

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 terusun 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%-5%, 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, 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 pedagang tebu sebagai salah satu material

pengisi yang baik untuk material bahan bangunan agar dapat digunakan membangun bangunan yang kokoh. Beberapa limbah/sampah hasil dari pedagang tebu di Indonesia masih belum 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 pengganti dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan semen dalam aplikasinya di lapangan. Dengan mengurangi penggunaan semen diharapkan dapat membuat limbah ini memiliki nilai ekonomis 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 adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton

1.4 Manfaat Penelitian

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

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

1.5 Batasan Masalah

Manfaat dari agar tidak terjadi perluasan dalam pembahasan Tugas Akhir ini, maka penelitian ini dibatasi dalam masalah berikut;

- 1) Semen yang digunakan tipe 1 merk Semen Padang.
- 2) Ampas tebu diambil dari daerah Poltabes, Medan.
- 3) Pasir diambil dari daerah Binjai.
- 4) Agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Binjai.
- 5) Air berasal dari Laboratorium Konstruksi dan Mekanika Bahan Universitas HKBP Nommensen Medan.
- 6) Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm.
- 7) Pengujian sampel : 7, 14, 21, 28 hari.
- 8) Persentase Ampas Tebu : 0% , 3%, 6%, 9%.
- 9) Benda uji yang dihasilkan 48 buah.
- 10) Ampas tebu dibakar sampai menjadi abu.
- 11) Abu ampas tebu lolos saringan No.100 dan No.200

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk, (Tjokrodimulyo,1992).

Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Di samping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan (Tjokrodimulyo,1992). Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah :

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

2.2 Beton

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar (kerikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama baton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah 70% - 75% dari seluruh beton. Nilai kekuatan dan daya tahan

(durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik (Tjokrodinulio, 1992).

Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan beton :

1) Kelebihan beton

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Mampu memikul beban yang berat
- c. Tahan terhadap temperature yang tinggi
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil

2) Kekurangan beton

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Berat
- d. Daya pantul suara yang besar

Selain itu, beton juga memiliki beberapa sifat-sifat yang hanya terdapat pada beton. Berikut sifat-sifat beton :

- 1) *Durability* (keawetan)
- 2) Kuat tekan
- 3) Kuat Tarik
- 4) Modulus Elastisitas
- 5) Rangkak (*Creep*)
- 6) Susut (*Shrinkage*)
- 7) Keleccakan (*Workability*)

2.3 Bahan-bahan Penyusun Beton

2.3.1 Semen Portland

Semen Portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan mengiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis (Tjokrodumuljo Kardiyono, 2007).

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut past semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut dengan beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi (Tjokrodumuljo Kardiyono, 2007).

Pada umumnya semen berfungsi untuk :

1. Mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Komponen semen portland terdiri dari :

1. Trikalsium Silikat (C_3S)
2. Dikalsium Silikat (C_2S)
3. Trikalsium Aluminat (C, A)
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF)

Komposisi oksida utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Komposisi Oksida Semen Portland

Oksida	Komposisi (%)
CaO	60 – 65
SiO ₂	17 – 25
Al ₂ O ₃	3 – 8

Oksida	Komposisi (%)
Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
MgO	0,5 – 4
SO ₃	1 – 2
K ₂ O, Na ₂ O	0,5 – 1

(Sumber : Tjokrodimuljo Kardiyono, 2007)

Semen portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SK SNI S-04-1989-F) 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.

2.3.2 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

- 1) Sifat *workability* adukan beton
- 2) Besar kecilnya nilai susut beton
- 3) Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu
- 4) Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum (Mulyono, 2004).

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini :

- 1) Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- 2) Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- 3) Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- 4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.3.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batuan-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil

pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil (Kardiono Tjokrodimulyo, 2007).

Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Penggunaan bahan utama dalam adukan beton berfungsi :

- 1) Menghemat penggunaan semen portland
- 2) Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya
- 3) Mengurangi susut pengerasan
- 4) Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik
- 5) Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Menurut peraturan (SK-SNI-T-15-1990-03) kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

(Kardiono Tjokrodimulyo, 2007). Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antara agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
- 2) Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
- 3) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
- 4) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
- 5) Gradasinya harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Gradasi Pasir

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

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Keterangan :

Daerah I : Pasir k asar Daerah III : Pasir agak halus
 Daerah II : Pasir agak kasar Daerah IV : Pasir halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (Kardiyono Tjokrodimulyo 2007), yaitu :

1) Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2) Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3) Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak

garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan baha agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (Tjokrodimulyo, 1992), yaitu :

1) Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara $2,5 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar $2,3 \text{ gr/cm}^3$.

2) Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari $2,8 \text{ gr/cm}^3$, misalnya magnetik (FeO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm^3 . Penggunaanya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

3) Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain :

- 1) Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- 2) Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
- 3) Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Menurut PBI 1971, ketentuan mengenai penggunaan agregat kasar untuk beton harus memenuhi syarat, antara lain :

- 1) Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
- 2) Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
- 5) Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 T, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
 - a) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - b) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.
 - c) Atau dengan mesin pengaus los angeles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.

- 6) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
- Sisa diatas ayakan 3,15 mm, harus 0% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- 7) Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang smaping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

Tabel 2.3 Gradasi Kerikil

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

2.4 Beton Hijau (*Green Concrete*)

Pertumbuhan dan percepatan ekonomi dunia yang semakin tinggi sekarang ini menjadikan bangunan berbahan beton berkembang di banyak tempat. Oleh karena itu kebutuhan untuk produksi beton mengalami peningkatan jumlah secara signifikan. Dampaknya negatif produksi beton seringkali menyebabkan timbulnya kerusakan lingkungan; diawali dari proses menambang batu kapur, dilanjutkan proses pembakaran, hingga menimbulkan emisi, dsb. Produksi semen dalam pembahasan di forum beton hijau berkelanjutan dinyatakan sebagai penyumbang karbondioksida terbesar nomor dua dunia, setelah pembangkit listrik. Dengan kadar karbondioksida

yang dihasilkan sebanyak tujuh persen. Karenanya perlu senantiasa dikembangkan beton ramah lingkungan sehingga pembangunan tidak perlu berhenti demi lingkungan (Samuel B. A. Jaya, Didik Ariyanto, 2020)

(Samuel B. A. Jaya, Didik Ariyanto, 2020) Beton yang menggunakan lebih sedikit energi dalam produksinya dan menghasilkan lebih sedikit CO₂ daripada beton normal disebut beton hijau (Beton ramah lingkungan). Dalam artikel teknik sipil Universitas Sebelas Maret dengan judul beton ramah lingkungan pembuatan material penyusun beton yang ramah lingkungan ini dapat dilakukan dengan mewujudkan 3 (tiga) usaha kelangsungan dan konservasi lingkungan, yaitu :

- a) Pengurangan emisi gas rumah kaca (terbesar adalah CO₂).
- b) Efisiensi energi dan material dasar.
- c) Penggunaan material buangan/waste
- d) Pengurangan efek yang mengganggu kesehatan/keselamatan pada pengguna konstruksi, baik yang timbul selama proses konstruksi ataupun yang timbul selama operasi bangunan, dengan menggunakan Konsep 4R (*Reduce, Refurbish, Reuse and Recycle*).

2.5 Ampas Tebu

Ampas tebu (*baggase ash*) adalah campuran dari serat yang kuat, yang mempunyai tingkat higroskopis yang tinggi, di hasilkan melalui penggilingan tebu. Ampas tebu sendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula kurang lebih 30% dari kapasitas gilang (Widodo, 2017)



Gambar 2.1 Ampas Tebu
(sumber : Hasil penelitian, 2020)

2.6 Abu Ampas Tebu (AAT)

Abu ampas tebu memiliki kandungan yang sama dengan bahan utama pembentuk semen portland yaitu silika (SiO_2) dan ferrit (Fe_2O_3) sehingga dapat di jadikan sebagai pozolan yang selain menggantikan sebagian semen juga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton (Gemelly, 2014)



Gambar 2.2 Abu Ampas Tebu
(Sumber : Hasil Penelitian, 2020)

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu

Senyawa	Jumlah (%)
SiO_2	46-81
Al_2O_3	1-19
Fe_2O_3	2-4
CaO	81,2%
K_2O	0,2-1,8
MgO	1-4
Na_2O	0,2-4
P_2O_5	0,5-4

(Sumber : Emelda Sihotang, 2009)

2.7 Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan

digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air (SK SNI S-18-1990-03).

