

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pembangunan di Indonesia sangat pesat dan dengan seiringnya perkembangan zaman maka pembangunan teknologi pada materi bangunan juga ikut meningkat terutama pada konstruksi dengan skala besar dan rumit. Keunggulan beton yaitu kemampuannya dalam menahan gaya tekan yang tinggi dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, tahan terhadap api dan perubahan cuaca, harga yang relatif murah karena menggunakan bahan lokal yang mudah didapat, serta perawatannya yang relatif murah dan mudah.

Semakin berkembangnya teknologi beton, maka semakin banyak pula inovasi untuk meningkatkan mutu beton, Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah dengan memasukan sebagian bahan tambahan kedalam campuran penyusun beton. Bahan tambah dapat berupa bahan limbah yang tidak terpakai dan bisa dimanfaatkan dalam campuran beton. Menurut Agus Seriawan (2016), fungsi dari bahan tambah campuran beton ialah untuk memodifikasi sifat-sifat dan karekteristik beton itu sendiri diantaranya untuk memudahkan pengerjaan (*wokability*) dan *durabiility* penghematan biaya dan waktu pengerasan.

Pada saat ini besi banyak digunakan dalam pembangunan, pembuatan alat-alat berat maupun pembuatan berbagai macam alat lainnya dalam membuat alat tersebut melalui beberapa tahap yaitu tahap penggergajian dan pembubutan besi, dari kegiatan tersebut menimbulkan limbah yaitu serbuk besi.

Di Indonesia serbuk besi jarang dimanfaatkan sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, maka penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan kembali limbah serbuk besi di Indonesia. Limbah serbuk besi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil penggergajian yang berasal dari bengkel yang berada di Jl. Sutomo Ujung No.10 Medan.

Faktor lain yang mendukung penggunaan limbah serbuk besi sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran yaitu mempunyai kesamaan karakteristik dengan pasir dilihat dari ukuran maupun gradasinya. Melihat dari permasalahan dan karakteristik tersebut maka timbul pemikiran peneliti untuk meneliti, sejauh mana pemanfaatan limbah serbuk besi sebagai bahan tambah agregat halus pada

pembuatan beton. Dalam hal ini percobaan yang dilakukan untuk mengetahui kualitas beton yang dihasilkan dengan cara menguji kuat tekannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh kuat tekan mortar, nilai *slump test* dan kuat tekan beton setelah penambahan serbuk besi pada sebagian agregat halus dengan proporsi 0,5%, 1 % dan 1,5% dari berat agregat halus.
2. Bagaimana pengaruh serbuk besi terhadap kuat tekan mortar, nilai *slump test* dan kuat tekan beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana pengaruh serbuk besi sebagai bahan tambah pada sebagian agregat halus terhadap kuat tekan mortar, *slump* dan kuat tekan beton dengan proposi 0,5% , 1 % dan 1,5% dari berat agregat halus.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian yang dilakukan, agar sesuai dengan tujuan penelitian, maka batasan masalah adalah berikut :

1. Perencanaan mortar dengan perbandingan campuran (1:2) dengan FAS 0,45%.
2. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland type I*.
3. Perencanaan kuat tekan beton adalah dengan menggunakan campuran 1:2 :3 dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0,45% dari semen.
4. Serbuk besi yang digunakan sebagai sampel harus lolos saringan No. 4.
5. Penggunaan serbuk besi sebesar 0,5% , 1 % dan 1,5%.
6. Bentuk benda uji :
 - a. Mortar = berbentuk kubus 5x5x5 cm.
 - b. Kuat tekan beton = berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
7. Perawatan benda uji mortar dilakukan dengan cara merendam didalam bak air selama 28 hari.

8. Perawatan benda uji beton dilakukan dengan cara merendam didalam bak air selama 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
9. Jumlah benda uji mortar dihasilkan 12 buah.
10. Jumlah benda uji beton dihasilkan 48 buah.
11. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Univeritas HKBP Nommensen Medan.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kuat tekan mortar, nilai *slump* dan kuat tekan beton dengan penambahan serbuk besi pada sebagian agregat halus dengan proporsi 0,5% , 1 % dan 1,5%.
2. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh serbuk besi sebagai bahan tambah pada agregat halus terhadap kuat tekan mortar, nilai *slump* dan kuat tekan beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Seiring berkembangnya globalisasi dalam dunia teknik sipil beton memiliki sangat banyak manfaatnya. Beton ini sendiri merupakan suatu material yang digunakan sebagai bahan konstruksi di bidang Teknik Sipil seperti bangunan gedung dan jembatan. Dalam struktural beton digunakan sebagai pondasi, kolom, plat dan lainnya, dalam Teknik Sipil hidro, beton digunakan sebagai drainase perkotaan, saluran dan bendungan. Dalam Teknik Sipil transportasi beton digunakan sebagai lapisan perkerasan, saluran samping, gorong-gorong dan lain-lainnya, (Tri Mulyono, 2004).

Secara umum pertumbuhan maupun perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton. Apabila ditinjau berdasarkan sudut estetika, beton hanya membutuhkan sedikit perawatan, selain itu beton juga memiliki daya tahan terhadap serangan api. Terdapat pengaruh lingkungan, rangka penyusutan dan pembebanan yang dapat mengakibatkan perubahan terhadap dimensi dari beton (Yahya Tomayahu 2010).

Beton merupakan percampuran antara agregat kasar (batu pecah/batu krikil), agregat halus (pasir), bahan pengikat (semen) dan air (Tri Mulyono, 2004). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 2847 Tahun 2013) beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolik (*portlant cement*), agregat kasar, agregat halus dan air atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*).

Menurut (Tri Mulyono, 2004), secara umum beton dibedakan kedalam dua kelompok, yaitu beton berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton dibedakan menjadi 3 kelas, yang terdiri dari :

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaan tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan

terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi 6 dalam mutu-mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara berlanjut dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.
- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 255. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya Laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga- tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinue.

2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Adapun kelebihan dan kekurangan beton menurut (Tri Mulyono, 2004) yaitu :

- a. Kelebihan
 - 1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
 - 2. Mampu memikul beban yang berat.
 - 3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
 - 4. Biaya perawatan yang terbilang kecil.
- b. Kekurangan
 - 1. Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah kembali.
 - 2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
 - 3. Berat.
 - 4. Daya pantul suara yang besar.

