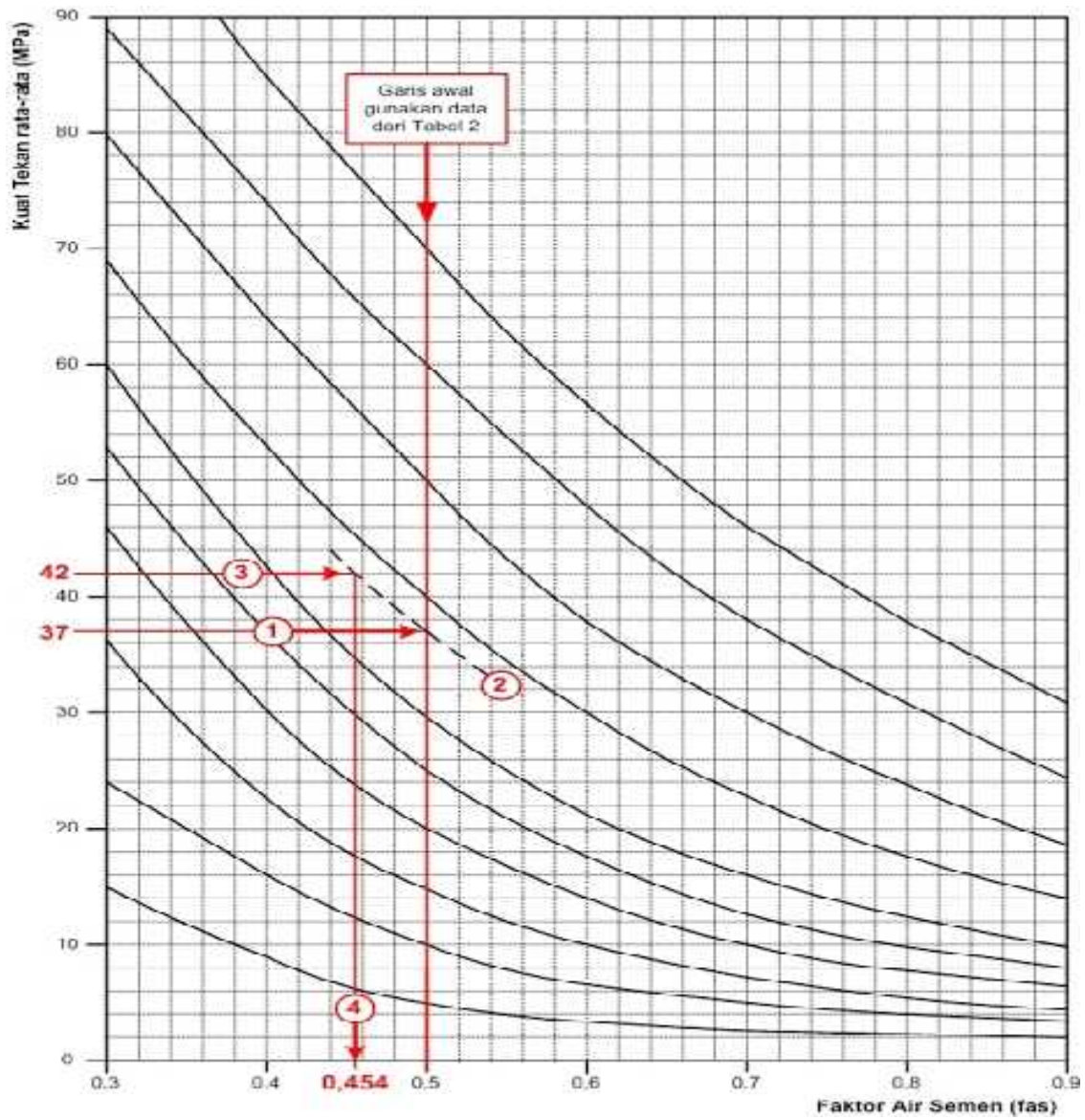
- a. Perhatikan Tabel 3.2. di bawah ini. Berdasarkan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton rencana, diperkirakan nilai kuat tekan beton yang akan diperoleh, jika dipakai factor air semen, sebesar 0,50.