Menurut (SK SNI S-18-1990-03) (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, 1990), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

- 1) Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan yang lebih encer pada faktor air semen yang sama.
- 2) Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
- 3) Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan di bawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
- 4) Bahan tambah ini berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
- 5) Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Tri Mulyono (2003) menyebutkan dalam bukunya bahwa bahan tambah dibagi menjadi tujuh tipe yaitu :

1. Tipe A “*Water-Reducing Admixture*”

Water-Reducing Admixture adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

2. Tipe B “*Retarding Admixtures*”

Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pematangan untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.

3. Tipe C “*Accelerating Admixture*”

Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

4. Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixture*”

Water Reducing and Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixture*”

Water Reducing and Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton.

6. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixture*”

Water Reducing, High Range Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam tambah ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer*. Bahan jenis ini pun termasuk dalam bahan kimia tambahan yang baru dan disebut sebagai bahan tambah kimia tambahan yang baru dan disebut sebagai bahan tambah kimia pengurang air. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton.

7. Tipe G “*Water Reaching, High Range Retarding Admixture*”

Water Reaching, High Range Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2.8 *Slump*

Slump merupakan salah satu pengujian sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran (Kardiono Tjokrodimulyo, 1996). *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 pengerjaan 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 (Kardiono Tjokrodimulyo, 2007).

2.9 Tahapan Perawatan Beton

Perawatan benda uji dapat dilakukan dengan perendaman. Perawatan benda uji dilakukan untuk menghindari penguapan air pada benda uji (SK SNI 03-2847-1993). Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

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

2.10 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pendataan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu, ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2003).

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan *additive cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Tri Mulyono, 2003).

2.11 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/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm² sampai 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata 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 tekan 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 :

$$f_{ci} = \frac{P}{A} \times \frac{1}{f_u} \quad 2.1$$

$$f_{ci} = \frac{\sum^n f'_{ci}}{n} \quad 2.2$$

$$S_{ci} = \sqrt{\frac{\sum^n (f'_{ci} - \bar{f}'_{ci})^2}{(n-1)}} \quad 2.3$$

$$f_c = f'_{ci} - 1,64 S_{ci} \quad 2.4$$

Dimana :

P = Beban kuat tekan (N)

A = Luas penampang (m²)

Fu = faktor umur (hari)

f'ci = Kuat tekan beton pada keadaan awal (Mpa)

f'cr = Kuat tekan rata-rata (Mpa)

f'c = Kuat tekan (Mpa)

2.12 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 di gunakan berjumlah 15 sampel dengan presentase 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) Rajagukguk, S. A. (2007) Penelitian ini di ambil judul “PENGARUH AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAH SEMEN TERHADAP SIFAT-SIFAT MEKANIK BETON DENGAN MENGGUNAKAN PASIR SIANTAR”, Penelitian ini di lakukan 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 di rencanakan 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 hari hasil penelitian diatas dapat di lihat persentase penambahan abu ampas tebu paling optimal untuk nilai kuat tekan beton adalah sebesar 5% abu ampas tebu.

- 3) Harmiyati, ST. (2014) 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 dengan kuat tekan beton sebesar 20,86 Mpa, campuran tebu 5% dengan kuat tekan beton sebesar 14,80 Mpa.

BAB III

METODE 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 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 adalah :

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 dengan ukuran 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 Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5) Abu Ampas Tebu

Ampas tebu yang dipakai adalah abu dari pembakaran ampas tebu yang di bakar di atas seng dan di lakukan penyaringan setelah di bakar.

Berikut proses pembakaran ampas tebu :

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

1) Peralatan

- a) Seng
- b) Wadah

2) Bahan

- a) Ampas tebu yang sudah dikeringkan

3) Prosedur

- a) Mempersiapkan abu ampas tebu yang berasal dari daerah Tembung dan alat-alat yang akan digunakan untuk melakukan pembakaran.
- b) Lakukan penjemuran ampas tebu untuk mengurangi kandungan air pada ampas tebu
- c) Setelah kering ampas tebu di letakkan di atas seng untuk di lakukan pembakaran.
- d) Bakar ampas tebu hingga menjadi abu.
- e) 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 mensubstitusi sebagian semen dengan abu ampas tebu. Pada penelitian ini jumlah sampel ditentukan masing-masing 3 sampel tiap varian yang ditetapkan (Sugiyono 2002:2).