2.1.2 Faktor Yang Menentukan Proporsi Campuran Beton

Untuk mencapai suatu kekuatan beton tertentu, rancangan yang dibuat harus melahirkan suatu proporsi bahan campuran yang nilainya ditentukan, menurut (M Haid H, 2020) oleh faktor-faktor berikut :

- a. Faktor Air-Semen (FAS) nilai perbandingan air terhadap semen atau yang disebut faktor air-semen (FAS) mempunyai pengaruh yang kuat secara langsung terhadap kekuatan beton. Harus dipahami secara umum bahwa semakin tinggi nilai fas semakin rendah mutu kekuatan beton.
- b. Tipe Semen Penggunaan tipe semen yang berbeda, yaitu semen *Portland* tipe I, II, IV dengan semen *Portland* yang memiliki kekuatan awal yang tinggi (tipe III) akan memerlukan nilai faktor air-semen yang berbeda.
- c. Keawetan (*durability*) pertimbangan keawetan akan memerlukan nilai-nilai kekuatan minimum, faktor air-semen maksimum, dan kadar semen minimum. Ketentuan nilai-nilai faktor air-semen maksimum dan kadar semen minimum dapat dilihat pada Tabel 2.1.
- d. *Workabilitas* dan jumlah air sifat kekentalan atau konsistensi adukan beton dapat menggambarkan kemudahan. Pengerjaan beton, yang dinyatakan nilai *slump*. Suatu nilai *slump* tertentu yang diharapkan dapat memberi kemudahan pengerjaan sesuai dengan jenis konstruksi yang dikerjakan, untuk suatu ukuran agregat tertentu akan berpengaruh terhadap jumlah air yang dibutuhkan. Untuk mencegah penggunaan adukan beton yang terlalu kental atau terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai – nilai *slump* dalam batas – batas berikut :

Tabel 2.1 Batasan nilai Slump

No.	Jenis Pekerjaan	Slump	
		Maksimum	Minimum
1	Dinding, pelat pondasi dan telapak bertulang	75	25
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kasion dan konstruksi bawah tanah	75	25
3	Balok, dinding bertulang	100	25
4	Kolom bertulang	100	25
5	Perkerasan dan pelat	75	25
6	Pembetonan masal	75	25

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

- e. Pemilihan agregat ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasarkan pertimbangan ketersediaan material yang ada, biaya, atau jarak tulangan terkecil yang ada. Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga ukuran agregat terbesar tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ jarak minimum antara baja tulangan atau baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya dimana beton harus dicor.
- f. Kadar semen yang diperoleh dari hasil perhitungan rancangan, selanjutnya dibandingkan dengan ketentuan kadar semen minimum berdasarkan pertimbangan durabilitas, dan dibandingkan juga dengan batas kadar semen maksimum untuk mencegah terjadinya retak akibat panas hidrasi yang tinggi.

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda, semen dibagikan dalam kelompok yaitu menurut (Tri Mulyono, 2004):

a) Semen Non-hidrolik

Semen Non-hidrolik ialah suatu semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras di udara contohnya ialah kapur.

b) Semen Hidrolik

Semen hidrolik ialah suatu semen yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air contohnya semen portland. Semen portland merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton menurut ASTM C-150 (1985), semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik dan umum mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambah yang digiling bersama dengan bahan utama.

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya ialah kalsium dan aluminium silikat,

Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan memiliki kekuatan seperti batu. Fungsi utama semen ialah mengikat suatu butir-butir agregat sehingga membentuk suatu benda padat.

Adapun kandungan kimia yang terdapat dalam pembentukan semen portland ialah kapur (CaO) sekitar 60%-65% , Silika (SiO₂) sekitar 20%-25% dan oksidasi besi serta alumina (Fe₂O₃ dan AL₂O₃) sekitar 7%-12% (Alizar, 2005).

Tahap-tahap pembuatan semen portland ialah (Tri Mulyono, 2004) :

1. Penambangan di *quarry*.
2. Pemecahan di crushing plant.
3. Penggilingan (*blending*).
4. Pencampuran bahan-bahan.
5. Pembakaran (*ciln*).
6. Penggilingan kembali hasil pembakaran.
7. Penambahan bahan tambah (gypsum).
8. Pengikatan (*pacng plant*).

Ada pun tipe tipe dari Semen *Portland* yang diklasifikasikan kedalam 5 (lima) tipe antara lain, (SK.SNI T-15-1990-03:2) :

a. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang dipersyaratkan pada tipe-tipe lain.

b. Tipe II (*Moderate sulfat resistance*)

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

c. Tipe III (*High Early Strength*)

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

d. Tipe IV (*Low Heat Of Hydration*)

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.

e. Tipe V (*Sulfat Resistance Cement*)

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.2.2 Air

Air sangat diperlukan pada proses pembuatan beton yang bertujuan untuk melakukan proses kimiawi antara semen dan agregat. Air yang digunakan untuk campuran beton umumnya dapat diminum dan bersih, terbebas dari zat-zat kimia yang dapat menurunkan kekuatan beton. Senyawa yang dapat merusak kekuatan beton atau merubah sifat semen contohnya seperti asam, garam, minyak, dan gula (Tri Mulyono, 2004).

Menurut SNI 03-2834-2000, faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kelebihan jumlah air mampu menyebabkan banyaknya gelembung air dan akan memperlama proses hidrasi. Sedangkan kekurangan air akan menyebabkan kesulitan dalam proses pemadatan sehingga memicu tidak tercapainya seluruh proses hidrasi, pada umumnya penggunaan air semen sekitar antara 0,4-0,65.

Penggunaan air pada campuran beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor dibawah ini (Paul Nugraha dan Antoni,2004) :

1. Jika jumlah agregat halus sedikit, maka air yang dibutuhkan akan semakin sedikit juga.
2. Jika semakin banyak jumlah agregat kasar, air yang dibutuhkan semakin menurun.
3. Bentuk agregat kasar, untuk bentuk batu bulat air yang dibutuhkan menurun sedangkan untuk batu pecah air yang digunakan semakin meningkat.

2.2.3 Agregat

Agregat merupakan mineral penyusunan beton yang merupakan hasil dari alam. Dapat diperoleh dari hasil letusan pegunungan, pengerukan dari sungai atau pantai maupun hasil dari pecahan bongkahan batu besar, Agregat menempati sekitar 70%-75% dari volume beton (Paul Nugraha dan

Antoni,2004). Untuk mendapatkan hasil beton yang berkualitas baik, terdapat dua pengelompokan jenis agregat yaitu :

1. Agregat halus (Pasir)

Agregat halus merupakan bahan pengisi rongga–rongga dari agregat kasar yang mempunyai berat jenis 1400 kg/m^3 . Agregat halus harus bersih dari kotoran organik maupun lumpur (tidak lebih dari 5% berat pasir). Agregat halus harus berperan sebagai perekat antara agregat kasar dan semen. Disamping itu pasir juga berguna untuk mencegah terjadinya segregasi pasta semen dengan agregat kasar. Butiran pasir pada umumnya berukuran sekitar 0,15 mm – 0,48 mm, Pasir yang baik memiliki butiran tajam dan kasar, bersifat kekal, serta tidak mudah hancur. Menurut (Tjokrodimulyo, 2007) pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam :

- a. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.
- b. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang umumnya berbutir halus bulat- bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir- butir berkurang, Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.
- c. Pasir laut diambil dari pantai, butir- butirannya halus dan bulat akibat gesekan, banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara, pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

Tabel 2.2 berikut ini ada syarat gradasi pasir yang harus dipenuhi untuk penggunaan pada campuran beton.

Tabel 2. 2 Gradasi Pasir

Diameter Saringan (mm)	Persentase Pasir yang Lolos Saringan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100

Diameter saringan (mm)	Persentase Pasir yang Lolos Saringan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
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)

ASTM C. 33-86 (2021) dalam “*Standar Spesification for concrete Aggregates*” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam Tabel 2.3 dibawah ini, dimana agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Tabel 2.3 Syarat agregat halus

Ukuran Lubang Ayakan	Persen Lolos Kumulatif
9.5	100
4.75	95 – 100
2.36	80 – 100
1.18	50 – 85
0.6	25 – 60
0.3	10 – 30
0.15	2 – 10

(Sumber : ASTM – 33 – 86, 2021)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton dari pasir yang digunakan dalam campuran.

