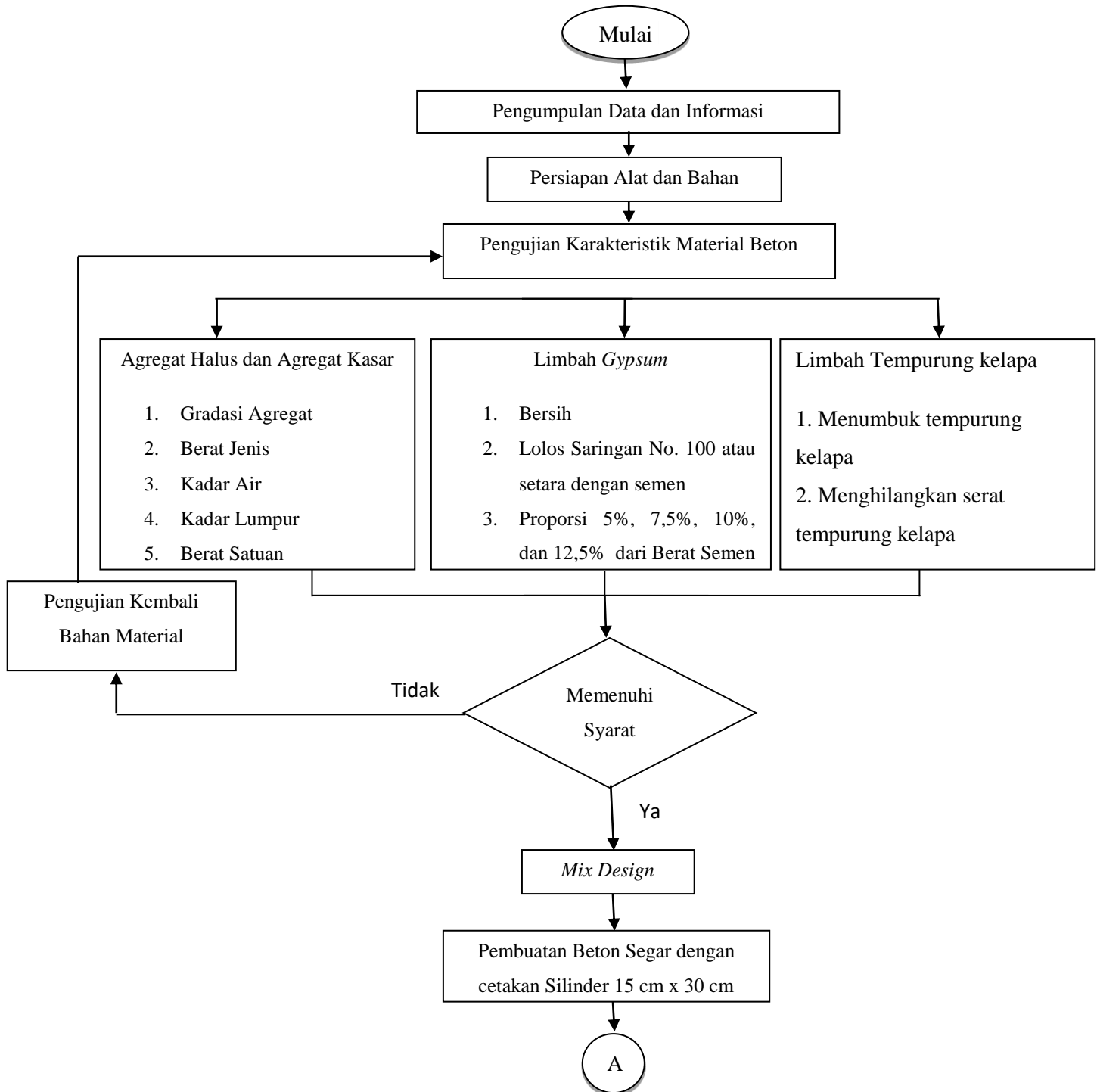
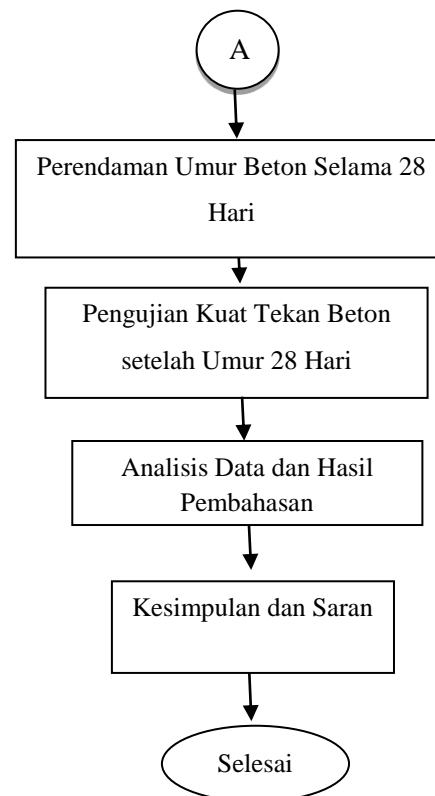


BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

A. Bagian Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium dapat dilihat pada bagan alir sebagai berikut





Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

B. Prosedur Penelitian

Dalam melakukan suatu penelitian di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, peneliti menggunakan sebuah metode yaitu metode *Experiment*/melakukan suatu percobaan dari bahan penyusun pembuatan beton yang didapatkan bahan tersebut berupa krikil, pasir, semen, dan limbah *gypsum* yang nantinya akan dilakukan pengolahan yang dapat menghasilkan benda uji sebagai penelitian untuk mengetahui hasil kuat tekan beton normal terhadap variasi limbah *gypsum* pada beton tersebut, selain melakukan *Experiment* peneliti juga menulis sebuah laporan sebagai laporan penelitian dengan menggunakan metode pengumpulan data yaitu *study literatur* berupa mengumpulkan beberapa informasi baik berupa jurnal, buku, internet, maupun daftar pustaka lainnya.

1. *Study Literatur*

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara *study literatur*, metode ini dilakukan dengan cara menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. *Study literatur* dapat diperoleh dari berbagai sumber yang ada, baik seperti jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka.

2. Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium adalah salah satu metode yang dilakukan dalam penelitian ini, pengujian laboratorium ini berfungsi agar penulis dapat mengetahui hasil pengujian yang dilakukan, serta memperoleh data-data dari pengujian tersebut. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar dan ketentuan-ketentuan yang berlaku. Pencampuran adukan beton mengacu pada metode SNI 03-2834-2000 dengan menggunakan *mix design* sesuai dengan rumus yang tercantum pada SNI. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.19 sebagai berikut.

C. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Unuversitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan (April – Juni 2016).

3. Desain Benda Uji

Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. total benda uji yang digunakan untuk pengujian Tekan sebanyak 20 buah, dimana pengujian tersebut meliputi beton dengan bahan pengganti gypsum 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% dengan penambahan variasi dari tempurung kelapa 10% sebagai bahan pengganti sebagian dari agregat kasar. Jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 .

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji

Jenis Beton	Kadar Tempurung Kelapa	Umur Pengujian	Jumlah Sampel
Beton Normal	-	28	4
Beton Gypsum 5%	10%		4
Beton Gypsum 7,5%			4
Beton Gypsum 10%			4
Beton Gypsum 12,5%			4
TOTAL			20

D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat yang digunakan

- a. Neraca *Ohaus* dengan ketelitian 0,1 gram, untuk menimbang dan mengetahui berat bahan-bahan penyusun campuran beton yang akan digunakan sebagai takaran dalam pembuatan beton. Neraca *Ohaus* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2 Timbangan (*neraca ohaus*)

- b. Oven dengan merk "*Binder*", digunakan untuk pengujian agregat halus dan agregat kasar, pada alat ini pengujian dilakukan dengan cara dikeringkan dengan suhu maksimum 300°C, pengujian ini untuk mendapatkan berat

agregat dalam kondisi kering permukaan. Oven dengan merk “*Binder*”, ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Oven

- c. Satu set saringan berfungsi untuk membantu dalam memisahkan bagian-bagian agregat kasar dan agregat halus sesuai dengan nomor saringan. Satu set saringan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Satu set saringan

- d. Mesin ayakan (*shaker*) adalah alat bantu dalam memisahkan agregat kasar dan agregat halus biasanya dikombinasikan dengan saringan. Mesin ayakan (*shaker*) dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Mesin ayakan (*shaker*)

- e. Mesin Pencampur (*Mixer*) adalah alat yang berfungsi untuk mencampur agregat kasar, agregat halus, semen, dan air dalam pembuatan beton dengan kapasitas $0,6 \text{ m}^3$. Mesin pencampur (*mixer*) dapat dilihat Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mesin pencampur (*mixer*)

- f. Kerucut *Abrams* adalah alat bantu cetakan untuk pengujian *slump* sesuai dengan peraturan SNI 03-1972-1990 tentang pengujian *slump* beton. kerucut *Abrams* dapat dilihat Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kerucut *abrams*

- g. Batang penusuk adalah alat bantu dalam pengujian slump berfungsi untuk membantu memadatkan campuran beton ketika akan dimasukkan kedalam kerucut *Abrams*. Batang penusuk dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Batang penusuk