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Benda Uji

KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT TEKAN PADA UMUR				JUMLAH
	7hari	14hari	21hari	28hari	
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton Eksperimen					
3% AAT	3	3	3	3	12
6% ATT	3	3	3	3	12
9% ATT	3	3	3	3	12
JUMLAH	12	12	12	12	48

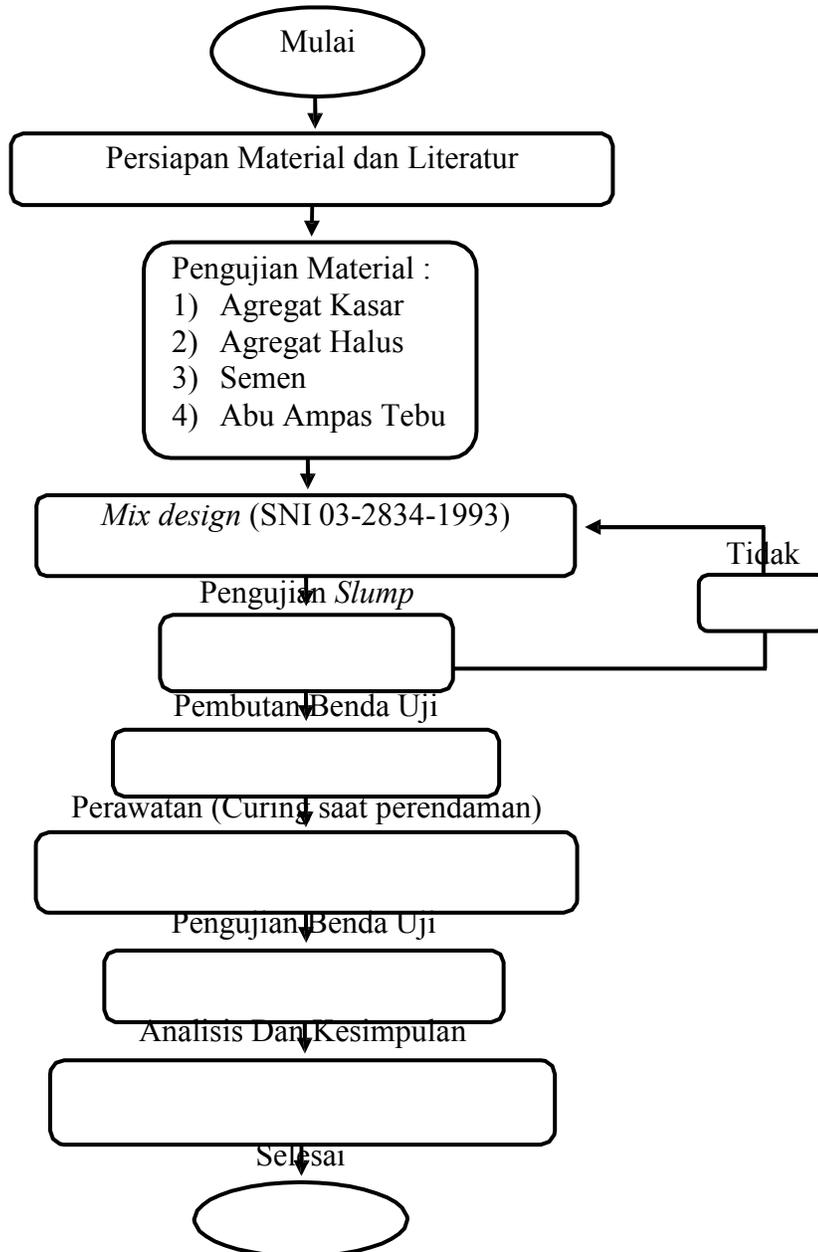
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2020)

3.4 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.

3.5 Alur Penelitian

Digambarkan dalam bagan alir penelitian Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.6 Tahapan Pengujian Material

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 (SK SNI 15-2530-1991)

Tujuan pengujian kehalusan semen adalah untuk menentukan nilai kehalusan semen Portland dengan cara penyaringan. Kehalusan semen Portland adalah perbandingan berat benda uji yang tertahan di atas saringan No.100 dan No. 200 dengan berat benda uji semula. Adapun Peralatan yang digunakan adalah saringan (No.100,200,PAN) timbangan ketelitian 0,1%, kuas. Berikut langkah-langkah untuk melakukan pengujiannya yakni: Benda uji semen dimasukkan ke dalam saringan No.100 yang terletak di atas saringan No.200 dan dipasang PAN di bawahnya. Lalu saringan digetarkan menggunakan mesin penggetar selama 5 menit. Setelah itu, timbang masing-masing benda uji yang tertahan di setiap saringan dan catat beratnya. Dan hitunglah berapa nilai kehalusan semen.

