

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pertumbuhan konstruksi dan pembangunan di dunia dari hari ke hari makin meningkat. Semakin hari semakin mudah menemukan gedung pencakar langit, pembangunan konstruksi dan gedung dunia sebagian besarnya masih terbuat dari beton. Dengan meningkatnya pembangunan maka kebutuhan beton juga akan semakin berlipat. Dan bukan tidak mungkin akibat dari pemakaian beton dunia maka akan mengganggu keseimbangan lingkungan. Sehingga perlu dicari solusi bagaimana mendapatkan beton yang ramah lingkungan.

Beton ramah lingkungan yang menggunakan lebih sedikit energi dalam produksinya dan menghasilkan lebih sedikit CO₂ daripada beton normal disebut beton hijau (*green concrete*) atau yang lebih dikenal dengan nama beton ramah lingkungan.

Tujuan pengembangan beton ramah lingkungan ini adalah untuk pembangunan berkelanjutan dan pemerataan sumber daya alam. Bahan utama dalam beton ramah lingkungan adalah semen yang terdiri dari batu kapur. Selama pembuatan semen, bahan-bahannya dipanaskan sampai sekitar 800°C hingga 1000°C. Selama proses ini, karbon dioksida dilepaskan. Sekitar 1 kg lemparan beton sekitar 900 gms CO₂ ke atmosfer. Karena itu, beton ramah lingkungan menjadi eksistensi untuk mengurangi emisi CO₂.

Pada dasarnya beton ramah lingkungan memiliki konsep 3 R, yaitu :

1. Reduce
2. Reuse
3. Recycle

Mengurangi emisi gas rumah kaca, mengurangi penggunaan sumber daya alam seperti batu kapur, serpih, tanah liat dan pasir sungai alami.

Beton ramah lingkungan harus memiliki persyaratan berikut :

1. Penggunaan bahan yang tersedia secara optimal.
2. Performa lebih baik.
3. Mengurangi penyusutan beton (*shrinkage*).
4. Mengurangi emisi karbon.
5. Peningkatan kemudahan pengerjaan dan konsistensi kohesi.
6. Daya tahan waktu pelayanan yang lebih baik.
7. Tidak ada peningkatan biaya.

Beberapa faktor yang meningkatkan penggunaan beton ramah lingkungan dalam struktur meliputi :

1. Mengurangi beban mati struktur dan mengurangi beban crane; memungkinkan penanganan dan pelaksanaan yang lebih cepat, meningkatkan fleksibilitas dengan bobot yang lebih ringan.
2. Pengurangan emisi CO₂ sebesar 30%.
3. Peningkatan industri beton menggunakan produk limbah sebesar 20%.
4. Tahan panas dan api yang baik, isolasi suaranya lebih baik dari beton tradisional.
5. Meningkatkan ketahanan redaman bangunan.
6. Tidak ada pencemaran lingkungan dan terciptanya pembangunan berkelanjutan.
7. Membutuhkan lebih sedikit perawatan dan perbaikan.
8. Kekuatan lentur dari beton ramah lingkungan hampir sama dengan beton konvensional.

Campuran beton untuk beton ramah lingkungan sama dengan beton konvensional, namun kebutuhan material pendukung harus dicampur sedemikian rupa sehingga meminimalkan nilai minimum atau void minimum dalam beton. Material beton ini dipakainya dari bahan yang dipergunakan kembali, tergantung dari tujuan penggunaan beton ramah lingkungan ini. Dalam penggunaan material tersebut dibutuhkan satu atau lebih kriteria seperti berikut ini ;

1. Tersedia secara lokal.

2. Mempergunakan kembali dan dapat didaur ulang.
3. Dicampur atau di-mix kembali dan bisa dipergunakan.

Keunggulan beton ramah lingkungan :

1. Desain campuran yang dioptimalkan berarti penanganannya yang lebih mudah, konsistensi yang lebih baik, dan penyelesaian yang lebih mudah.
2. Pengurangan penyusutan dan *creep*.
3. Beton ramah lingkungan menggunakan material lokal dan daur ulang.
4. Panas hidrasi secara teknis lebih rendah daripada beton tradisional.
5. Hal ini menghasilkan kenaikan suhu yang lebih rendah dalam menuangkan beton massa yang merupakan keunggulan nyata dari beton ramah lingkungan.

Kerugian beton ramah lingkungan :

1. Penyerapan air tinggi.
2. Struktur yang dibangun dengan beton ramah lingkungan memiliki waktu yang kurang dari struktur yang dibangun dengan beton konvensional.
3. Kekuatan tegang beton ramah lingkungan kurang dari beton konvensional.

Berikut ini adalah aplikasi utama dari beton ramah lingkungan :

1. Digunakan dalam pembangunan jembatan.
2. Digunakan dalam konstruksi bangunan.
3. Digunakan dalam pembangunan jalan.

Pada penelitian ini limbah yang dipergunakan ialah limbah tongkol jagung yang tidak diolah oleh para petani jagung sehingga penumpukan limbah ini sangat mempengaruhi lingkungan. Pada umumnya petani jagung hanya memanfaatkan biji jagung sebagai bahan pangan pengganti padi,

pakan ternak, diolah menjadi minyak maupun tepung. Tongkol jagung selama ini hanya dimanfaatkan menjadi campuran pakan ternak sapi atau hasil industri yang tidak diolah kembali menjadi sesuatu yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Hal ini yang menimbulkan penumpukan limbah tongkol jagung di daerah penghasil jagung karena kurangnya informasi para petani dalam mengolah tongkol jagung.