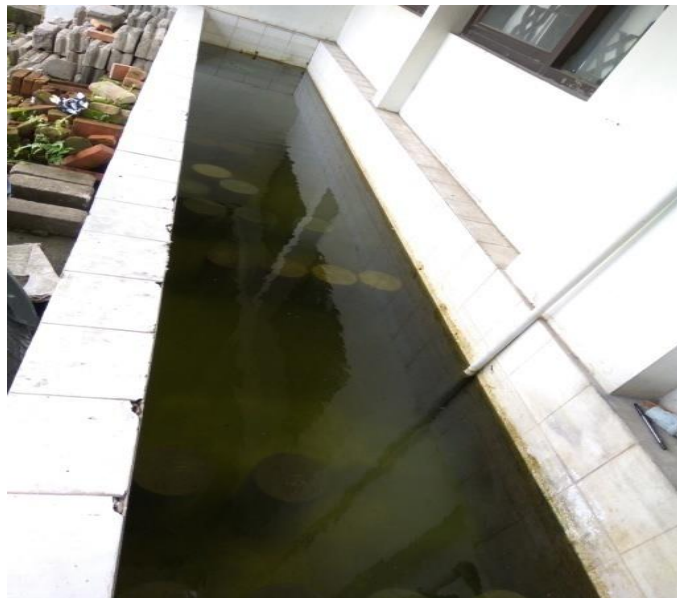
- h. Cetakan benda uji silinder 15 x 30 cm yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton sesuai dengan peraturan SNI 03-2493-1991 tentang metode

pembuatan benda uji beton di laboratorium. Cetakan benda uji silinder dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Cetakan silinder

- i. Bak Perendaman adalah bak berisi air yang difungsikan dalam perawatan beton (*curing*) agar beton tetap stabil sampai pada saat nanti akan diuji. Bak perendaman dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Bak perendaman beton

- j. Penggaris atau Meteran adalah alat bantu dalam proses pengukuran yang akan dilakukan di dalam laboratorium nantinya. Penggaris/meteran dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Penggaris dan meteran

- k. Cetok atau sekop adalah alat bantu untuk menuangkan campuran beton ke cetakan beton ketika campuran beton telah selesai di campur pada mesin pencampur (*mixer*). Cetok/sekop dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Cetok/ sekop

- l. Mesin uji tekan dengan merk *Hungta* (kapasitas 45 MPa), untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan beton. Mesin uji kuat tekan beton yang

berasal dari laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 *Universal testing Machines*

2. Bahan yang digunakan

- a. Semen yang digunakan adalah Jenis Semen *Portland* (Semen tipe 1) dengan merk semen yaitu “Tiga Roda” semen ini berfungsi sebagai bahan pengikat beton. Semen portland (semen tipe 1) dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Semen Tiga Roda

b. Agregat Halus (pasir) asal Merapi

Agregat halus yang digunakan adalah dari Merapi yang berasal dari Kaliurang, Daerah Istimewa Yogyakarta. Agregat Halus ini berupa pasir yang digunakan untuk bahan pembuatan dan bahan pengisi beton. Agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Agregat Halus.

c. Agregat Kasar asal Celereng

Agregat kasar yang digunakan berasal dari Celereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Agregat kasar ini berupa batu pecah atau krikil yang memiliki diameter ukuran maksimum 20 mm dan sangat keras karena digunakan untuk bahan pengisi pembuatan beton, agregat kasar juga harus bebas dari kandungan lumpur, dan sebagainya. Agregat Kasar Celereng dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Agregat Kasar.

d. *Gypsum* berasal limbah dari Jaya Utama, Bantul

Bahan tambah yang digunakan berupa Limbah *Gypsum* yang diambil dari daerah PT Jaya Utama *Gypsum*, Jl. Bantul Km 8,5 Cepit Bantul, Yogyakarta. Bahan tambah limbah *gypsum* ini digunakan untuk mengurangi semen dalam pembuatan beton. Limbah *gypsum* ini juga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dengan kadar limbah *gypsum* yang digunakan untuk penelitian yaitu 5%; 7,5%; 10% dan 12,5% dari berat semen. *Gypsum* limbah dari jaya utama, Bantul dapat dilihat pada Gambar 4.17



Gambar 4.17 Bahan Tambah Limbah *Gypsum*

e. Limbah Tempurung

Limbah tempurung kelapa digunakan untuk bahan pengganti agregat kasar, digunakan dengan variasi 10% dari jumlah berat agregat kasar. Tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4.18 sebagai berikut.