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

Tujuan dari pemeriksaan ini ialah menentukan nilai berat jenis semen Portland dan untuk pengendalian mutu beton. Adapun Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yakni: Botol Le Chatelier, Saringan No.200, Timbangan digital, Ember. Dan bahan yang digunakan yakni: Semen Portland Tipe I sebanyak 64 gram, Air , Minyak tanah. Setelah peralatan dan bahan telah disiapkan berikut langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengujiannya yakni; Persiapkan alat dan bahan. Saring semen dengan menggunakan saringan No.200 sebanyak 64 gram untuk satu sampel. Lalu 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. Kemudian masukkan semen yang telah disaring ke dalam tabung Le Chatelier secara perlahan agar tidak ada semen yang menepel pada dinding tabung. Bisa menggunakan corong kaca. Kemudian tabung digoyang secara perlahan sampai gelembungnya hilang dan tidak

ada lagi semen yang menempel di dinding tabung, Setelah itu, masukkan tabung Le Chatelier ke dalam ember, lalu rendam selama 20 menit. Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (V_2). Kemudian hitunglah data yang telah didapat.

3.6.3 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (SNI 03-1968-1990)

Tujuan Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat adalah untuk menentukan bagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Peralatan yang digunakan: Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari agregat yang akan diuji, Saringan-saringan yang telah ditentukan ukuran lubangnya, Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5) C, Alat penggetar, Talam atau wadah, Kuas pembersih, sikat kuningan. Dan bahan yang digunakan yakni Pasir dan Kerikil. Prosedur-prosuder yang digunakan dalam pengujiannya yakni: Bahan atau benda uji yang akan diuji di oven terlebih dahulu sampai mencapai berat tetap. Kemudian masukkan benda uji ke saringan yang telah disusun. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar diatas sampai paling kecil dibawah. Lalu getarkan mesin penggetar selama 15 menit. Setelah 15 menit Pisahkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan. Kemudian timbang dan catat berat benda uji yang telah dipisahkan. Dan hitung analisis agregat saringan.

3.6.4 Pengujian Kadar air Agregat (SNI 03-1971-1990)

Tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan kadar air dalam suatu agregat dengan cara pengeringan. Dalam pengujian ini alat yang digunakan yakni timbangan, talam dan over dengan bahan uji agregat kasar sebanyak 6000 gram dan agregat halus sebanyak 1000 gram. Kemudian dilakukan pengujian dengan menimbang dan catat berat talam (W_1), Kemudian masukan benda uji kedalamtalam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2), hitunglah berat benda uji ($W_3=W_2-W_1$), setelah itu keringkan benda uji dalam oven dengan suhu (110 ± 5)C, setelah kering timbang dan catat berat benda uji (W4)

3.6.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat (SNI 03-1973-2008)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus dan kasar. Dengan menggunakan Timbangan yang ketelitiannya 0,1 gram, wadah silinder, sekop, mistar perata, tongkat pemadat sebagai peralatan yang digunakan dan agregat kasar dan agregat halus sebagai bahan digunakan dalam pengujian berat isinya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan sudah disiapkan.

Lakukan pengujian pada agregat kasar dengan mengukur diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan terlebih dahulu menggunakan mistar. Lalu timbang dan catatlah berat wadah tersebut sebagai (W_1) kemudian isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojek sebanyak 25 kali secara merata. Pada saat lapis ke tiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata. Lalu timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat kasar (W_2). Kemudian hitunglah berat agregat kasar dengan rumus ($W_3 = W_2 - W_1$).