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton yaitu (ASTM-33-86, 2021):

- a. Berat jenis dan daya serap agregat.
- b. Serapan air dan kadar air agregat.
- c. Modulus halus butir.
- d. Gradasi agregat.
- e. Ketahanan kimia.
- f. Perubahan volume.
- g. Kotoran organik.

2. Agregat kasar (Batu)

Kandungan agregat kasar dalam campuran beton mengisi 60%-70% dari volume beton. Agregat kasar berfungsi sebagai antara volume dan kekuatan beton. Menurut PBI 1971, kriteria agregat kasar yang digunakan dalam beton adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa krikil sebagian 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.
- b. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. 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 di cuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
- e. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudelog dengan beban pengujian 20 T, dengan syarat-syarat berikut :
 1. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5–19 mm lebih dari 24%.

2. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19–30 mm lebih dari 22% berat.
 3. Atau dengan mesin penghalus Los Angles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- f. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
1. Sisa diatas ayakan 3,15 mm, harus 0% berat, sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90 % dan 98% berat.
 2. Selisi antara sisa–sisa komulatif diatas dua ayakan berurutan adalah maks 60% dan min 10%.
- g. Berat butir agregat maksimal tidak boleh lebih dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tiga per empat dari jarak besi minimal diantara batang–batang atau berkas–berkas tulang. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut peneliti pengawas ahli, cara–cara pengecoran beton menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil. Menurut (Sukama, 2003). Jika ditinjau dari asal kejadiannya agregat kasar dibedakan menjadi beberapa jenis :
1. Batuan beku (*igneous rock*)
Batuan beku berbentuk kristal dan terbentuk dari proses pembekuan magma.
 2. Batuan sedimen (*sedimentary*)
Batuan yang terbentuk baik dari perbandingan bahan atau material yang tidak larut dari pecahan batuan yang ada atau sisa anorganik dari bintang laut.
 3. Batuan meamorf
Batuan yang berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi. Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan ASTM C 33/ 03 “*Standard Spesification For*

Concrete Aggregates'' (Tabel 2.4) Standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90-1000	95
12,50	-	-
9,50	20-55	37,5
4,75	0-10	5
2,36	0-5	2,5

(Sumber :ASTM 33/03)

2.3 Bahan Tambahan (*Admixture*)

Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. Secara umum *admixture* terdiri dari dua jenis bahan tambah yaitu bahan tambah kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah adiktif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan (Tri Mulyono, 2004).

Bahan tambah kimia biasa digunakan untuk mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan sedangkan bahan tambah adiktif merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah adiktif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya (Tri Mulyono, 2004), bahan-bahan tambah kimia tergolong dalam 4 macam antara lain :

1. Bahan tambah kimiawi (*chemical admixture*)

Menurut standar ASTM C 494 (1995 ; 254) dan Pedoman Beton 1989 SKBI.1.4.5.3.1989 (ulasan pedoman beton 1989 ; 29), jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah yaitu :

a. TIPE A “*Water – Reducing Admixture*”

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

b. TIPE B “*Retarding Adixture*”

Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghemat waktu pengikatan beton.

c. TIPE C “*Accelerating Admixtures*”

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

d. TIPE D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*”

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

e. TIPE E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures*”

Water Reducing and accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

f. TIPE F “*Water Reducing, High Range Admixtures*”

Water Reducing , High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

g. TIPE G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*”

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

2. Bahan tambah berupa mineral (*additive*)

Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat persamaan, sehingga bahan *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatan, beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain (Tri Mulyono, 2004) :

- a. Memperbaiki kinerja *workability*.
- b. Mengurangi panas hidrasi.
- c. Mengurangi biaya pekerjaan beton.
- d. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
- e. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali- silika.
- f. Mempertinggi usia beton.
- g. Mempertinggi kekuatan tekan beton.
- h. Mempertinggi keawatan beton.
- i. Mengurangi penyusutan.
- j. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

Beberapa macam bahan tambah *additive* adalah (Tri Mulyono, 2004) :

1. Abu terbang batu bara (*fly ash*) adalah butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara.
2. *Slag*, adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalkan dengan mencelupkan kedalam air.

Keuntungan penggunaan slag dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Lewis, 1982) :

- a. Mempertinggi kekuatan tekan beton.
- b. Menaikkan rasio antara kelenturan dan kuat tekan beton.
- c. Mengurangi variasi kekuatan tekan beton.
- d. Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut
- e. Mengurangi serangan alkali-silika.
- f. Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.

- g. Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton.
 - h. Mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volum.
 - i. Mengurangi porsitas dan serangan klorida.
3. *Silica fume* adalah material *pozzoland* yang halus, dimana komposisi *silica* lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi *silicon* atau *alloy* besi *silicon* (gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*).
 4. Penghalus gradasi (*finely devided mineral admixture*) digunakan untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak atau kurang dalam agregat.

2.4 Bahan Tambah Serbuk Besi

Bahan tambah yang dimaksud disini adalah bahan tambah sebagian agregat halus yang digunakan untuk pembentukan beton. Bahan tambah yang digunakan ialah serbuk besi yang diambil dari sisa potongan gergaji. Besi adalah unsur kimia dengan simbol Fe, besi memiliki sifat yang istimewa, yaitu kuat dan besi juga mudah dibentuk. Meski besi itu kuat, besi juga mempunyai kelemahan yaitu mudah mengalami korosi (berkarat) (Bahri & Irwan, 2010)

Faktor lain yang menjadi pertimbangan, serbuk besi digunakan sebagai bahan tambah pada agregat halus dalam campuran beton adalah kesamaan karakteristik antara agregat halus dan serbuk besi, baik ukuran maupun gradasinya. Berangkat dari permasalahan tersebut, maka timbullah pemikiran untuk meneliti seberapa jauh pemanfaatan limbah serbuk besi yang dapat digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton, untuk mengetahui kualitas beton yang dihasilkan dengan cara menguji kuat tekannya (Ninik Paryati, 2001). Dapat dilihat kandungan kimia pada serbuk besi pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Kandungan Kimia Serbuk Besi

Kandungan Kimia	Persentase (%)
Silikin (Si)	1-3
Carbon (C)	2-4
Mangan (Mn)	0,8

Fospor (P)	0,1
Sulfur (S)	0,05
Besi (Fe)	Sisa

(Sumber :Bahri, dan Irwan ,2010)



Gambar 2.1 Bahan tambah seruk besi

2.5 Metode Perencanaan Campuran Beton

Dalam praktek ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain seperti metode *DOE* yang dikembangkan oleh *Department of Environment* di Inggris dan Metode *ACI (American Concrete Institute)*. Metode rancangan campuran beton dengan cara *DOE* ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Sedangkan SNI 7656:2012, "Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa" mengacu pada *ACI*.

Secara garis besar kedua metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan tabel. Tetapi pada beberapa prosedural terdapat perbedaan dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode SNI 03-2834-2000, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016):

- a. Metode ini berlaku untuk semen *Ordinary Portland Cement* (tipe I), *Rapid Hardening Portland Cement* (tipe II), *High Early Strength Cement* (tipe III) dan *Sulphate Resisting Portland Cement* (tipe V).
- b. Metode ini membedakan antara agregat pecah (batu pecah) dan tidak pecah (agregat alami/kerikil) yang akan mempengaruhi jumlah penggunaan air.