Pembangunan yang berwawasan lingkungan merupakan wacana baru yang harus dikembangkan, baik dalam penyelenggaraan maupun pengolahannya. Pengembangan bahan bangunan beton ringan ramah lingkungan untuk konstruksi menggunakan bahan tamba dari abu tongkol jagung untuk campuran semen dapat memecahkan masalah lingkungan. Pengembangan inovasi beton ramah lingkungan dengan limbah abu tongkol jagung ini bisa menjadi alternatif lain dalam pemanfaatan limbah dan terobosan baru dalam dunia konstruksi bangunan. Dimana nantinya akan banyak terobosan baru yang lebih bermanfaat dalam mengurangi limbah hasil pertanian maupun hasil industri serta dapat memberikan dampak positif terhadap pelestarian lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka masalah penelitian dapat diidentifikasi sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh kuat tekan beton dengan memanfaatkan material organik abu tongkol jagung pada campuran beton ?
- Apakah dengan penambahan abu tongkol jagung sebagai bahan tambah dapat menambah kuat tekan beton ?
- Apakah limbah abu tongkol jagung layak digunakan untuk menambah kekuatan beton ?
- Bagaimana persentase abu tongkol jagung dan semen yang paling optimum ?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu tongkol jagung sebagai bahan tambah.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- Mengurangi limbah tongkol jagung.
- Untuk meningkatkan kualitas beton, sehingga diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan abu tongkol jagung sebagai peningkatan mutu beton.
- Menekan biaya pembuatan beton karena menggunakan bahan limbah yang tidak terpakai.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini diambil sebagai berikut ini.

1. Semen yang digunakan tipe 1 merk Semen Padang.
2. Tongkol jagung diambil dari daerah Tembung, 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 15 cm dan tinggi 30 cm.
7. Pengujian sampel : 7, 14, 21, 28 hari.
8. Persentase tongkol jagung : 0% , 3%, 6%, 9%.
9. Benda uji yang dihasilkan 48 buah.
10. Mutu beton ($f'c$) 25 Mpa.
11. Tongkol jagung dibakar sampai menjadi abu.
12. Abu tongkol jagung lolos saringan No.100 dan tertahan di No.200

1.6. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Metode penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu percobaan untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antar variabel-variabel. Berikut tabel komposisi kimia abu bonggol jagung :

Tabel 1.1. Hasil Uji Unsur Kimia Abu Tongkol Jagung

KOMPOSISI	HASIL UJI
Si	8,75%
P	2,4%
S	0,4%
K	81,2%
Ti	0,07%
Mn	0,12%
Fe	1,05%
Cu	0,16%
Zn	0,16%
Br	1,12%
Rb	0,30%
Y	1,1%
Mo	0,06%
Ba	3,0%
Eu	0,2%

Sumber : Penelitian Abu Tongkol Jagung dari Desa Gedog Wetan, Kec. Turen, Kab. Malang

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 mengurai 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 Jagung .

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 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. 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. 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 beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah $\pm 70\% - 75\%$ 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.

Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan beton :

- a. Kelebihan beton
 - Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
 - Mampu memikul beban yang berat
 - Tahan terhadap temperature yang tinggi
 - Biaya pemeliharaan yang kecil
- b. Kekurangan beton
 - Bentuk yang telah dibuat sulit diubah

- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat
- Dayapantul suara yang besar

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

Berikut sifat-sifat beton :

- a. *Durability* (keawetan)
- b. Kuat tekan
- c. Kuat Tarik
- d. Modulus Elastisitas
- e. Rangkak (*Creep*)
- f. Susut (*Shrinkage*)
- g. Kelecekan (*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.

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.

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 :

- a. Trikalsium Silikat (C_3S)
- b. Dikalsium Silikat (C_2S)
- c. Trikalsium Aluminat (C, A)
- d. 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
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 : Kardiyono Tjokrodinuljo, 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

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis – lapis beton.

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.

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 batu-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.

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.

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 ini :

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 kasar

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, 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, 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 . Penggunaannya 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 :

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
- c. 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 :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.
 - 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 tigaperempat 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

2.3.4. Tongkol Jagung

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman pangan penghasil karbohidrat yang terpenting di dunia, selain gandum dan juga padi. Untuk hal ini di beberapa negara seperti di wilayah Amerika Tengah dan Selatan, bulir jagung menjadi makanan pokok. Dan begitu juga di beberapa wilayah Afrika dan Indonesia sendiri.



Gambar 2.1. Tanaman Jagung



Gambar 2.2. Tongkol Jagung

Dan tidak hanya itu, jagung juga menjadi komponen yang penting untuk pakan ternak, jagung juga bisa diambil minyaknya dan bisa pula diolah menjadi tepung. Beragam produk turunan hasil pengolahan jagung juga menjadi bahan baku dalam sejumlah produk industri pangan.

Berdasarkan sejarah dalam hal ini ilmu Arkeologi telah mengarah budidaya jagung primitif di bagian selatan Meksiko, Amerika Tengah sejak 7000 tahun yang lalu. Hal ini dapat

dilihat dari sisa-sisa tongkol jagung kuno yang ditemukan di Gua Guila Naquitz, Lembah Oaxaca yang berusia sekitar 6250 tahun. Dengan penemuan tongkol jagung utuh itu sekaligus menjadikannya sebagai tongkol jagung tertua yang ditemukan di gua-gua dekat Tehuacan, Puebla, Meksiko yang berusia sekitar 3450 SM.