Kemudian lakukan pengujian pada agregat halus dengan mengukur diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan terlebih dahulu menggunakan mistar. Lalu timbang dan catatlah berat wadah tersebut sebagai (W_1) kemudian isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojek 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. Lalu timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat halus (W_2). Kemudian hitunglah berat agregat halus dengan rumus ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 1969-2008)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar, dengan menggunakan Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, Saringan No.9,5 mm dan 4,75 mm, Oven dengan suhu pemanasan 110 ± 5 C,

Wadah baja, Gelas ukur, Kain lap, PAN sebagai alat dalam pengujian menyiapkan agregat kasar sebanyak 2600 gram dibagi untuk 2 sampel pengujian dan air bersih. Setelah itu lakukan pengujian dengan menyiapkan semua alat dan bahan yang digunakan, lalu cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang melekat pada benda uji, setelah dicuci keringkan agregat dalam oven selama 24 jam setelah 24 jam dalam oven dinginkan agregat kemudian timbang (BK), lalu rendam agregat dalam air selama 24 jam, setelah selesai direndam 24 jam keluarkan benda uji dari air dan lap dengan menggunakan kain lap pada permukaannya, untuk mendapatkan agregat dalam keadaan SSD, kemudian timbang berat agregat tersebut dan catat sebagai Berat SSD. Masukkan agregat tadi ke dalam gelas ukur plastik sedikit ditambah air pada batas tertentu, setelah itu kocok agar tidak ada lagi gelembung udara dan kemudian timbang berat bejana + air + agregat (B), lalu keluarkan agregat, kemudian masukkan air pada batas tertentu, lalu timbang (BT). Setelah itu lakukan pengolahan data untuk menentukan nilai B_j kering, B_j SSD, B_j semu dan penyerapan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

3.6.7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 1970-2008)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dari agregat halus. Dengan menggunakan: Piknometer kapasitas 500 ml, Timbangan, Oven, Kerucut terpancung (cone), Batang penumbuk, Wadah, Saringan No.4 sebagai peralatannya dan Agregat halus dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan sudah disiapkan, periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji ke dalam cone, masukkan benda uji ke dalam con sampai 3 bagian. Kemudian padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali, angkat kerucut. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak, apabila masih runtuh ulangi. Lalu ambil agregat halus 500 gram yang lolos saringan No.4 timbang berat piknometer. Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya. Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD ke dalam

piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, kemudian goyangkan piknometer sampai gelembung udara menghilang. Timbang piknometer berisi air dan benda uji dengan timbangan ketelitian 0,1 gram. Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air kemudian saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, kemudian masukkan ke dalam adah lalu keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)C selama 24 jam. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang benda uji tersebut. Dan catatlah beratnya.

3.6.8 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (SNI 03-4142-1996)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur seharusnya sebesar 5% dari berat agregat halus. Dengan menggunakan: Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah sebagai peralatan yang digunakan, dan Agregat halus dan Larutan sebagai bahannya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan sudah disiapkan, masukkan pasir ke dalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml, lalu tambahkan air kedalam gelas ukur hingga mencapai 115 ml dan 125 ml, kemudian tutup permukaan gelas dan kocok untuk mencuci pasir dari lumpur. Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan mengendap selama 24 jam. Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.

3.6.9 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles (SNI 2417-2008)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan tingkat keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Dengan menggunakan: 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 dan agregat kasar sebanyak 5000 gram sebagai alat dan bahannya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan telah disiapkan timbang agregat kasar sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm, Lalu cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah di oven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruang, Setelah dingin masukkan benda uji ke dalam mesin

Los Angeles dan 8 buah bola baja, Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit. Setelah selesai, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan saring menggunakan saringan 2,36 mm. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm dan setelah itu lakukan pengolahan data.

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

3.6.11 Tata Cara Pembuatan Rencana *Mix Design* Menurut (SNI 03-2834-1993)

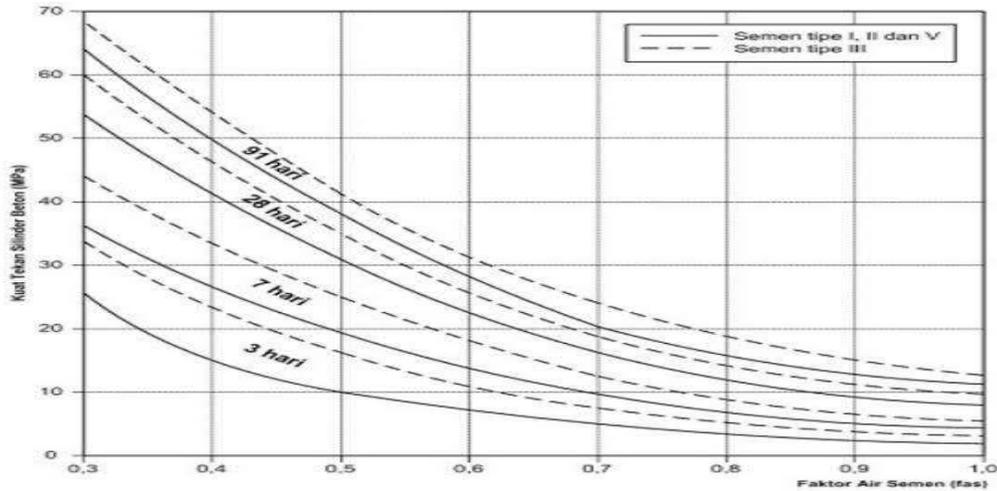
Berdasarkan (SNI 03-2834-1993), dalam perencanaan campuran beton harus memenuhi persyaratan berikut :