Tabel 3.3. Dengan Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) FAS 0,50

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I,II,V	Alami	17	23	33	40

	Batu pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	37	44
	Batu pecah	25	33	44	48

- b. Lihat Gambar. Lukislah titik A pada Gambar dengan nilai FAS 0,50 (sebagai absis) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.2. (sebagai kordinat). Kemudian pada titik A tersebut dibuat grafik baru yang bentuknya sama/mengikuti 2 buah grafik yang ada di dekatnya. Selanjutnya tarik garis mendatar dari sumbu tegak di sebelah kiri, sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan, sampai memotong grafik baru tersebut, lalu tarik garis ke bawah untuk memperoleh nilai factor air semen yang sesuai
- h) Menetapkan nilai factor air semen maksimum. Agar beton yang diperoleh awet dan mampu bertahan terhadap pengaruh lingkungan sekitarnya, perlu ditetapkan nilai FAS maksimum menurut Tabel 3.3. Apabila nilai FAS maksimum ini lebih rendah daripada nilai FAS yang diperoleh dari langkah g, maka nilai FAS nilai maksimum ini yang digunakan untuk langkah selanjutnya. Dengan kata lain, nilai FAS yang terkecil dari langkah g dan h, yang akan digunakan untuk tahap selanjutnya.



Gambar 3.3. Hubungan FAS dan Kuat Tekan Rata-rat Silinder

Tabel 3.4. Persyaratan Nilai FAS Maksimum untuk Berbagai Pembetonan di Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	FAS Maksimum	Semen Minimum (kg/m³)
Beton di dalam ruang bangunan :		
a) Keadaan sekeliling non-korosif	0,60	275
b) Keadaan sekeliling korosif akibat kondensasi atau uap korosi	0,52	325
Beton di luar ruang harapan :		
a) Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55	325
b) Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60	275
Beton di luar ruang bangunan :		
a) Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55	325
b) Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
	Lihat Tabel 3.5.	
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat Tabel 3.4.	

Tabel 3.5. Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Dalam Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum (kg/m²)	
				Agregat maks.	
				40 mm	20 mm
Bertulang	Air Tawar	0,50	Semua Tipe I-V	280	300

Atau Prategang	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15%-40%) atau PPC	340	380
	Air laut	0,50	Tipe II atau V	290	330
		0,45	Tipe II atau V	330	370

Tabel 3.6. Ketentuan untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Kadar gangguan Sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum berdasarkan ukuran agregat maksimum (kg/m ³)			Nilai FAS Maks
	Dalam Tanah		Sulfat (SO ₂) dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO ₂ (%)	SO ₂ dalam campuran Air : Tanah = 2:1 g/l						
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I	290	330	350	0,50
				Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe IV	250	290	340	0,55
3	0,5-1,0	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I pozzolan	340	380	430	0,45

				(15-40%) atau PPC				
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V dengan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

- i) Menetapkan nilai *slump* dengan memperhatikan jenis strukturnya agar proses pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan mudah dilaksanakan.

Tabel 3.7. Penetapan Nilai *Slump*

Pemakaian Beton	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
Pondasi Telapak Tidak Bertulang, Kaison, dan Struktur di bawah Tanah	9,0	2,5
Pelat, Balok, Kolom, dan Dinding	15,0	7,5
Perkerasan Jalan	7,5	5,0
Pembetonan Masal	7,5	2,5

- j) Menentukan ukuran agregat maksimum. Berkaitan dengan pekerjaan konstruksi beton bertulang, ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi
- a. 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun

- b. $1/3$ ketebalan pelat lantai, ataupun
 - c. $3/4$ jarak bersih minimum antara tulang-tulangan atau kawat-kawat, bundle tulangan, atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong.
- k) Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk setiap m^3 adukan beton berdasarkan ukuran agregat maksimum, jenis agregat, dan nilai *slump* yang diinginkan.