Untuk sementara itu, suku Olmek dan Maya diduga telah membudidayakan jagung di seantero Amerika Tengah sejak 10.000 tahun yang lalu dan mengenal berbagai teknik pengolahan hasil. Teknologi ini dibawa ke Ekuador, Amerika Selatan sekitar 7000 tahun yang lalu, dan mencapai daerah pegunungan di selatan Peru pada 4000 tahun yang lalu. Pada saat itulah berkembang tanaman jagung yang dapat beradaptasi dengan suhu rendah di kawasan Pegunungan Andes, kemudian sejak 2500 SM, tanaman jagung telah dikenal di berbagai penjuru Benua Amerika.

Pada jagung yang dibudidayakan dianggap sebagai keturunan langsung sejenis tanaman rerumputan mirip jagung yang bernama teosinte *Zea mays ssp. parviglumis*, dalam proses domestiknya yang berlangsung paling tidak 7.000 tahun yang lalu oleh penduduk asli setempat, yang masuk gen-gen dari sub spesies lain, terutama *Zea mays ssp. mexicana*. Yang dalam istilah teosinte sebenarnya digunakan untuk menggambarkan semua spesies dalam genus *Zea*, kecuali *Zea mays ssp. mays*, yang dalam proses domestikasi menjadikan jagung merupakan satu-satunya spesies tumbuhan yang tidak dapat hidup secara liar di alam.

Hal ini yang lalu berlanjut dengan kedatangan orang-orang Eropa ke benua Amerika sejak akhir abad ke-15 dan membawa serta jenis-jenis jagung ke Dunia Lama, baik ke Eropa maupun ke Asia. Pengembaraan jagung ke Asia semakin dipercepat dengan terbukanya jalur barat yang dipelopori oleh armada laut pimpinan Ferdinand Magellan yang melintasi Samudera Pasifik. Di tempat-tempat baru inilah tanaman jagung relatif mudah beradaptasi karena tanaman ini memiliki plastisitas fenotipe yang tinggi. Untuk wilayah Nusantara sendiri, pada tanaman jagung diperkirakan masuk pada sekitar abad ke-16 oleh penjelajah Portugis.

Sebelum melakukan percobaan ini, perlu dilakukan uji unsur kimia pada abu tongkol jagung untuk mengetahui kandungan kimia pada abu tersebut. Dengan mengetahui unsur kimia abu tongkol jagung maka akan mempermudah pada saat dilakukan penelitian kuat tekan beton.

Akan tetapi karena ketidakterersediaan alat pengujian untuk uji unsur kimia maka dipergunakan hasil uji unsur kimia yang didapat dari sumber terkait dengan uji unsur kimia abu bonggol jagung. Berikut tabel uji unsur kimia abu tongkol jagung :

Tabel 2.4. Hasil Uji Unsur Kimia Abu Tongkol Jagung

KOMPOSISI	HASIL UJI
Si	8,75%
P	2,4%
S	0,4%
K	81,2%
Ti	0,07%
Mn	0,12%
Fe	1,05%
Cu	0,16%
Zn	0,16%
Br	1,12%
Rb	0,30%
Y	1,1%
Mo	0,06%
Ba	3,0%
Eu	0,2%

Sumber : Penelitian Abu Tongkol Jagung dari Desa Gedog Wetan, Kec. Turen, Kab. Malang

2.4. 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 kekedapan terhadap air. 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 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 pemadatan 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.

2.5. *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 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.

2.6. 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 *additivecementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi.

2.7. 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 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/cm^2 . Tata cara pengujian yang

umum dipakai dalam standar *ASTM C 39*. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

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

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

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

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

Keterangan :

- P = Beban kuat tekan (N)
- A = Luas penampang
- f_u = faktor umur
- f'ci = Kuat tekan beton pada keadaan awal
- f'cr = Kuat tekan rata-rata (MPa)
- f'c = Kuat tekan (MPa)

2.8. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini sebelumnyasudah pernah dilaksanakan oleh beberapa institusi pendidikan maupun perorangan yang dimanaperbedaannyaterdapat pada banyak abu yang digunakan dalam campuran beton dan umur beton yang ditetapkan. Mahasiswa dari Universitas Semarang melakukan penelitian dengan judul *Pemanfaatan Bahan Additive Abu Batang Jagung dan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Beton Ringan Ramah Lingkungan* ini menggunakan abu tongkol sebanyak 10%, 15% dan 20 % dengan umur percobaan 7, 14 dan 28 hari.

Pada penelitian ini kuat tekan beton umur 7 hari dengan abu sebanyak 10% mencapai **50,95 kg/cm²** atau setara dengan **5,095 MPa** sedangkan saat umur 14 hari kuat tekan beton mencapai **62,29 kg/cm²** atau setara dengan **6,229 MPa** dan saat umur 28

harikuattekannencapai**73,60 kg/cm²**atausetaradengan**7,36 MPa**. Pada perhitungan mix design sebelumnya, kuattekankonkrit pada umur 28 haridirencanakanmencapai**25 MPa**. Sehinggakuattekankonkritdengancampuranabutongkoljagung 10% kurangdarikonkritbiasa.

Pada penelitian, kuattekankonkritumur 7 haridenganaabusebanyak 15% mencapai**50,95 kg/cm²**, sedangkan pada umur 14 harikuattekankonkritmencapai**67,94 kg/cm²** dan saatberumur 28 hari, kuattekankonkritnencapai**84,92 kg/cm²**atausetaradengan**8,94 MPa**. Pada perhitungan mix design sebelumnya, kuattekankonkrit pada umur 28 haridirencanakanmencapai**25 MPa**. Sehinggakuattekankonkritdengancampuranabutongkoljagung 15% kurangdarikuattekankonkritbiasa.