Gambar 4.18 Bahan Tambah Limbah Tempurung kelapa

f. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Air berfungsi untuk memudahkan campuran pembuatan beton agar dapat saling mengikat antara bahan-bahan pembuatan beton, namun air yang dicampurkan juga jangan terlalu banyak karena dapat menyebabkan *bleeding* pada proses *workability* beton. Syarat air yang digunakan juga harus bersih terhindar dari lumpur, dan lain-lain. Air Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Air Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

E. Pengujian Pendahuluan

1. Karakteristik Material Beton Normal

Pengujian pendahuluan dalam pembuatan beton berupa pengujian agregat halus yang terdiri dari pengujian gradasi butiran, pengujian berat jenis, pengujian kadar lumpur, pengujian kadar air dan pengujian berat satuan agregat halus serta pengujian agregat kasar yang terdiri dari pengujian berat jenis, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur, pengujian keausan dan berat satuan agregat kasar, untuk pengujian limbah *gypsum* hanya melakukan dengan menumbuk setelah limbah *gypsum* kering oven kemudian menyaring dengan saringan no.100 atau setara dengan semen. Hal ini dilakukan untuk

mengetahui sifat-sifat bahan yang digunakan, pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian agregat halus

1) Pemeriksaan gradasi agregat halus (SNI 03-1968-1990)

Pemeriksaan gradasi halus dimulai dengan menyiapkan dan Menimbang benda uji dengan berat 1000 gram. Lalu Memasukkan benda uji ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap, untuk proses pengeringan benda uji. Kemudian Menyaring dengan saringan set dan mengurutkan mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil. Selanjutnya mengguncang saringan dengan tangan atau dengan mesin selama 15 menit dan Menghitung *prosentase* benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan.

2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus/pasir (SNI 03-1970-2008)

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus pertama menyiapkan agregat halus kira-kira 1 kg dan mengeringkan dalam wadah yang sesuai sampai beratnya tetap pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$. Kedua merendam agregat halus dalam air selama 24 jam. Ketiga Membuang kelebihan air dengan hati-hati untuk menghindari hilangnya butiran yang halus, kemudian mengeringkan hingga mencapai keadaan jenuh kering muka (SSD). Ke empat memasukkan pasir ke dalam piknometer (500 ± 10) gram dan menambahkan air suling 90% penuh, kemudian memutar dan mengguncang piknometer tersebut untuk mengeluarkan gelembung udara dari sela-sela pasir. Kelima menambahkan air hingga piknometer penuh 100%, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,1 gram. Ke enam mengeluarkan agregat halus dari dalam piknometer dan mengeringkan sampai berat tetap pada temperatur $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ serta mendinginkan pada temperatur ruang selama $(1,0\pm 0,5)$ jam, kemudian menimbang beratnya. Ketujuh Menimbang berat piknometer pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang telah ditentukan pada suhu $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

3) Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus/pasir

Pertama mengeringkan benda uji di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai beratnya tetap, kemudian menimbang dan mengambil sampel sebanyak ± 1000 gram (B_1). Lalu Mencuci benda uji beberapa kali sampai bersih, yang telah ditandai dengan air cucian tampak jernih, setelah itu mengeluarkan benda uji dari gelas ukur pencuci dengan hati-hati jangan sampai benda uji tersebut ada yang hilang. Terakhir mengeringkan benda uji dengan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai beratnya tetap, kemudian menimbang beratnya (B_2), dan menghitung kadar lumpur.

4) Pemeriksaan kadar air agregat halus/pasir (SNI 03-1971-1990)

Pertama menimbang dan mencatat berat talem (W_1). Kedua memasukkan benda uji ke dalam talem, kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W_2). Ketiga Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$). Keempat mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap. Kelima menimbang talem beserta benda uji setelah kering dan mencatat beratnya (W_4). Terakhir Menghitung berat benda uji setelah kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

5) Pemeriksaan berat satuan agregat halus/pasir (SNI 03-4804-1998)

Pengujian berat satuan agregat halus (pasir) terdapat dua metode, yaitu metode tusuk dan metode ketuk. Metode yang digunakan saat pengujian adalah metode tusuk dengan melakukan langkah-langkah berikut. Pertama mengisi dan meratakan agregat halus ke dalam silinder sepertiga dari volume penuh. Kedua Menusuk lapisan agregat halus/pasir sebanyak 25 kali tusukan dengan batang penusuk, yang terbuat dari baja dan memiliki dimensi dengan diameter 16 mm dan panjang 610 mm. Ketiga mengisi kembali agregat halus ke dalam cetakan sampai volume menjadi dua per tiga penuh, kemudian meratakan dan menusuknya seperti langkah sebelumnya. Keempat mengisi dan menusuk kembali agregat halus ke dalam cetakan silinder sampai penuh. Kelima meratakan permukaan agregat halus, kemudian menimbang berat silinder beserta

isinya, dan berat silinder itu sendiri. Kelima mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg, kemudian menghitung berat isi agregat dan kadar rongga udara.