Tabel 3.8. Perkiraan Kebutuhan Air untuk Setiap Meter Kubik Beton (liter)

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Jenis Batuan	<i>Slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Apabila digunakan jenis agregat halus dan agregat kasar yang berbeda (alami dan batu pecah), maka perkiraan kebutuhan jumlah air per- m^3 beton harus disesuaikan menggunakan persamaan berikut :

$$A = 0,67 . A_h + 0,33 . A_k$$

Dimana : A = Perkiraan kebutuhan air per m³ beton

A_h = Kebutuhan air berdasar jenis agregat halus

A_k = Kebutuhan air berdasar jenis agregat kasar

- l) Menghitung berat semen yang diperlukan untuk setiap m³ beton, dengan membagi kebutuhan jumlah air (hasil dari langkah k) dengan factor air semen (hasil langkah g dan h)
- m) Menentukan kebutuhan semen minimum berdasarkan Tabel 3.3. ; 3.4. dan 3.5. , agar diperoleh beton yang awet dan tahan terhadap zat agresif yang terdapat di lingkungan sekitarnya.
- n) Menyesuaikan kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah m. Apabila hasil perhitungan pada langkah l lebih sedikit daripada kebutuhan semen minimum d langkah m, maka harus digunakan hasil dari langkah m. Dengan kata lain, digunakan jumlah semen terbesar dari langkah l dan m.
- o) Apabila terjadi perubahan akibat langkah n, maka jumlah air atau factor air semen juga harus disesuaikan dengan cara :
 - 1) Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
 - 2) Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan nilai factor air semen.Perlu dicatat bahwa cara pertama akan menurunkan nilai factor air semen, sedangkan cara kedua akan menambah jumlah air yang dibutuhkan.
- p) Menentukan daerah gradasi agregat halus berdasarkan Tabel 3.9. berikut :

Tabel 3.9. Batas Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-1993

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100

0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

- q) Menentukan perbandingan antara agregat halus dengan agregat campuran berdasarkan ukuran butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, factor air semen dan daerah gradasi agregat halus dengan menggunakan Gambar.
- r) Menghitung berat jenis agregat campuran dengan persamaan berikut :

$$BJ_{\text{camp}} = \frac{P}{100} \times BJ_h + \frac{K}{100} \times BJ_k$$

Dimana : BJ_{camp} = Berat jenis agregat campuran

BJ_h = Berat jenis agregat halus

BJ_k = Berat jenis agregat kasar

P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

- s) Menentukan berat jenis beton berdasarkan hasil hitungan berat jenis agregat campuran pada langkah r dan kebutuhan air dan per- m^3 beton dengan Gambar.
- 1) Berdasarkan berat jenis agregat campuran pada langkah r, dibuat garis kurva hubungan kandungan air dan berat beton yang baru dengan dasar garis kurva pada Gambar yang terdekat.
 - 2) Kebutuhan air yang diperoleh dari langkah k dimasukkan ke dalam Gambar dan ditarik garis vertical hingga memotong garis kurva yang dibuat pada langkah di atas (1).
 - 3) Berat jenis beton diperoleh dengan menarik garis horizontal dari titik potong yang diperoleh pada langkah di atas (2) sampai memotong sumbu vertical (berat beton per m^3).
- t) Menentukan kebutuhan agregat campuran dengan cara mengurangi berat per- m^3 beton dengan jumlah kebutuhan air dan semen.

- u) Menghitung berat agregat halus yang dibutuhkan dengan caramengalikan persentase agregat halus terhadap agregat campuran (langkah p) dengan berat agregat campuran yang diperoleh dari langkah t.
- v) Menentukan berat agregat kasar, yang dibutuhkan untuk setiap m³ beton, dengan cara menghitung berat agregat campuran yang dibutuhkan (hasil langkah t) dikurangi berat agregat halus yang dibutuhkan (hasil langkah u).