Pada penelitiankuattekankonkritumur 7 haridenganaabusebanyak 20% mencapai**33,97 kg/cm²**, sedangkansaatumur 14 harikuattekankonkritmencapai**28,31 kg/cm²** dan saatberumur 28 hari, kuattekankonkritmencapai**39,63 kg/cm²**atausetaradengan**3,96 MPa**. Pada perhitungan mix design sebelumnya, kuattekankonkrit pada umur 28 haridirencanakanmencapai**25 MPa**. Sehinggapadapatditarikkesimpulanbahwakuattekankonkritdengancampuranabutongkoljagung 10%, 15% dan 20% pada umur 28 harikurangdarikuattekankonkrit yang direncanakan. Selainitu, beratkonkrit yang dihasilkanlebihringandibandingkankonkritbiasa. Meskipunkekuatan yang didapatlebihkecildarikuattekankonkrit yang direncanakan, konkritdengancampuranabutongkoljagungjauhlebihekonomisdibandingkankonkrit normal.

Penelitianselanjutnyadilaksanakan oleh mahasiswa Teknik Universitas Islam Lamongandenganjudulpenelitian*PengaruhPenambahan Abu BonggolJagungTerhadapKuatTekanKonkrit* K-200. Para mahasiswamelakukanpenelitianinimenggunakanabusebanyak 4%, 8% dan 12% denganumurbeton 7 dan 28 hari. Kuattekankonkrit normal yang dipergunakan pada penelitianiniyaitu**16,9 MPa**. Nilai beton 28 haribeton normal sebesar**19,96 MPa**. Penambahanabutongkoljagungsebanyak 4% memilikikuattekankonkrit**33,04 MPa**, abutongkoljagung 8% kuattekankonkrit yang dihasilkan**30,79 MPa**, dan abutongkoljagung 12% kuattekankonkrit yang dihasilkansebesar**28,20 MPa**. Dari hasilpenelitiandiatasdapatdisimpulkannilai optimum daripenambahanabutongkoljagungterdapat pada varian 4% yaitu**33,04 MPa**.

Penelitianberikutnyadilakukan oleh para Alumni Program Studi Teknik SipilUniversitas Negeri Malang dengan judul penelitian *Kajian Penambahan Abu BonggolJagung Yang Bervariasi dan BahanTambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik dan MekanikBetonMemadatSendiri (Self-Compacting Concrete)*. Penelitianinimenggunakanabutongkoljagungsebanyak 0%, 4%, 8% dan 12% denganumurbeton yang dilaksanakan 7, 14 dan 28 hari. Ukuransilinder yang digunkan pada penelitianiniberdiameter 7,5 cm dengantinggi 15 cm. Kuattekencana yang digunakandalampenelitianinisebesar 25 MPa.

Pada umur 7 hari, abutongkoljagung 0% menghasilkankuattekansebesar**25,253 MPa**, umur 14 harikuat tekan yang dihasilkan**31,432 MPa** dan pada umur 28 harikuat tekan yang dihasilkan**32,226 MPa**.

Pada umur 7 hari, abutongkoljagung 4% menghasilkankuattekansebesar**26,769 MPa**, umur 14 harikuat tekan yang dihasilkan**29,261 MPa** dan pada umur 28 harikuat tekan yang dihasilkansebesar**36,251 MPa**.

Pada umur 7 hari, abutongkoljagung 8% menghasilkankuattekansebesar**25,180MPa**, umur 14 harikuat tekan yang dihasilkan**26,916 MPa** dan umur 28 harimenghasilkankuattekanbeton**32,849 MPa**.

Pada umur 7 hari, abutongkoljagung 12% menghasilkankuattekansebesar**19,536 MPa**, umur 14 harikuat tekan yang dihasilkan**22,383 MPa**, dan umur 28 harikuat tekan yang dihasilkansebesar**26,184 MPa**.

Dari hasilpercobaan di atasmenunjukkanbahwabeton SCC denganpenambahkadarabutongkoljagungsebanyak 4% memilikinilaikuat tekan optimum yaknisebesar**36,251 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 tongkol jagung 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 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 Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5. Abu Tongkol Jagung

Abu tongkol jagung yang dipakai adalah abu dari pembakaran tongkol jagung yang dibakar diatas seng dengan menggunakan kayu bakar dibawah seng dan dilakukan penyaringan setelah dibakar.

Berikut proses pembakarantongkoljagung :

Pembakaran ini dilakukan untuk mendapatkan abu tongkol jagung yang akan digunakan untuk campuran beton.

a. Peralatan

- Seng
- Wadah

b. Bahan

- Tongkol jagung yang sudah dikeringkan

c. Prosedur

1. Mempersiapkan tongkol jagung yang berasal dari daerah Tembung dan alat-alat yang akan digunakan untuk melakukan pembakaran.
2. Lakukan penjemuran tongkol jagung untuk mengurangi kandungan air pada tongkol jagung.
3. Siapkan kayu bakar ataupun tungku pembakaran dan nyalakan apinya.
4. Setelah api menyala letakkan seng di atas api lalu tuang tongkol jagung yang sudah dikeringkan.

5. Bakar tongkol jagung hingga menjadi abu.
6. 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 tongkol jagung. Pada penelitian ini jumlah sampel ditentukan masing-masing 3 sampel tiap varian yang ditetapkan.