b. Pengujian agregat kasar

1) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar/*split* (SNI 03-1969-2008)

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, pertama mencuci benda uji kira-kira 5 kg untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan. Kedua mengeringkan benda uji ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, jika penyerapan dan berat harga jenis yang digunakan pada keadaan air aslinya, maka tidak perlu digunakan pengeringan dengan oven. ketiga mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk). Keempat merendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam. Kelima Mengeluarkan benda uji dari air, dan mengeringkan dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu. Keenam menimbang benda uji dalam keadaan kering-permukaan jenuh (Bi). Terakhir meletakkan benda uji ke dalam keranjang dan menggoncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap serta menentukan beratnya di dalam air (Ba).

2) Pemeriksaan keausan agregat kasar/*split* (SNI 2417-2008)

Pertama memasukkan benda uji dan bola baja ke dalam mesin abrasi *Los Angeles*. Kedua jumlah putaran telah ditentukan dari gradasi agregat. Gradasi A, gradasi B, gradasi C dan gradasi D adalah 500 putaran dan untuk gradasi E, gradasi F dan gradasi G adalah 1000 putaran. Ketiga mengeluarkan benda uji dari mesin setelah selesai pemutaran dan menyaring dengan saringan No.12 (1,70 mm), kemudian mencuci bersih butiran yang tertahan di atasnya, selanjutnya mengeringkan ke dalam oven pada temperatur $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Keempat melakukan pengujian dengan 100 putaran (jika material contoh uji homogen) dan

menyaring hasil pengujian tersebut dengan menggunakan saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian. Terakhir perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dan 500 putaran agregat tertahan di atas saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20.

3) Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar/*split*

Pertama mengeringkan benda uji ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian menimbang dan mengambil sampel sebanyak ± 1000 gram (B_1). Kedua mencuci benda uji beberapa kali sampai bersih, yang telah ditandai dengan air cucian tampak jernih, kemudian mengeluarkan benda uji dari gelas ukur pencuci dengan hati-hati jangan sampai benda uji tersebut ada yang hilang. Ketiga mengeringkan benda uji dengan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian menimbang beratnya (B_2). Terakhir menghitung kadar lumpur.

4) Pemeriksaan kadar air agregat kasar/*split* (SNI 03-1971-1990)

Pertama menimbang dan mencatat berat talam (W_1). Kedua memasukkan benda uji ke dalam talam kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W_2). Ketiga menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$). Keempat mengeringkan benda uji ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap. Kelima menimbang benda uji setelah kering beserta talam, kemudian mencatat beratnya (W_4). Terakhir menghitung berat benda uji ($W_5 = W_4 - W_1$).

5) Pemeriksaan berat satuan agregat kasar/*split* (SNI 03-4804-1998)

Langkah pertama mengisi dan meratakan cetakan berupa silinder sepertiga dari volume penuh. Kedua menusuk lapisan agregat halus/pasir sebanyak 25 kali tusukan dengan batang penusuk, yang terbuat dari baja dan memiliki dimensi dengan diameter 16 mm dan panjang 610 mm. Ketiga mengisi kembali agregat halus ke dalam cetakan sampai volume menjadi dua per tiga penuh, kemudian meratakan dan menusuknya seperti langkah sebelumnya. Keempat mengisi dan menusuk kembali agregat halus ke dalam cetakan silinder sampai penuh. Kelima meratakan permukaan agregat halus, kemudian menimbang berat silinder beserta

isinya, dan berat silinder itu sendiri. Terakhir mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg, kemudian menghitung berat isi agregat dan kadar rongga udara.

c. Pengujian limbah *gypsum*

Pengujian limbah *gypsum* bertujuan untuk menjadikan limbah *gypsum* yang telah diambil limbahnya berupa puing-puing atau bongkahan *gypsum* yang telah terbuang agar limbah *gypsum* dapat menjadi halus dan setara dengan semen, maka untuk menghaluskan limbah *gypsum* tersebut peneliti melakukan suatu langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Melakukan pengambilan limbah *gypsum* di PT Jaya Utama *Gypsum*, Jl. Bantul Km 8,5 Cepit Bantul, Yogyakarta.
- 2) Setelah mengambil limbah *gypsum* yang dalam kondisi basah, kemudian memadatkan dan mengeringkan limbah *gypsum* tersebut dengan menggunakan Oven pada temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai limbah *gypsum* terasa benar-benar dalam kondisi kering.
- 3) Mengeluarkan limbah *gypsum* dari dalam oven dan menumbuk sampai hancur hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan ayakan terhadap limbah *gypsum* agar limbah tersebut dapat lolos saringan No. 100 atau setara dengan semen, serta membuang serat limbah *gypsum* yang tertahan pada ayakan atau saringan tersebut. Berikut ini merupakan bahan limbah *gypsum* yang sudah lolos saringan No.100 atau setara dengan semen. Limbah *gypsum* dapat dilihat pada Gambar 4.20 sebagai berikut.