- 1) Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton.

- 2) 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 :

- 1) 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 tekan beton lebih dari 20 Mpa.
- 2) Penetapan nilai deviasi standar (s). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian dalam pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik tingkat pengendalian mutu, semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah benda uji minimal 30 buah, maka data standar deviasi yang dimiliki bisa langsung digunakan. Jika jumlah benda uji kurang dari 30 buah, maka harus dilakukan penyesuaian.
- 3) Menentukan nilai tambah atau *margin* (m)
 $m = 1,34s$ Mpa atau $m = 2,33s - 3,5$ Mpa
(diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan di atas)
- 4) Menetapkan nilai kuat tekan rata-rata yang harus direncanakan dengan menggunakan rumus :
 $f'cr = f'c + m$
- 5) Menetapkan jenis semen
- 6) Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan, baik untuk agregat halus maupun agregat kasar, harus jelas menggunakan agregat alami atau batu pecah/buatan.
- 7) Menentukan nilai faktor air semen (FAS); untuk tahapan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu :
 - a) Cara pertama : berdasarkan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu berdasarkan Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Faktor AirSemen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder.

(Sumber : Tri Mulyono, 2003)

- b) Cara kedua : untuk benda uji kubus, berdasarkan jenis semen yang digunakan, jenis agegat kasar, dan kuat tekan rata-rata beton yang direncanakan pada umur tertentu, dapat ditetapkan nilai faktor air semen dari Tabel 3.2.
- 8) 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
- 9) dipakai faktor air semen, sebesar 0,45.

Tabel 3.2 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) FAS 0,45

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	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

(Sumber : Tri Mulyono, 2003)

- 10) Lihat Gambar. Lukislah titik A pada gambar dengan nilai FAS 0,45 (sebagai absis) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.2. (sebagai ordinat). Kemudian pada titik A tersebut dibuat grafik baru yang betuknya 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 baah untuk memperoleh nilai faktor air semen yang sesuai.
- 11) FAS yang diperoleh dari langkah g, maka nilai FAS 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:

Tabel 3.3 Persyaratan Nilai FAS Maksimum untuk Berbagai Pembetonan dilingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	FAS Maksimum	Semen Minimum (kg/m ³)
Beton di dalam ruang bangunan :	0,60	275
a. Keadaan sekeliling non-korosif	0,52	325
b. Keadaan sekeliling korosif akibat kondensasi atau uap korosi		
Beton di luar ruang bangunan :	0,55	325
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60	275
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton di luar ruang bangunan :	0,55	325
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		
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	

(Sumber : Tri Mulyono, 2003)

Tabel 3.4 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Dalam Air.

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum (kg/m ²)	
				Agregat maks.	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Prategang	Air tawar	0,50	Semua Tipe I-V	280	300
	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

(Sumber : Tri Mulyono, 2003)

Tabel 3.5 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		40mm	20mm	10mm	
	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

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		40mm	20mm	10mm	
	Total SO ₂ (%)	SO ₂ dalam campuran Air : Tanah = 2:1 g/l						
				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 (15-40%) atau PPC	340	380	430	0,45
				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 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

(Sumber : Tri Mulyono, 2003)

- 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 faktor air semen.

Perlu dicatat bahwa cara pertama akan menurunkan nilai faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menambah jumlah air yang dibutuhkan.

- 1) Menentukan daerah gradasi agregat halus berdasarkan Tabel 3.6 berikut

Tabel 3.6 Batas Gradasi Agregat Halus Tjokrodimulyo Kardiyono, 2007.