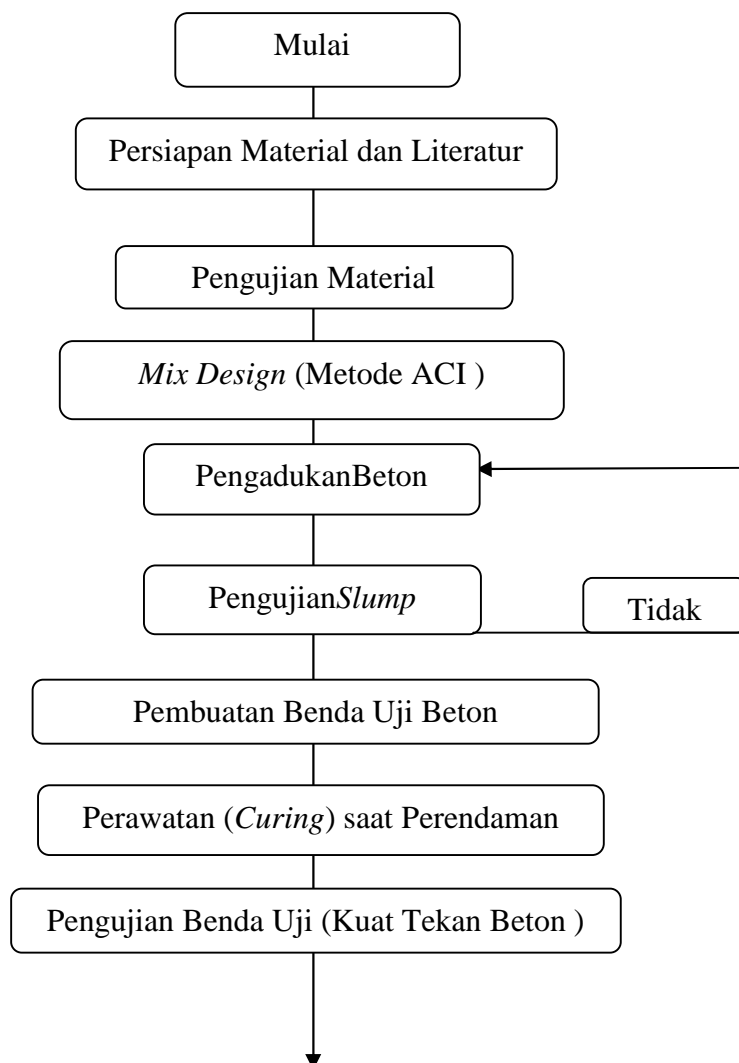
Tabel 3.1. Jumlah Sampel Benda Uji

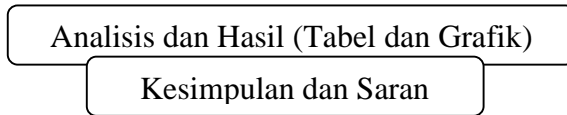
KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT TEKAN PADA UMUR				JUMLAH BENDA UJI
	7hari	14hari	21hari	28hari	
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton Eksperimen :					
3 % ATJ	3	3	3	3	12

6 % ATJ	3	3	3	3	12
9 % ATJ	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.

a. Peralatan

1. Saringan No.100, No.200 dan PAN yang disusun berdasarkan standar ASTM.
2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 %.
3. Kuas pembersih

b. Bahan

Semen Portland Tipe I sebanyak 50 gram

c. Prosedur pengujian

1. Benda uji semen dimasukkan ke dalam saringan No.100 yang terletak di atas saringan No.200 dan dipasang PAN di bawahnya.
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.

d. 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.

a. Peralatan

1. Botol Le Chatelier
2. Saringan No.200
3. Timbangan digital
4. Ember

b. Bahan

- Semen Portland Tipe I sebanyak 64 gram
- Air

- Minyak tanah

c. Prosedur pengujian

1. Siapkan 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 Chatelier 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 selama 20 menit.
7. Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (V_2).
8. Hitunglah data yang telah didapat.

d. 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 .

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari agregat yang akan diuji
2. Saringan-saringan yang telah ditentukan ukuran lubangnya
3. Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5)° C
4. Alat penggetar
5. Talam atau wadah
6. Kuas pembersih, sikat kuningan

b. Bahan

1. Pasir
2. Kerikil

c. 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 dimulai dari saringan paling besar diatas sampai paling kecil dibawah.
 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.
- d. 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.

- a. Peralatan
 1. Timbangan
 2. Talam
 3. Oven
- b. Bahan
 - Agregat Kasar sebanyak 6000 gram
 - Agregat Halus sebanyak 1000 gram
- c. 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.
- d. 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.

- a. Peralatan
 - Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 - Wadah silinder
 - Sekop
 - Mistar perata
 - Tongkat pematik
- b. Bahan

- Agregat Kasar
 - Agregat Halus
- c. 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 tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan agregat kasar dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2).
 - Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).
 - b. Pengujian dengan metode perojokan
 - Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
 - Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25 kali secara merata.

- Pada saat lapis ke tiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat kasar (W_2).
- Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).

c. Pengujian dengan metode penggoyangan

- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
- Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal.
- Letakkan wadah di tempat yang rata dan kokoh, kemudian goyangkan wadah sebanyak 25 kali secara merata.
- Pada saat lapis ketiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Goyangkan sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2).
- Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).

d. Prosedur pengujian berat isi agregat halus

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 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 ($W_3 = W_2 - W_1$).

b. Pengujian dengan metode perojokan

- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
- Isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 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 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 ($W_3 = W_2 - W_1$).

e. Rumus perhitungan

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

Keterangan :

W = Berat agregat (kg)

V = Volume Wadah (cm^3)

3.6.6. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

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

a. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Saringan No.9,5 mm dan 4,75 mm
- Oven dengan suhu pemanasan $110 \pm 5^\circ \text{C}$
- Wadah baja
- Gelas ukur
- Kain lap
- PAN

b. Bahan

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

- Air bersih

c. 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 plastik 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.