Gambar 4.20 Limbah *gypsum* yang lolos saringan No. 100 atau setara dengan semen

d. Pengujian limbah Tempurung Kelapa

Pengujian limbah tempurung kelapa bertujuan untuk menjadikan limbah tempurung kelapa yang telah diambil dari pasar tradisional berupa bongkahan bekas parutan kelapa yang telah terbuang agar limbah tempurung kelapa digunakan bahan pengganti agregat kasar. Untuk menyamakan ukuran dengan agregat kasar digunakan palu untuk memecahkan tempurung kelapa maka peneliti melakukan langkah langkah sebagai berikut.

1. Melakukan pengambilan limbah tempurung kelapa di pasar tradisional Pasar Gamping , Sleman, Yogyakarta.
2. Setelah mengambil limbah tempurung kelapa yang dalam kondisi basah, lalu memecahkan dan mengeringkan limbah tempurung kelapa tersebut dengan cara dijemur di bawah cahaya matahari . Berikut ini merupakan bahan limbah tempurung kelapa dapat dilihat pada gambar 4.21 sebagai berikut.



Gambar 4.21 Limbah tempurung kelapa

2. Perhitungan *Mix Design* Beton Normal

Setelah melakukan pengujian pendahuluan yang berupa pengujian agregat halus dan agregat kasar yang menghasilkan suatu nilai berupa kadar air, kadar lumpur, berat jenis, keausan agregat kasar, dan gradasi butiran agregat halus dalam proses pembuatan beton, kemudian peneliti melakukan perhitungan *mix design* beton. Hal ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kebutuhan dari suatu agregat kasar, agregat halus, semen, dan air, serta bahan tambah yang digunakan dalam pencampuran beton. Berikut ini adalah hasil perhitungan *mix*

design beton normal. Pada Tabel 4.1 menggambarkan kebutuhan campuran beton per m³. Pada Tabel 4.2 menggambarkan kebutuhan campuran beton dengan menggunakan bahan tambah limbah *gypsum* untuk 2 buah benda uji dalam 1 adukan beton dengan faktor pengali 2,3 benda uji pada setiap variasi limbah *gypsum*. Faktor pengali tersebut bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya tumpahan beton segar pada saat pengadukan beton dalam 1 adukan menggunakan *concrete mixer*/molen, sehingga untuk membutuhkan dan mencampurkan bahan-bahan pembuatan beton untuk 2 benda uji dalam 1 adukan maka peneliti melakukan pencampuran dan pengadukan beton dalam 1 adukan tiap variasi limbah *gypsum* untuk 2,3 benda uji. Pada Tabel 4.3 menggambarkan perhitungan *mix design* dan kebutuhan campuran beton dalam 4 benda uji tanpa adanya faktor pengali sehingga peneliti tidak mencampurkan adukan beton untuk setiap variasi limbah *gypsum* berjumlah 4 benda uji secara langsung dalam 1 adukan dikarenakan kapasitas *concrete mixer*/molen yang hanya memiliki kapasitas maksimum 3 benda uji untuk cetakan silinder beton. kebutuhan campuran beton dan variasi limbah *gypsum* dan tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 4.1; Tabel 4.2, dan Tabel 4.3

Tabel 4.2 Kebutuhan campuran beton per m³

Nama Bahan	Berat Bahan	Satuan
Semen	428,87	kg/m ³
Pasir	583,15	kg/m ³
Kerikil	1082,98	kg/m ³
Air	205	kg/m ³

Tabel 4.3 Kebutuhan campuran beton dalam 1 adukan beton pada setiap variasi limbah *gypsum* dan limbah tempurung kelapa.

Variasi	Bahan					
	Semen	Agregat kasar	Agregat halus	Limbah <i>gypsum</i>	Air	Tempurung kelapa
5%	4,967 kg	13,202 kg	7,109 kg	263 gr	2530 ml	574 gram
7,5%	4,836 kg	13,202 kg	7,109 kg	392 gr	2530 ml	574 gram
10%	4,705 kg	13,202 kg	7,109 kg	523 gr	2530 ml	574 gram
12,5%	4,574 kg	13,202 kg	7,109 kg	654 gr	2530 ml	574 gram

Tabel 4.4 Perhitungan *Mix Design* Beton dengan bahan tambah limbah *gypsum* untuk 4 buah benda uji menggunakan Silinder Beton