- c. Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdasarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja dari campuran beton.
- d. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar perkubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- e. Kadar air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan kerja yang diperlukan uji *slump*.
- f. Ukuran maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.
- g. Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (*fas*)

2.6 Mortar

Salah satu material yang paling banyak digunakan pada kegiatan pembangunan dalam bidang teknik sipil adalah beton dan mortar. Beton dan mortar banyak digunakan sebagai material konstruksi karena kemudahan dalam memperoleh bahan-bahan penyusunannya serta kemudahan dalam pengerjaannya. Kualitas beton dan mortar dipengaruhi oleh bahan-bahan penyusunannya, penggunaan bahan penyusun yang sesuai dengan spesifikasi akan menghasilkan beton dan mortar yang baik (Lado et al. 2018)

Mortar adalah bahan bangunan yang terbuat dari bahan dasar semen dan pasir yang berfungsi sebagai bahan perekat. kuat tekan mortar sering digunakan sebagai kriteria dasar pembagian jenis mortar, karena pengukuran tekan mortar lebih mudah dan biasanya dapat langsung dihubungkan dengan kemampuan mortar lainnya seperti kuat tarik dan daya serap mortar (ASTM C 270). Kuat tekan mortar dilakukan dengan benda uji mortar dengan dimensi 5x5x5 cm sebanyak 12 buah benda uji.

Kuat tekan mortar tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 berikut :

$$f^c = \frac{P}{A} \tag{2.1}$$

Dimana :

$$f^c = \text{Kuat tekan (N/m}^2\text{)}$$

P = Gaya tekan (N)

A = Luas permukaan tekan (mm^2)

2.7 Pengujian Beton

Campuran beton direncanakan dengan suatu asumsi bahwa sifat-sifat beton apabila setelah mengeras sangat bergantung pada sifat-sifat komposisi campurannya. Agar beton dapat mencapai sifat-sifat keras yang dikehendaki, maka beton harus dipadatkan dengan keseragaman yang baik. Apakah suatu campuran beton dapat dipadatkan dengan baik atau tidak, hal tersebut sangatlah bergantung pada sifat-sifat beton segar itu sendiri. Pengujian tersebut dikenal dengan istilah uji *slump* atau konsistensi campuran beton (Tri Mulyono, 2004).

Setelah beton mengeras atau berhentinya proses hidrasi, maka terbentuklah suatu benda padat dan keras dengan sifat-sifat tertentu. Sifat-sifat tersebut perlu diketahui untuk dapat digunakan dalam perencanaan, atau untuk mengevaluasi kekuatan yang ditargetkan, kekuatan beton keras untuk perkerasan kaku yang disyaratkan yaitu kekuatan tekan (*compressive strength*) (Tri Mulyono, 2004).

2.7.1 Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar yang dilakukan untuk penelitian ini adalah *slump test*. *Slump test* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekentalan beton segar, *test slump* yaitu kerucut *slump* dengan tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm (ASTM C 143), batang baja penumbuk dengan ukuran diameter 16 mm dengan panjang 60 cm dengan ujung berbentuk seperti peluru, plat baja yang digunakan dengan diameter 50 cm, penggaris atau meter dan kain lap pembersih, dari kekentalan beton tersebut kita mendapatkan nilai *slump*, jika nilai *slump* semakin besar, maka beton segar semakin encer dan begitu juga sebaliknya. Faktor yang mempengaruhi nilai *slump* faktor-faktor yang mempengaruhi *slump* ialah kuantitas air yang digunakan, untuk ukuran agregat yang digunakan. Hubungan kuat tekan beton dengan nilai *slump* adalah semakin tinggi nilai *slump*, maka semakin rendah kuat tekannya (Tri Mulyono, 2004).



Gambar 2. 2 Alat pengujian *Slump Test*
(Sumber : SNI 1972 - 2008)

2.7.2 Pengujian Beton Keras

Setelah beton mengeras ada beberapa pengujian yang dilakukan, pengujian ini untuk memastikan kelayakan beton. Berikut ini beberapa jenis pengujian beton yang sudah mengering. Uji kuat tekan (*compression Test*) ini dilakukan dengan memberikan tekanan pada sampel beton hingga hancur, sehingga mendapatkan nilai kuat tekan. Adapun cara pengujian ini adalah sebagai berikut (Tri Mulyono, 2004) :

- a. Persiapkan beton yang sudah mengeras berbentuk silinder, dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
- b. Masukkan sampel kedalam alat kuat tekan.
- c. Lalu nyalakan alat hingga benda uji hancur, catat nilai kuat tekan yang didapat.



Gambar 2.3 Alat Kuat Tekan *Contorls Milano-Italy*
(Sumber : Dokume Pribadi, 2022)

2.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang mampu membuat benda uji hancur akibat dibebani atau ditekan oleh gaya tertentu yang dapat dihasilkan oleh mesin tekan didalam SK SNI M-14-1989-E disampaikan

bahwa pengertian kuat tekan beton ialah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani gaya tekan tertentu, oleh mesin tekan (Herri Purwanto & Utari Cakra Wardani, 2020).

2.8.1 Kuat Tekan Masing-Masing Benda Uji

Kuat tekan masing-masing benda uji dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 berikut :

$$f'_c = \frac{P_i}{A} \times \frac{1}{F_u} \quad 2.2$$

Dimana :

f'_c = Kuat tekan masing-masing benda uji

P_i = Benda maks masing-masing benda uji

A = Luas penampang benda uji

F_u = Faktor umur

Tabel 2.6 Faktor umur benda uji kuat tekan beton

Umur beton	3	7	14	21	28	90	360
Faktor umur	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

2.8.2 Kuat Tekan Rata-Rata

Kuat tekan rata-rata benda uji dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3 berikut :

$$f'_{c\bar{c}} = \frac{\sum f'_i}{n} \quad 2.3$$

Dimana :

$f'_{c\bar{c}}$ = Kuat tekan rata-rata

$\sum f'_i$ = Jumlah kuat tekan masing-masing benda uji

n = Jumlah benda uji

2.8.3 Deviasi Standar

Devisi standar dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 berikut :

$$S_{\bar{c}} = \sqrt{\frac{\sum (f'_i - f'_{c\bar{c}})^2}{(n-1)}} \quad 2.4$$

Dimana :

SD = Deviasi Standar

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata

f'_{ci} = Kuat tekan masing-masing benda uji

Tabel 2.7 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

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

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

2.8.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 berikut :

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 \times SD \quad 2.5$$

Dimana :

f'_c = Kuat Tekan beton

f'_{cr} = Kuat Tekan Rata-rata

SD = Deviasi Standar

1,64 = Ketetapan static yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maks 5%

2.9 PENELITIAN TERDAHULU

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya, dijabarkan pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Penelitian terdahulu

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Subaidillah Fansuri, Anita Intan Nura (2020)	Pengaruh Kuat Beton dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai <i>Admixture</i> Agregat Halus	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang cukup signifikan dengan adanya penambahan serbuk besi
2.	Herri Purwanto, Utari Cakra Wardani (2020)	Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225	Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan limbah serbuk besi dari Desa Limbang Jaya dengan variasi 5% sampai 15% menunjukkan nilai yang semakin menurun, sehingga perlu dilakukan penelitian lagi dengan variasi dibawah 5%
3.	Prabowo Setiawan, Djoko Susilo Adhy, Muhammad Rusli Ahyar (2021)	Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton Dengan Tambah Serat Tambah dan Serbuk Besi	Bahwa kuat tekan optimum beton dengan penambahan serbuk besidan serat tembaga menggunakan variasi serbuk besi 2% dan serbuk tembaga 2% mempunyai kuat tekan 22,702 Mpa dengan kenaikan 0,403% dari beton normal

(Sumber : Hasil Pengamatan 2022)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton/Konstruksi, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan, Jalan Sutomo No 4A Medan 20235.