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

(Sumber : Tjokrodimulyo Kardiyono, 2007)

- 2) Menentukan perbandingan antara agregat halus dengan agregat campuran berdasarkan ukuran butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus.
- 3) Menghitung berat jenis agregat campuran dengan persamaan berikut :

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

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

- 4) Menentukan berat jenis beton berdasarkan hasil hitungan berat jenis agregat campuran pada langkah r dan kebutuhan air per- m^3 :
 - a) 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.

- b) Kebutuhan air yang diperoleh dari langkah k dimasukkan ke dalam Gambar dan ditarik garis vertikal hingga memotong garis kurva yang dibuat pada langkah di atas (1).
 - c) Berat jenis beton diperoleh dengan menarik garis horisontal dari titik potong yang diperoleh pada langkah di atas (2) sampai memotong sumbu vertikal (berat beton per m^3).
- 5) Menentukan kebutuhan agregat campuran dengan cara mengurangi berat per- m^3 beton dengan jumlah kebutuhan air dan semen.
 - 6) Menghitung berat agregat halus yang dibutuhkan dengan cara mengalikan persentase agregat halus terhadap agregat campuran (langkah p) dengan berat agregat campuran yang diperoleh dari langkah.
 - 7) Menentukan berat agregat kasar, yang dibutuhkan untuk setiap m^3 beton, dengan cara menghitung berat agregat campuran yang dibutuhkan dikurangi berat agregat halus yang dibutuhkan.

3.7 Pembuatan Benda Uji

3.7.1 Tahapan penimbangan material

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.

3.7.2 Tahapan Pengadukan Beton Segar

Dalam pengadukan beton menggunakan alat mesin pengadukan campuran beton selama penelitian. Langkah-langkah dalam proses pengadukan menggunakan mesin pengaduk adalah sebagai berikut : Siapkan terlebih dahulu agregat-agregat yang akan diaduk. Lalu masukkan agregat halus dan semen terlebih dahulu dan memutar mesin pengaduk. Lalu masukkan agregat kasar dan putar kembali sampai campuran merata. Kemudian masukkan air sedikit demi sedikit sampai 50% air yang akan dimasukkan dan putar mesin pengaduk dengan tenaga mesin. Setelah campuran tersebut sudah kelihatan tidak kering lagi, masukkan sisa air berikutnya sedikit demi sedikit dan aduk kembali hingga rata sampai campuran terlihat homogen.

3.7.3 Tahapan tes *Slump* Beton Dengan Kerucut Abram

Sediakan alat-alat tes *slump*, yaitu kerucut Abram, kemudian tuangkan beton segar ke dalam cetakan kerucut sebanyak $\frac{1}{3}$ dari tinggi kerucut tersebut. Kemudian lakukan perojokkan atau pemadatan terhadap beton sebanyak 25 kali rojokan searah jarum jam. Lakukan kembali pemasukkan beton segar kemudian rojok kembali. Lakukan sampai cetakan kerucut penuh. Setelah penuh beton diratakan bagian atasnya, dan angkat tabung kerucut tersebut secara vertikal tanpa adanya gerakan horizontal. Dengan waktu tidak dari 52 detik. Kemudian letakkan tabung kerucut di samping beton yang tumpah dan penusuk tepat di atasnya. 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 bisa digunakan. Selesaikan seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dengan waktu tidak lebih dari 2,5 menit.

3.7.4 Tahapan Penuangan dan Pemadatan Beton Segar

Tahapan ini merupakan tahapan memasukkan adukan beton ke dalam silinder, dengan memasukkan adukan beton sebanyak 3 kali, $\frac{1}{3}$ dari silinder. Setiap $\frac{1}{3}$ lapisan lakukan perojokkan sebanyak 25 kali secara merata. 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. Setelah silinder terisi penuh, ratakan permukaannya dan bersihkan silinder.

3.8 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.

3.9 Tahapan Pengujian Kuat Tekan Beton

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

- 1) Alat yang digunakan: Timbangan manual dan CONTROL-ITALY sebagai alat penguji kuat tekan.
- 2) Bahan yang digunakan: Adukan Beton (Molen)
- 3) Tahapan pengadukan: Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian keringkan selama 24 jam, Setelah diredam 24 jam timbang dan mencatat berat sampel beton, kemudian letakkan sampel beton di atas alat penguji, lalu hidupkan mesin dan lakukan pembebanan secara perlahan. Lalu lakukan pembebanan sampai beton hancur, kemudian catat hasil beban maksimum.