Variasi	Bahan					
	Semen	Agregat kasar	Agregat halus	Limbah gypsum	Air	Tempurung kelapa
5%	8,636 kg	22,96 kg	12,364 kg	456 gr	4,4 liter	2296 gram
7,5%	8,408 kg	22,96 kg	12,364 kg	684 gr	4,4 liter	2296 gram
10%	8,064 kg	22,96 kg	12,364 kg	909,2 gr	4,4 liter	2296 gram
12,5%	7,956 kg	22,96 kg	12,364 kg	1,136 gr	4,4 liter	2296 gram

F. Pengujian dan Pengumpulan Data

1. Pembuatan beton segar (Beton Normal)

Pembuatan beton segar yang berbahan tambah limbah *gypsum* dan tempurung kelapa bertujuan untuk melakukan suatu penelitian yang dilakukan oleh peneliti untuk mendapatkan suatu campuran beton yang tercampur merata dalam 1 adukan yang hasilnya kemudian dapat digunakan dan diaplikasikan pada sebuah konstruksi bangunan. Dalam pelaksanaan tersebut peneliti melakukan proses pembuatan beton setelah hasil pengujian pendahuluan berupa berat jenis agregat, kadar air, kadar lumpur, berat satuan agregat, keausan agregat kasar, gradasi butiran agregat halus dan hasil pengujian limbah *gypsum* dan tempurung kelapa, dari data-data tersebut peneliti telah melakukan dan mendapatkan hasilnya dan hasil tersebut dapat digunakan dalam perhitungan *mix design* beton, setelah hasil perhitungan *mix design beton* telah selesai dilakukan dan mendapatkan suatu hasil yang berupa nilai kebutuhan campuran dalam 1 adukan per m³, nilai kebutuhan campuran beton dalam 1 adukan setiap variasi limbah *gypsum*, tempurung kelapa dan kebutuhan campuran beton untuk 4 benda uji, maka langkah selanjutnya menentukan dan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan beton. Untuk menyiapkan alat dan bahan harus sesuai dengan kebutuhan setiap variasi limbah *gypsum* dan tempurung kelapa, alat dan bahan tersebut berupa *concrete mixer/molen*, cetakan beton silinder yang

memiliki dimensi dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sekop, mistar, kerucut *Abrahams*, talam dan menyiapkan serta menimbang bahan-bahan untuk campuran pembuatan beton dalam 1 adukan sesuai dengan setiap variasi limbah *gypsum*, bahannya berupa semen, pasir, air, kerikil dan limbah *gypsum*. Berikut ini merupakan alat dan bahan yang dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23 sebagai berikut.



(a) *Concrete mixer*



(b) Silinder beton



(c) Sekop



(d) Mistar



(e) Kerucut *abrahams*



(f) Talam

Gambar 4.22 Persiapan alat untuk pembuatan beton segar



Gambar 4.23 Bahan pembuatan beton dalam 1 adukan

Langkah kedua setelah menyiapkan alat dan bahan kemudian memasukan kerikil ke dalam mesin pengaduk (*concrete mixer*), hingga

bahan tercampur secara merata, untuk menghindari tumpahan pada saat pencampuran mesin diputar ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam), selanjutnya menambahkan limbah *gypsum* ke dalam adukan dan mengaduk limbah *gypsum* tersebut, berikutnya menambahkan semen sedikit demi sedikit agar semen tidak menggupal, setelah bahan-bahan tersebut tercampur secara merata maka langkah selanjutnya mengambil dan menuangkan air sedikit demi sedikit dan mengaduknya hingga adukan beton segar tercampur secara merata tanpa adanya agregat yang menggumpal. Hal ini dikarenakan untuk menghindari *segragasi* dalam pencampuran beton. Berikut merupakan proses adukan beton dalam *concrete mixer* yang telah tercampur secara merata dalam 1 adukan beton, yang dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Proses pencampuran beton dalam 1 adukan beton menggunakan *concrete mixer*

Beton segar yang telah tercampur secara merata, langkah selanjutnya mengeluarkan beton segar tersebut dari dalam mesin pengaduk dan menaruhnya ke atas talam dan melakukan pengujian *slump* beton segar. Kemudian setelah mendapatkan nilai *slump*, langkah selanjutnya memasukan beton ke dalam cetakan silinder yang memiliki dimensi ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, berikutnya memasukkan beton segar ke dalam cetakan silinder yang memiliki dimensi ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm menumbuknya sebanyak 75 kali tumbukan dengan pola tumbukan 1/3 cetakan sebanyak 25 kali tumbukan, 1/2 cetakan sebanyak 25 kali tumbukan, langkah berikutnya mengisi cetakan dengan

penyusutan dan menumbuknya kembali sebanyak 25 kali tumbukan, kemudian setelah selesai menumbuk hingga penuh langkah selanjutnya meratakan beton tersebut agar rata pada permukaan cetakan beton. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.25.