d. Rumus perhitungan

$$\text{- Berat Jenis (*Bulk Specify Gravity*)} = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

$$\text{- Berat Jenis SSD} = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

$$\text{- Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$\text{- Penyerapan (Absorpsi)} = \frac{Bj - Bk}{Bk \times 100\%}$$

3.6.7. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dari agregat halus.

a. Peralatan

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

b. Bahan

- Agregat halus dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram.

c. 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 masih 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 adah 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.

d. 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.

a. Peralatan

- Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah

b. Bahan

- Agregat halus
- Larutan

c. Prosedur pengujian

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Masukkan pasir ke dalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml.
3. Tambahkan air kedalam 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. Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.

d. Rumus perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V2}{V1+V2} \times 100\%$$

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.

a. 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

b. Bahan

- Agregat kasar sebanyak 5000 gram

c. 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 oven 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.
- d. 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 Tongkol Jagung

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

- a. Peralatan
 - Timbangan
 - Saringan No.100 dan No.200

- Kuas pembersih
- b. Bahan
- Abu tongkol jagung sebanyak 50 gram
- c. 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.
- d. Rumus perhitungan

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

3.6.11. Pemeriksaan Konsistensi Normal Pada Semen Portland

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan konsistensi normal dari semen.

- a. Peralatan
- Alat Vicat
 - Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
 - Mixer
 - Gelasukur

- Sendokperata
 - Cincinkonsus
 - Sarungtangankaret
 - Wadah
- b. Bahan
- Semen Portland 500 gram
 - Air bersih
- c. Prosedur
- Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
 - Tuang air sebanyak 26 % dari berat semen.
 - Lalu masukkan 500 gram semen ke dalam air dan biarkan selama 30 detik agar terjadi peresapan.
 - Setelah itu aduk dengan menggunakan mixer secara perlahan selama 1 menit.
 - Setelah bahan tercampur semua, bersihkan semua pasta yang menempel pada dinding wadah mixer.
 - Bentuk pasta menjadi bola dengan menggunakan tangan (gunakan sarung tangan). Lemparkan dari satu tangan ke tangan yang lain dengan jarak kira-kira 15 cm sebanyak 16 kali.
 - Kemudian tekan pasta tersebut ke dalam cincin konus dengan stutangan, apabila pasta tersebut lebih banyak aratakan pasta dengan cara meletakkan lubang cincin yang besar pada pelat kaca, lalu ratakan pinggiran yang berlebih pada lubang cincin yang kecil.

- Setelah itu, letakkan cincin berisi pasta tepat berada di bawah jarum vicat.
- Kemudian lepaskan batang dan jarum ke dalam pasta.
- Konsistensi normal tercapai apabila batang dan jarum menembus batas (10 ± 1 mm) di bawah permukaan dalam waktu 30 detik setelah dilepaskan. Catat berapa penurunan yang terjadi.
- Setelah itu lakukan percobaan di atas dengan kadar air 27-30 % dari berat semen untuk percobaan berikutnya.

3.6.12. Pemeriksaan Pengikatan Awal Semen Portland

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar air normal untuk mencapai kondisi kebasahan pasta yang standar.

a. Peralatan

- Alat Vicat
- Cincin konus
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Gelas ukur 200 ml
- Sendok perata
- Wadah
- Alat pengaduk
- Plat kaca
- Stop watch

b. Bahan

- Semen Portland 300 gram
- Air suling sebanyak 84 ml, 78 ml, 75 ml, dan 69 ml.

c. Prosedur

- Siapkan benda uji semen portland masing-masing beratnya 300 gram serta air suling sebanyak 84 ml, 78 ml, 75 ml, dan 69 ml.
- Tuangkan 84 ml air suling ke dalam mangkuk pengaduk, kemudian masukkan secara perlahan benda uji sebanyak 300 gram.
- Aduklah bahan tersebut selama 1 menit hingga tercampur.
- Bentuklah pasta menjadi bentuk bola dengan menggunakan tangan, lalu lemparkan sebanyak 6 kali dari tangan kiri ketangan kanan dengan jarak lempar 15 cm.
- Lalu masukkan bola pasta ke dalam cincin konus sampai terisi penuh dan rata kan kelebihan pasta pada cincin.
- Letakkan dasar cincin pada pelat kaca, rata kan permukaan atas pasta dengan menggunakan sendok perata.
- Kemudian letakkan benda uji pada alat vicat, lalu turunkan jarum vicat tepat di tengah permukaan pasta dan kencangkan batang vicat.
- Letakkan alat pembaca pada skala nol atas catat angka permulaan, dan segera lepaskan batang vicat sehingga dengan bebas dapat menembus permukaan pasta; setelah 30 detik, catatlah besarnya penurunan yang terjadi.
- Ulangi pekerjaan tersebut untuk setiap benda uji.

3.7. Tata Cara Pembuatan Rencana *Mix Design* 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 tekan beton lebih dari 20 Mpa.
- b. Penetapan nilai deviasi standar (s). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu penendalian 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.
- 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