Berikut table perencanaan *mix design* :

Tabel 3.10. Perencanaan *Mix Design*

No.	Uraian	
1.	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari (f ^c)	25 MPa
2.	Deviasi standar (s)	7 MPa
3.	Nilai tambah (m)	1,64 x 7 = 11,5 MPa
4.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f ^{cr})	25 + 11,5 = 36,5 MPa
5.	Jenis semen	Tipe I
6.	Jenis agregat : -agregat kasar	Batu pecah
	-agregat halus	Alami
7.	Faktor Air Semen : - cara 1 - cara 2 - FAS Maks.	0,43 (Grafik)
		0,52 (Tabel)
		0,6 (Syarat)
8.	Faktor Air Semen yang dipakai	0,43
9.	<i>Slump</i>	30-60 mm
10.	Ukuran Agregat Maksimum	40 mm
11.	Kadar Air Bebas	170 kg/m ³ (Tabel)
12.	Jumlah semen	395,35 kg/m ³
13.	Jumlah semen maks	-
14.	Jumlah semen minimum	275 kg/m ³
15.	Jumlah semen yang dipakai	395,35 kg/m ³
16.	Faktor Air Semen yang disesuaikan	0,43
17.	Susunan butiran agregat halus	Daerah Gradasi 2
18.	Berat Jenis Agregat Halus	2,2 gr/ cm ³
	Berat Jenis Agregat Kasar	2 gr/cm ³
19.	Persen agregat halus	35%
20.	Berat Jenis SSD	2,1 gr/cm ³
21.	Berat Isi Beton	2380 kg/m ³
22.	Kadar Air Kandungan	1814,65 kg/m ³
23.	Kadar Agregat Kasar	635,12 kg/m ³

24.	Kadar Agregat Halus	1179,53 kg/m ³
-----	---------------------	---------------------------

Proporsi campuran

Jumlah bahan (teoritis)	Semen	Air	Agregat Kering SSD		Berat Isi
			Halus	Kasar	
Tiap m ³	395,35	170	635,12	1179,53	2380
Tiap benda uji 0,12 m ³	47,442	20,4	76,214	141,54	285,596

Proporsi campuran koreksi

Jumlah bahan	Semen	Air	Agregat Kering SSD		Berat Isi
			Halus	Kasar	
Tiap m ³	395,53	206,293	622,4176	1155,93	2380,1706
Tiap benda uji 0,12 m ³	47,442	24,755	74,69	138,7116	1534,003

Pembuatan Benda uji Silinder Beton

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \pi d^2 h \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk 12 buah silinder} = 12 \times 0,0053 = 0,0636 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat isi beton} = 2380,1706 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat 1 silinder} = 2380,1706 \times 0,0053 = 12,615 \text{ kg}$$

$$\text{Safety Factor} = 1,05 \times 12,615$$

$$= 13,245 \text{ kg}$$

Tabel 3.11. Pembuatan 12 Silinder

Berat Semen Per Pengecoran (kg)	Berat Material (kg)			
	Beton Normal	Beton Abu Ampas Tebu 3%	Beton Abu Ampas Tebu 6%	Beton Abu Ampas Tebu 9%
2,292	27,504	0,82512	1,65024	2,47536

3.8. Pembuatan Benda Uji

3.8.1. Tahapan penimbangan material

1. Alat
 - a. Timbangan manual
 - b. Ember atau talam untuk bahan
2. Bahan
 - a. Agregat Kasar
 - b. Agregat Halus
 - c. Semen
 - d. Abu Ampas Tebu
 - e. Air

3. Tahapan

Menakar seluruh bahan yang digunakan dalam beton sesuai dengan *mix design* dan menimbang bahan-bahan tersebut agar sesuai dengan yang dibuat. Timbangan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah timbangan manual.