3.2 Bahan Dan Peralatan

3.2.1 Bahan

Yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I. dengan merek Semen Andalas ukuran kemasan 40 Kg/zak.

b. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Binjai.

c. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan adalah batu kerikil yang berasal dari Binjai.

d. Bahan Tambah Serbuk Besi

Bahan tambah serbuk besi yang digunakan adalah hasil pemotongan gergaji yang diperoleh dari bengkel yang berada di Jalan Sutomo Ujung No 10, Medan.

e. Air

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

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Saringan, digunakan untuk menyaring agregat halus dan kasar.
2. Minyak Solar, digunakan untuk mengoles pada cetakan silinder, agar mudah saat pengeluaran sampel.
3. Timbangan, untuk mengukur berat sampel agar sesuai dengan kebutuhan.
4. Sikat, digunakan untuk membersihkan saringan setelah digunakan.
5. Tongkat pemadat, digunakan untuk memadatkan mortar saat dimasukkan ke silinder.
6. *Mould*, digunakan untuk tempat ketika percobaan konsistensi normal semen *Portland type I*.
7. Mesin Penggetar, digunakan untuk menggetarkan sampel saat penyaringan sampel.
8. Sekop, untuk memindahkan sampel pasir, batu, maupun mortar.
9. Molen, digunakan untuk mengaduk campuran beton.
10. Silinder, yang digunakan mempunyai ukuran tinggi 30 cm dan berdiameter 15 cm.
11. Kubus, yang digunakan mempunyai ukuran 5x5x5 cm.
12. Mesin *Los Angels*, digunakan untuk pengujian kehalusan agregat kasar.
13. Sendok semen, digunakan untuk memindahkan sampel baik semen, pasir, maupun mortar.
14. Kerucut Abrams, digunakan untuk percobaan *Slump Test* ,diameter bawah sebesar 300 mm dan diameter atas sebesar 200mm.
15. Talam, digunakan untuk tempat sampel sampai kering SSd.
16. Vicat, digunakan untuk pengujian daya ikat semen *portland type I*.
17. Alat Tekan, digunakan untuk menguji kuat tekan beton, alat yang digunakan bernama *Controls Milano-Italy*.
18. Ember, digunakan untuk menampung sampel ataupun air.

19. Oven, Digunakan unntuk mengerikan sampel benda uji.

20. Mistar/Meteran, digunakan untuk mengukur panjang atau tinggi sampel.

3.3 Variabel Dan Parameter

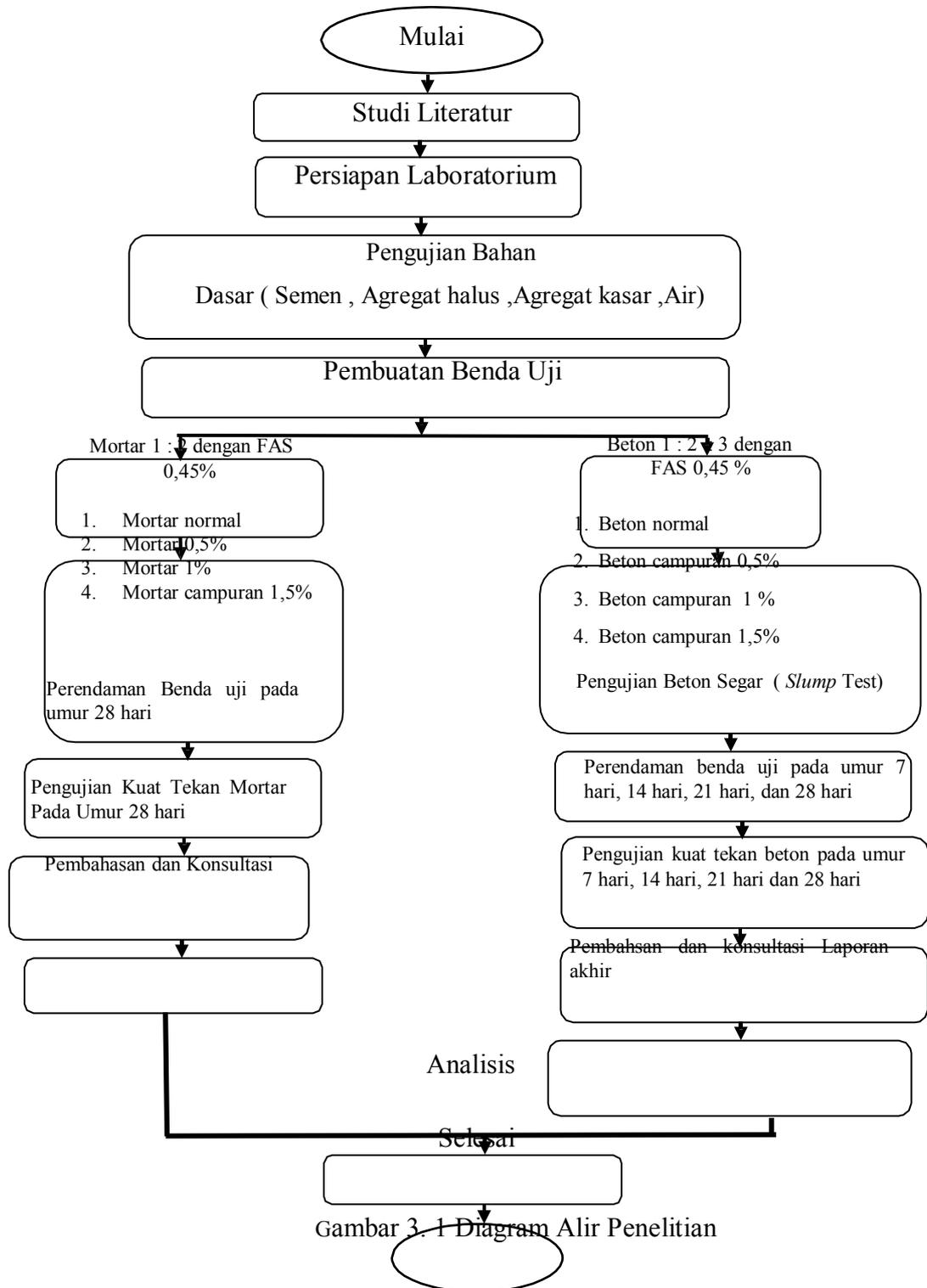
Variabel adalah atribut dari sekelompok objek yang mempunyai variasi antara satu objek dengan objek lainnya dalam kelompok tersebut sebagai mana yang dikemukakan oleh Sugiyoni (2002). Variabel dalam penelitian ini campuran beton dengan mensubstitusi agregat halus dengan serbuk besi. Pada penelitian ini jumlah sampel yang ditentukan masing-masing 3 sampel tiap varian dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Jumlah sampel

KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR dan BETON PADA UMUR				JUMLAH BENDA UJI
	7 HARI	14 HARI	21 HARI	28 HARI	
Mortar	-	-	-	3	3
0,5% Serbuk besi dari berat agregat halus	-	-	-	3	3
1 % Serbuk besi dari berat agregat halus	-	-	-	3	3
1,5% Serbuk besi dari berat agregat halus	-	-	-	3	3
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton Eksperimen:					
0,5% Serbuk besi dari berat agregat halus	3	3	3	3	12
1 % Serbuk besi dari berat agregat halus	3	3	3	3	12
1,5% Serbuk besi dari berat agregat halus	3	3	3	3	12
JUMLAH	12	12	12	24	60

3.4 Alir Penelitian

Berikut adalah tahapan-tahapan penelitian selama penyusunan Tugas Akhir :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Pesiapan dan Pengujian Bahan Campuran Beton

Pada dasarnya pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa tahapan pekerjaan dimulai dari menentukan komposisi pada campuran, penyimpanan bahan material, pemeriksaan jenis bahan material, membuat sampel untuk benda uji dan terakhir adalah pengujian pada benda uji tersebut. Berdasarkan landasan peraturan pekerjaan beton yang disesuaikan dengan laboratorium tempat pengujian adapun pengujian yang dilakukan pada bahan campuran beton adalah :

3.5.1 Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990)

Analisa saringan adalah alat yang digunakan untuk penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari tiap-tiap set saringan dan kemudian angka-angka persentase yang didapatkan digambarkan pada grafik pembagian butir. Metode ini dimaksud sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditentukan dalam tabel atau grafik. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan sampel sesuai dengan keperluan.
2. Siapkan saringan kemudian susun dengan urutan nomor berikut sebagai berikut:
 - a. Agregat kasar adalah 31,5 mm ; 25,4 mm ; 19,0 mm ; 12,5mm ; 9,5mm ; 4,75 mm dan PAN.
 - b. Agregat halus 9,5 mm ; 4,75 mm ; 2,36 mm ; 1,18 mm ; 0,6 mm ; 0,3 mm; 0,15 mm ; 0,75 mm ; dan PAN.
3. Masukkan sampel kedalam saringan yang telah disusun dan dipersiapkan kemudian tutup dengan rapat supaya agregat tidak tumpah keluar.
4. Setelah itu letakan susunan saringan yang telah diisi sampel diatas mesin penggetar, kemudian nyalakan mesin selama 15 menit.

5. Lalu timbang berat agregat dari tiap nomor saringan, dengan menggunakan persamaan 3.1 berikut :

$$FM = \frac{\textit{berat tertahan}}{\textit{berat keseluruhan sampel}} \times 100 \quad 3.1$$

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

Cara pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kehalusan semen portland dengan menggunakan cara penyaringan. Metode dijadikan sebagai acuan untuk melakukan pengujian kehalusan semen *Portland* dan selanjutnya dapat dipergunakan dalam pengendalian mutu semen. Kehalusan semen *Portland* adalah perbandingan berat benda uji yang tertahan diatas saringan No. 100 dan No. 200 dengan berat benda uji semula. Cara pengujian adalah :

- a. Susun saringan No. 100 diatas No. 200 serta PAN.
- b. Timbang berat benda uji lalu masukkan ke dalam saringan No.100.
- c. Kemudian goyang susunan saringan perlahan-lahan selama 3-4 menit.
- d. Lepaskan PAN lalu saring diketok dengan menggunakan tongkat kuas secara perlahan sehinga partikel halus yang menempel terlepas dari saringan.
- e. Selanjutnya penyaringan digoyang-goyang lagi.
- f. Lanjutkan penyaringan dengan cara mengoyangkan seiringan ke kiri dan ke kanan sembari posisi saringan dimiringkan sedikit.
- g. Hitung perbandingan berat bagian benda uji yang tertahan diatas saringan.
- h. Angka perbandingan yang didapat adalah kehalusan semen *Portland Type I*, dengan menggunakan persamaan 3.2 berikut :

$$F = \frac{a}{b} \times 100 \% \quad 3.2$$

Dimana :

F : Kehalusan Semen Porland

a : Berat tertahan diatas masing-masing saringan

b : Berat benda uji semula

3.5.3 Pemeriksaan Berat Jenis Semen (SNI 03-2531-1991)

Tujuan 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

1. Semen portland tipe 1 sebanyak 64 gram
2. Air
3. Minyak tanah

C. Prosedur Pengujian

1. Persiapkan alat dan bahan.
2. Saring semen dengan menggunakan saringan No. 200 sebanyak 64 gram untuk satu sampel.
3. Ambil tabung Le chateller yang di isi 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 digoyangkan secara perlahan sampai gelembungnya hilang dan tidak ada lagi semen yang menempel di dinding tabung.
6. Setelah itu, masukkan tabung Le Chateller ke dalam ember, lalu rendam selama 20 menit.
7. Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (V_1).
8. Hitunglah data yang telah di dapat

$$V = V_2 - V_1$$

3.5.4 Kadar Air Agregat (SNI 03 -1971 – 1990)

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terkandung didalam agregat tersebut. Didalam suatu bandingan dengan berat keseluruhan dari agregat. Prosedur pengujian kadar air agregat dilakukan sebagai berikut :

1. Siapkan agregat kasar yang lolos saringan \square 31,5 mm dan tertahan di saringan yang berukuran 4,75 mm sebanyak 600 gr.
2. Rendam benda uji kedalam dua ember berisi air (300 gr) selama \pm 24 jam.
3. Lalu bilas agregat menggunakan kain agar tercapai kering SSD terus masukan agregat kedalam plastik yang telah disediakan, kemudian timbang dan catat beratnya ($W_2 = W_3 + W_1$).
4. Masukan benda uji kedalam oven selama 24 jam.
5. Keluarkan benda uji yang telah dioven selama 24 jam dan biarkan beberapa saat supaya beratnya konstan, lalu timbang dan catat beratnya ($W_3=W_2 + W_1$), dengan menggunakan persamaan 3.3 berikut :

$$W = \frac{W_t - W_s}{W_s} \times 100 \% \quad 3.3$$

Dimana :

W_t : Berat agregat basah/kering SSD (gr)

W_s : Berat agregat kering total

W : Kadar air %

3.5.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat (ASTM C- 29-71)

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

- a. Peralatan
 1. Timbangan
 2. Wadah slinder
 3. Sekop
 4. Mistar perata
 5. Tongkat pematik

- b. Bahan
 - 1. Agregat kasar
 - 2. Agregat halus
- c. Prosedur pengujian berat isi agregat kasar
 - 1. Persiapan alat dan bahan isi agregat kasar
 - 2. Ukuran diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan menggunakan mistar

Dalam melakukan pengujian berat isi akan dilakukan menggunakan 3 metode yaitu berat isi lepas, perojokan dan penggoyangan

 - 1. Pengujian dengan metode lepas
 - a. Timbang dan catat berat wadah (W_2)
 - b. Masukkan agregat kasar dengan hati-hati agar tidak berjauhan dan tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian maks 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - c. Ratakan permukaan agregat kasar dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Timbang dan catatlah berat wadah beserta agregat kasar (W_2)
 - e. Hitunglah berat agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$)
 - 2. Pengujian dengan menggunakan perojokan
 - a. Timbang dengan menggunakan wadah (W_1)
 - b. Isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapisan yang sama tebal.
 - c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25 kali secara pemerataan.
 - d. Pada saat lapisan ketiga, ini agregat kasar melebihi ukuran wadah rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - e. Timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat kasar (W_2)
 - f. Hitunglah berat agregat kasar ($V_3 = W_2 - W_1$).