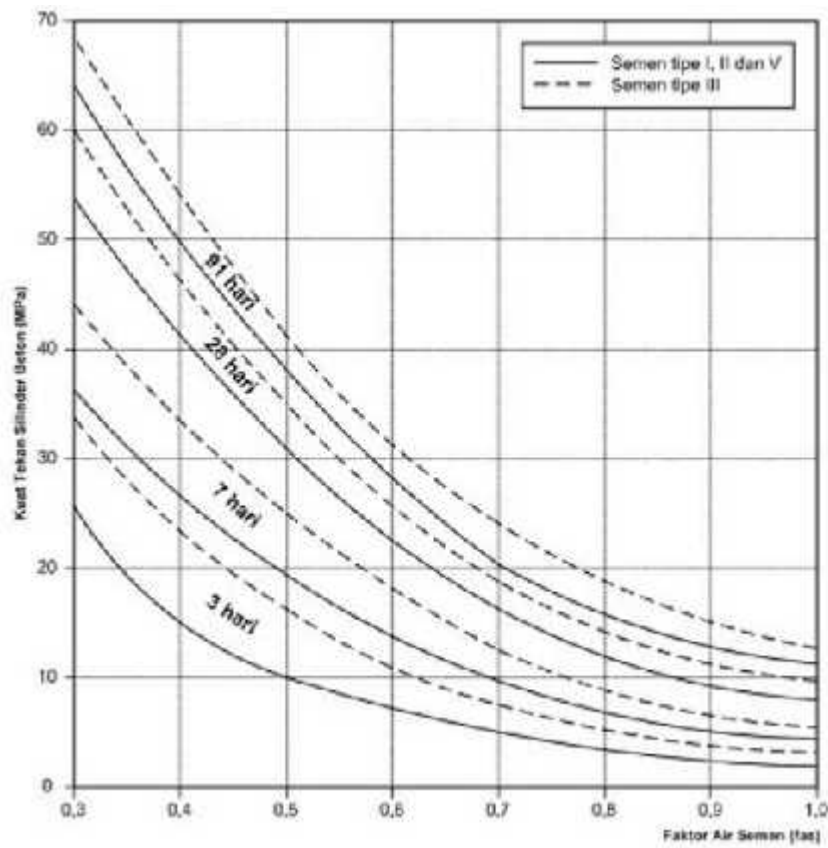
Persyaratan Kuat Tekan, $f'c$, MPa	Margin (m), Mpa
Kurang dari 21 Mpa	7,0
21 s/d 35	8,5
Lebih dari 35	10,0

- 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 faktor air semen (FAS); untuk tahapan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Cara pertama : berdasarkan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu berdasarkan Gambar 3.7.1.



Gambar
Hubungan
AirSemen
Tekan
Silinder
(sebagai

nilai FAS dalam rancang campuran)

3.2.
Faktor
dan Kuat
Rata-rata
Beton
perkiraan

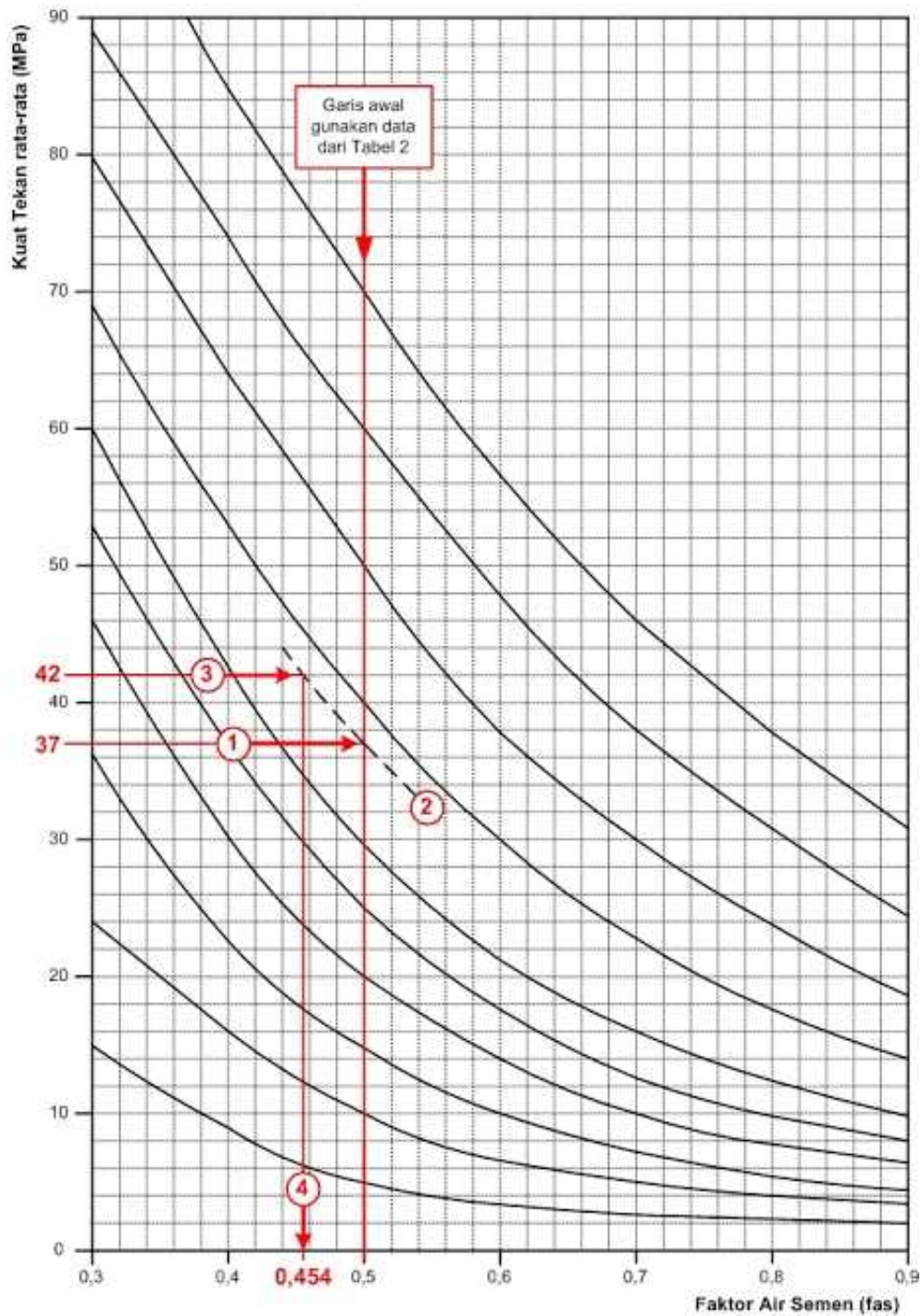
2. Cara kedua : untuk benda uji kubus, berdasarkan jenis semen yang digunakan, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata beton yang direncanakan pada umur tertentu, dapat ditetapkan nilai faktor air semen dari Tabel 3.2. dan Gambar, dengan langkah-langkah sebagai berikut :
- Perhatikan Tabel 3.2. di bawah ini. Berdasarkan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton rencana, diperkirakan nilai kuat tekan beton yang akan diperoleh, jika
 - dipakai faktor air semen, sebesar 0,50.