3.8.2. Tahapan pengadukan beton segar

1. Alat
 1. Mesin pengaduk (molen)
2. Bahan

- a. Agregat kasar
- b. Agregat halus
- c. Semen
- d. Abu ampas tebu
- e. Air
- f. Ember atau talam
- g. Sekop

3. Tahapan

Dalam pengadukan beton menggunakan alat mesin pengadukan campuran beton selama penelitian. Langkah-langkah dalam proses pengadukan menggunakan mesin pengaduk sebagai berikut :

- 1) Siapkan agregat-agregat yang akan di aduk.
- 2) Masukkan agregat halus dan semen terlebih dahulu dan memutar mesin pengaduk.
- 3) Masukkan agregat kasar dan putar kembali sampai campuran merata.
- 4) Masukkan air sedikit demi sedikit sampai 50% air yang akan dimasukkan dan putar mesin pengaduk dengan tenaga mesin.
- 5) Setelah campuran tersebut sudah kelihatan tidak kering lagi, masukkan sisa air berikutnya sedikit demi sedikit dan aduk kembali hingga rata sampai campuran terlihat homogen.

3.8.3. Tahapan tes *slump* beton dengan kerucut Abram

1. Alat

- a. Kerucut Abram
- b. Batang penusuk
- c. Penggaris atau alat ukur kerucut Abram
- d. Pelat baja untuk tes *slump*

2. Bahan

- a. Adukan beton
3. Tahapan
- 1) Menyediakan alat-alat tes *slump*. Kemudian menuangkan beton segar ke dalam cetakan kerucut sebanyak $1/3$ dari tinggi kerucut tersebut.
 - 2) Kemudian melakukan perojokkan atau pemadatan terhadap beton sebanyak 25 kali rojokan. Lakukan kembali pemasukkan beton segarkemudian rojok kembali. Lakukan sampai cetakan kerucut penuh.
 - 3) Setelah penuh beton diratakan bagian atasnya, dan angkat tabung kerucut tersebut secara vertical tanpa adanya gerakan horizontal. Dengan waktu tidak dari 5 ± 2 detik.
 - 4) Kemudian letakkan tabung kerucut disamping beton yang tumpah dan penusuk tepat di atasnya.
 - 5) Ukur dengan meteran dari puncak coran ke tiang penusuk. Hasil pengukuran adalah nilai *slump* dari coran tersebut. Apabila nilai *slump* memenuhi syarat maka coran beton biasa digunakan.
 - 6) Selesaikan seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dengan waktu tidak lebih 2,5 menit.

3.8.4. Tahapan penuangan dan pemadatan beton segar

1. Alat
 - a. Cetakan silinder 15 x 30
 - b. Batang penusuk
 - c. Alat perata
 - d. Palu
2. Bahan
 - a. Adukan beton
3. Tahapan
 - a. Masukkan adukan beton ke dalam silinder. Pemasukkan adukan beton sebanyak 3 kali, $1/3$ dari silinder.
 - b. Setiap $1/3$ lapisan lakukan perojokkan sebanyak 25 kali secara merata.

- c. Setelah tiap lapisan dirojok, bagian luar silinder diketok menggunakan palu sebanyak 10 sampai 15 kali secara pelan-pelan untuk merapatkan lubang akibat rojokkan dan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap.
- d. Setelah silinder terisi penuh, ratakan permukaannya dan bersihkan silinder.

3.9. Tahapan Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dapat dilakukan dengan perendaman. Perawatan benda uji dilakukan untuk menghindari penguapan air pada benda uji. Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

1. Setelah 24 jam dari beton dibuat maka cetakan beton silinder dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.
2. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari di dalam air biasa.
3. Sebelum beton direndam terlebih dahulu diberi tanda atau kode penamaan pada permukaan sampel.

3.10. Tahapan pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat

tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 14, 21 dan 28 hari.

1. Alat
 - a. Timbangan manual
 - b. UTM (*Universal Testing Machine*) sebagai alat penguji kuat tekan
2. Bahan
 - a. Beton
3. Tahapan
 - 1) Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian keringkan selama 24 jam.
 - 2) Menimbang dan mencatat berat sampel beton.
 - 3) Meletakkan sampel beton di atas alat penguji, lalu hidupkan mesin dan lakukan pembebanan secara perlahan.
 - 4) Lakukan pembebanan sampai beton hancur.
 - 5) Mencatat hasil beban maksimum.