3.5.6 Berat Jenis & Penyerapan Agregat Halus (SNI 1970 ; 2008)

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

Prosedur percobaan :

- a. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Lalu periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpacung (*cone*), masukkan benda uji kedalam kerucut terpacung sampai 3 bagian.
- c. Padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali angkat kerucut terpacung (*cone*) Keadaan kering permukaan jenuh akan apabila benda penguji runtuh namun masih dalam keadaan tercetak, dan apabila masih runtuh ulagi.
- d. Ambil agregat halus 500 gram lolos saringan No. 4
- e. Timbang berat piknometer.
- f. Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya
- g. Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD kedalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90% lalu goyangkan piknometer sampai gembung udara menghilang.
- h. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram.
- i. Diamkan selama 2 jam dalam suhu ruangan tertentu.
- j. Keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air lalu saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, masukkan kedalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dalam oven, kemudian timbang benda uji tersebut, dan catatlah pada form yang telah dipersiapkan. Jika sudah rapikan dan susun kembali alat yang telah dipakai.

Dalam metode ini dilakukan perhitungan dengan persamaan 3.4, 3.5 dan 3.6 sebagai berikut :

a. Berat *Bulk*

$$= \frac{Bk}{(B + Bs + Bt)} \quad 3.4$$

b. Berat Uji Permukaan Jenuh

$$= \frac{Bs}{(B + Bs + Bt)} \quad 3.5$$

c. Berat Uji Semu

$$= \frac{Bk}{(B + Bk + Bt)} \quad 3.6$$

Dimana :

Bk : Berat benda uji kering oven

B : Berat piknometer berisi air

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air

Bs : Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh

3.5.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat halus (SNI S-04-1998-F)

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

a. Peralatan

1. Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah.

b. Bahan

1. Agregat halus.

2. Larutan.

c. Prosedur Pengujian

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.

2. Masukkan pasir kedalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml.

3. Masukkan pasir kedalam gelas ukur sebanyak 115 ml dan 125 ml.

4. Tutup permukaan gelas dan kocok untuk mencuci pasir dari lumpur.

5. Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan selama 24 jam.
6. Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.

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

Untuk menentukan berat jenis kering dan penyerapan dari agregat kasar. Prosedur percobaannya adalah sebagai berikut :

1. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregat yang digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
3. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
4. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
6. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
7. Letakkan benda uji didalam keranjang goncang batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C)
8. Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan, bahan semacam ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat hati-hati, dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

Dalam metode ini dilakukan perhitungan dengan persamaan 3.7, 3.8 dan 3.9 sebagai berikut :

a) Berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$\frac{Bk}{(Bj - Ba)} \quad 3.7$$

b) Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*)

$$\frac{Bj}{(Bj - Ba)} \quad 3.8$$

c) Berat jenis semen (*Apparent Specivic Grafity*)

$$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad 3.9$$

Dimana :

Bk = Berat benda uji kering *oven*, dalam gram

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam gram

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air

3.5.9 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angles (SNI 2417 : 2008)

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

a. Peralatan

1. Mesin Los Angeles
2. Saringan No. 12,5 mm ; 9,5 mm ; dan saringan 2,38 mm
3. Bola baja sebanyak 9 buah
4. Timbangan digital ketelitian 0,01 gr
5. Oven
6. Wadah
7. Stopwatch

b. Bahan

1. Agregat kasar sebanyak 500 gram

c. Prosedur pengujian

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Timbang agregat kasar sebanyak 2000 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 masukan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dan 8 buah bola baja.
5. Nyalakan mesin dengan kecepatan putar 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putar selama 15 menit.
6. Setelah selesai, keluaran agregat dari mesin Los Angeles dan saringan menggunakan saringan 15 menit.
7. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm.
8. Lakukan pengolahan data.

3.6 Perencanaan Campuran Mortar dan Beton

Adapun perencanaan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan perbandingan. Dalam perencanaan campuran pada pengujian mortar adalah dengan perbandingan 1:2 dan fas 0,45 dan perencanaan perbandingan campuran pada kuat tekan beton ialah 1:2:3 dengan fas 0,45 serta menggunakan serbuk besi sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5 %.

3.7 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan berdasarkan SNI 03-0825-2022, antara lain :

- a. Bahan
 1. Semen portland
 2. Agregat halus
 3. Air
- b. Peralatan untuk pengujian kuat tekan mortar
 1. Mesin pengaduk standar ASTM C 305 yang kecepatan perputarannya dapat diatur, dilengkapi dengan pagadukan kapasitas 2500 cc.
 2. Meja leleh lengkap standar ASTM C-230 dengan cincin leleh dibuat dari baja 55 HRB.

3. Cetak benda uji berbentuk kubus dengan panjang sisi 5 cm dibuat dari baja HRB harus kedap air.
4. Timbang kapasitas 2000 gram dengan ketelitian 0,1 gram.
5. Gelass ukur kapasitas 500 ml dengan ketelitian 2 ml.
6. Stop watch.
7. Alat pemadat.
8. Sendok perata.
9. Mistar dari baja panjang 20 cm, dengan ketelitian 1 mm.
10. Lemari lembab dengan derajat kelembaban 90 %.
11. Mesin tekan dengan bidang tumpuan dari baja 60 HRB.

c. Cara uji

1. Tuangkan air kedalam mangkok pengadukan, kemudian masukan pula perlahan-lahan contoh semen sebanyak 68 gram biarkan kedua bahan dalam mangkok pengadukan selama 30 detik.
2. Aduklah campuran air dan semen dengan menggunakan mesin pengaduk selama 30 detik, kecepatan puratan mesin pengaduk adalah 140 ± 5 putaran per menit.
3. Siapkan pasir sebanyak 136 gram masukan sedikit demi sedikit ke dalam mangkok yang berisi campuran semen air sambil diaduk dengan kecepatan yang sama dalam 30 detik, setelah itu pengadukan diteruskan selama 30 detik dengan kecepatan pangadukan 285 ± 10 putaran per menit.
4. Pengadukan dihentikan, bersihkan mortar yang menempel di bibir dan bagian atas mangkok pengaduk selama 15 detik, selanjutnya mortar dibiarkan selama 75 detik dalam mangkok pangaduk yang ditutup.
5. Ulang kembali pengadukan selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 258 ± 10 putaran per menit.
6. Lakukan percobaan leleh dengan cara sebagai berikut :
 - a. Letakan cincin leleh diatas meja leleh, lalu disi dengan mortar sampai penuh, pengisian dilakukan dalam 2 lapis, setiap lapis harus didapatkan 20 kali dengan alat pemadat.
 - b. Ratakan permukaan atas mortar dalam cincin leleh dan bersihkan mortar yang menempel di bagian luar cincin leleh.