Tabel 3.3. Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan 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	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

- 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 ordinat). 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 baah untuk memperoleh nilai faktor air semen yang sesuai.
- Menetapkan nilai faktor 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 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-rata Silinder

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

Jenis Pembetonan	FAS Maksimum	Semen Minimum (kg/m ³)
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 bangunan : 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	0,55	325

	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/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

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	Nilai FAS Maks
	Dalam Tanah	Sulfat (SO ₂) dalam			

			air tanah g/l		(kg/m ³)			
	Total SO ₂ (%)	SO ₂ dalam campuran Air : Tanah = 2:1 g/l			40 mm	20 mm	10 mm	
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 (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 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 :
1. $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
 2. $\frac{1}{3}$ ketebalan pelat lantai, ataupun
 3. $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara tulang-tulangan atau kawat-kawat, bundel 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:

$$A = 0,67 \cdot A_h + 0,33 \cdot A_k$$

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 faktor 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 di 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 faktor 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 faktor air semen.Perlu dicatat bahwa cara pertama akan menurunkan nilai faktor 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*, faktor 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 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 vertikal 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 vertikal (berat beton per m³).
- t. Menentukan kebutuhan agregat campuran dengan cara mengurangi berat per-m³ beton dengan jumlah kebutuhan air dan semen.
 - u. 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 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 tabel 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)	$1,64 \times 7 = 11,5 \text{ Mpa}$
4.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr})	$25 + 11,5 = 36,5 \text{ MPa}$
5.	Jenis semen	Tipe I
6.	Jenis agregat : - agregat kasar - agregat halus	Batu pecah 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	$395,35 \text{ kg/ m}^3$
13.	Jumlah semen maks.	-
14.	Jumlah semen minimum	275 kg/ m^3
15.	Jumlah semen yang dipakai	$395,35 \text{ kg/ m}^3$
16.	Faktor Air Semen yang disesuaikan	0,43
17.	Susunan butiran agregat halus	Daerah Gradasi 2
18.	Berat Jenis Agregat Halus Berat Jenis Agregat Kasar	$2,2 \text{ gr/cm}^3$ 2 gr/ cm^3
19.	Persen agregat halus	35%
20.	Berat Jenis SSD	$2,1 \text{ gr/ cm}^3$
21.	Berat Isi Beton	2380 kg/ m^3
22.	Kadar Air Gabungan	$1814,65 \text{ kg/ m}^3$
23.	Kadar Agregat Kasar	$635,12 \text{ kg/ m}^3$
24.	Kadar Agregat Halus	$1179,53 \text{ kg/ m}^3$

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	1387,116	1534,003

Pembuatan Benda Uji Silinder Beton

$$\text{Volume silinder} = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

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

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

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

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

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

Tabel 3.11. Pembuatan 12 Silinder

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

3.8. Pembuatan Benda Uji

3.8.1. Tahapan penimbangan material

a. Alat

1. Timbangan manual
2. Ember atau talam untuk bahan

b. Bahan

1. Agregat Kasar
2. Agregat Halus
3. Semen
4. Abu Tongkol Jagung
5. Air

c. 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

a. Alat

1. Mesin pengaduk (molen)

b. Bahan

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Semen
4. Abu tongkol jagung
5. Air
6. Ember atau talam
7. Sekop

c. Tahapan

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

a. Alat

1. Kerucut Abram
2. Batang penusuk
3. Penggaris atau alat ukur kerucut Abram
4. Pelat baja untuk alat tes *slump*

b. Bahan

1. Adukan beton

c. 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 segar kemudian rojok kembali. Lakukan sampai cetakan kerucut penuh.
3. Setelah penuh beton diratakan bagian atasnya, dan angkat tabung kerucut tersebut secara vertikal tanpa adanya gerakan horizontal. Dengan waktu tidak dari 5 ± 2 detik.
4. Kemudian letakkan tabung kerucut di samping 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 bisa digunakan.
6. Selesaikan seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dengan waktu tidak lebih dari 2,5 menit.

3.8.4. Tahapan penuangan dan pemadatan beton segar

a. Alat

1. Cetakan silinder 15x30
2. Batang perojok
3. Alat perata
4. Palu

b. Bahan

- Adukan beton

c. Tahapan

1. Masukkan adukan beton ke dalam silinder. Pemasukkan adukan beton sebanyak 3 kali, $\frac{1}{3}$ dari silinder.
2. Setiap $\frac{1}{3}$ lapisan lakukan perojokkan sebanyak 25 kali secara merata.
3. 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.

4. 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 :

- 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.

3.10. Tahapan pengujian kuat tekan beton

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

- a. Alat
 1. Timbangan manual
 2. UTM (*Universal Testing Machine*) sebagai alat penguji kuat tekan
- b. Bahan
 1. Adukan Beton
- c. 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.