- c. Angkatlah cincin leleh perlahan-lahan, sehingga di atas meja leleh terbentuk mortar berbentuk kerucut terpancung.
 - d. Getarkan meja leleh sebanyak 225 kali selama 15 detik dengan tinggi jatuh $\frac{1}{2}$ in (12,7mm)
 - e. Ukurlah diameter mortar diatas meja leleh minimal pada 4 tempat yang berlainan, lain hitung diameter rata-rata (d) mortar tersebut.
7. Ulangi pekerjaan 1 sampai 6 dengan mortar baru dan beberapa variasi kadar air, sehingga diperoleh diameter rata-rata dari sama dengan 1,00–1,15 kali diameter semula.
 8. Pada umur yang telah ditentukan, lakukan pengujian kekuatan tekan terhadap benda uji itu dengan urutan kegiatan sebagai berikut:
 - a. Angkatlah benda uji dari tempat perendaman, kemudian permukaan dikeringkan dengan cara lap dan biarkan selama kurang dari 15 menit.
 - b. Timbanglah kubus benda uji, lalu catat berat benda uji itu.
 - c. Letakan benda uji pada mesin penekan tekanlah benda uji itu dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji itu pecah pada saat pecah, catatlah besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja.

3.8 Pembuatan Sampel Beton

Pembuatan sampel beton dilakukan sesuai dengan standart acuan SNI 2493:2011. Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium, untuk pembuatan benda uji beton di laboratorium sampai saat pengujian dilakukan dengan ketelitian dalam pengawasan bahan dan kondisi pengujian, menggunakan beton yang dipadatkan dengan cara ditusuk atau digetarkan, ada pun beberapa prosedur yang dilakukan yaitu:

1. Siapkan cetakan yang akan digunakan.
2. Timbanglah masing-masing bahan sesuai dengan jumlah bahan yang ditetapkan dari hasil rancangan campuran beton.
3. Campurlah semua bahan yang telah ditimbang dengan menggunakan tangan atau mesin pengaduk (*mixer*). Pengadukan dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Jalankan mesin aduk terlebih dahulu kemudian dimasukkan agregat kasar dan sejumlah air adukan, atau disesuaikan dengan tipe mesin adukan.
 - b. Apabila digunakan bahan tambah untuk beton, bahan tersebut dicampurkan terlebih dahulu pada air adukan atau disesuaikan dengan petunjuk penggunaan.
 - c. Tambahkan bahan agregat halus, semen, dan seluruh sisa air adukan.
 - d. Apabila penambahan bahan tersebut tidak dapat dilakukan pada saat mesin aduk berjalan, maka mesin aduk dapat dihentikan terlebih dahulu.
 - e. Beton diaduk kembali setelah seluruh bahan masuk kedalam tempat pengaduk (*mixer*) selama 3 menit.
 - f. Hentikan mesin selama 3 menit dan selama berhenti dalam pengadukan, tempat adukan (*mixer*) harus ditutup rapat.
 - g. lanjutkan pengadukan kembali sampai rata selama 2 menit.
 - h. Lalu keluarkan campuran beton dari mesin pengaduk.
 - i. Setelah semua campuran beton dikeluarkan, bersihkan sisa-sisa adukan yang masih menempel pada mesin pengaduk (*mixer*).
 - j. Aduk kembali campuran beton dengan menggunakan sendok aduk atau sekop sampai didapatkan adukan yang rata.
4. Setelah adukan rata dan homogen, lakukan pengujian *slump*, bobot isi dan kadar udara (pelaksanaan masing-masing pengujian, akan dibahas pada pembahasan tersendiri).
 5. Setelah selesai pengujian *slump*, bobot isi dan kadar udara, masukkan kembali campuran beton kedalam wadah adukan. Aduk kembali dengan sendok aduk atau sekop sampai adukan rata dan homogen.
 6. Lakukan pencetakan benda uji.
 7. Setelah selesai pencetakan, tutuplah benda uji dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan mudah digunakan tetapi juga harus dapat menjaga kelembapan sampai saat contoh uji dilepas dari cetakan.
 8. Lepaslah benda uji dari cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

3.9 Langkah-langkah Pengujian Beton Segar (SNI 2458 : 2008)

Pengujian beton segar yang digunakan adalah *slump test*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kelecakan (*consistency*) beton segar. Dengan pemeriksaan *slump*, maka kita dapat memperoleh nilai *slump* yang dipakai sebagai tolak ukur atau standar kelecakan beton segar.

Slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton segar yang diukur segera setelah cetakan uji *slump* diangkat. Sedangkan beton segar adalah beton yang bersifat plastis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dengan ukuran kurang dari 37,5 mm atau 1½ inchi, semen dan air, dengan bahan tambah atau bahan pengisi. Langkah-langkah pengujian *Slump Test* dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Ambil cetakan berbentuk kerucut dan pelat alas, lalu basahi dengan kain basah.
2. Letakkan cetakan diatas pelat.
3. Masukkan beton segar kedalam cetakan kerucut.
4. Isi sebanyak $\frac{1}{3}$ dari tinggi cetakkan, lalu padatkan dengan tongkat besi sebanyak 25 tumbukan.lalu tambahkan lapisan ke 2 (dua) lalu tumbuk 25 kali dengan batang besi hingga sedikit menyentuk lapisan pertama.lalu lakukan hal yang sama pada lapisan ke 3 (tiga).
5. Setelah penuh ratakan permukaan atas kerucut dengan tongkat pematat.
6. Kemudian angkat cetakan secara perlahan dan tegak lurus keatas (dengan waktu 5–7 detik).
7. Balikkan cetakan, lalu dirikan disamping benda uji.
8. Ambil mistar atau meteran, lalu ukur tinggi sampel dengan acuan cetakan lalu catat tingginya.
9. Lakukan percobaan sebanyak 2 kali pada sampel yang sama.

3.10 Perawatan Benda Uji (SNI 03-4810-1998)

Perawatan beton dilakukan setelah beton mengeras. Tujuan perawatan beton agar beton tidak terlalu cepat kehilangan air, dan menjaga kelembapan beton agar mutu beton sesuai dengan yang direncanakan. Perawatan beton yang dilakukan ada berbagai cara.

- a. Permukaan cetakan bagian luar harus dijaga jangan sampai berhubungan langsung dengan air selama 24 jam pertama setelah beton dicetak, sebab dapat merubah air dalam adukan dan menyebabkan rusaknya benda uji.
- b. Rendam seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu $23 \pm 2^\circ$ mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan.
- c. Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan.
- d. Perawatan benda uji dapat juga dilakukan dengan cara merendam didalam air yang jenuh kapur atau disimpan didalam ruang lembab atau dalam lemari lembab.
- e. Benda uji harus dijaga dari tetesan air atau aliran air dari luar.
- f. Perendaman dilakukan setelah 24 jam, atau setelah beton menggering. Lamanya perendaman dilakukan sesuai dengan perencanaan, yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

3.11 Pengujian Beton Keras (SNI 1974-2011)

Pengujian beton keras yang dilakukan adalah dengan menguji kuat tekan beton. Alat yang digunakan adalah *Controls Milano-Italy*. Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai dari sampel dengan alat tersebut. Pengujian kuat tekan dapat dilakukan dengan cara sebagai:

1. Sebelum H-1 pengujian beton keras, beton diangkat dari tempat perendaman lalu dikeringkan selama 24 jam.
2. Timbang berat sampel, lalu catat berat sampel.
3. Letakkan benda uji pada alat kuat tekan.
4. Lalu nyalakan alat hingga benda uji hancur dan catat nilai kuat tekan maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.