(a) Pengujian *slump*

Langkah berikutnya setelah beton tersebut tercetak dan tercampur secara merata serta peneliti telah memadatkannya ke dalam cetakan, maka langkah selanjutnya mendinginkan beton tersebut selama ± 24 jam agar beton yang di dalam cetakan silinder dapat mengeras, langkah terakhir mengeluarkan beton yang sudah mengeras setelah ± 24 jam di dalam cetakan.

2. Perendaman beton

Perendaman beton bertujuan untuk melakukan suatu perawatan (*curing*) pada beton setelah beton tersebut tercetak. Menurut Tjokrodimulyo(2010) menjelaskan tentang perawatan beton atau *curing* merupakan suatu tahap akhir dalam pekerjaan pembeconan untuk menjaga permukaan beton segar selalu lembab sejak beton mengeras didalam cetakan, perawatan beton untuk menjaga kelembaban pada permukaan beton. Beton dengan ukuran kecil berupa silinder beton dilakukan dengan cara merendam beton tersebut di dalam ruangan yang lembab atau memasukkannya ke dalam air selama 28 Hari. Hal ini untuk menjamin proses panas hidrasi berlangsung dengan sempurna, apabila beton tidak direndam atau tidak dilakukan perawatan maka akan timbul keretakan pada permukaan betonnya.

Proses awal dalam pengujian perendaman beton adalah setelah beton mengeras selama ± 24 jam di dalam cetakan peneliti melepas cetakan beton tersebut dan mengeluarkannya, kemudian mengukur dimensi berupa diameter dan tinggi beton serta menimbang berat beton tersebut. Hal ini untuk mengetahui proses pengembangan dan penyusutan beton pada saat merendam beton ke dalam bak perendaman dan agar beton tetap dalam kondisi baik. Langkah terakhir memasukkan beton ke dalam bak perendaman dengan suhu ruangan, perendaman beton selama 28 Hari. Langkah-langkah perendaman beton dapat dilihat pada Gambar 4.26.



(a) Melepas cetakan beton



(b) Mengukur dimensi beton



(c) Menimbang beton



(d) Perendaman beton dalam bak perendaman

Gambar 4.26 Proses perendaman beton 28 Hari (*Curing* beton)

3. Pengujian kuat tekan beton.

Dalam pengujian kuat tekan beton selama 28 hari, yang harus diperhatikan adalah menguji kuat tekan beton terhitung pada saat melakukan proses pembuatan beton segar bukan pada saat dimulainya perendaman beton. Misalnya mencetak beton pada tanggal 19 Juni 2017, maka melepasnya pada tanggal 20 Juni 2017 kemudian merendamnya selama 28 hari, oleh karena itu pada tanggal 16 Juni 2017 beton siap diuji

tekan 28 hari. Penulis melakukan penelitian ini tanpa membandingkan umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hal ini dikarenakan hanya membandingkan kuat tekan beton terhadap variasi limbah *gypsum* pada umur 28 hari.

Proses awal dalam pengujian beton adalah mengeluarkan beton dari dalam bak perendaman setelah 28 Hari, kemudian membiarkan kering terlebih dahulu, setelah kering mengukur dimensi beton berupa diameter dan tinggi beton, langkah berikutnya menyerahkan nilai hasil pengukuran dimensi beton tersebut kepada rekan peneliti yang bertugas mengatur alat uji tekan beton berupa *Concrete Compression Tester Machine* merk "Hungta", selanjutnya memasukkan beton ke dalam alat uji kuat tekan beton berupa *Concrete Compression Tester Machine* merk "Hungta", kemudian alat tersebut menekan beton dengan menghasilkan grafik *peak load* dan grafik *break point* grafik tersebut menghasilkan suatu nilai hitungan berupa luas area (cm^2), *peak force* (kg), *compression test* (psi) dan *adjust strees* (kgf/cm^2) yang secara otomatis pada alat tersebut. *Adjust strees* (kgf/cm^2) merupakan nilai kuat tekan beton dalam satuan kgf/cm^2 , untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dalam satuan (MPa) maka mengonversi nilai kuat tekan beton dalam satuan kgf/cm^2 ke satuan (MPa) yaitu dengan cara $((\text{kgf/cm}^2)/9,81)$. Nilai 9,81 berasal dari ketetapan gaya gravitasi bumi. Hasil nilai kuat tekan kemudian dapat dilihat pada Lampiran 12 dan untuk langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.27



(a) Mengukur
dimensi beton



(b) Beton
telah siap diuji tekan



(c) Menguji
kuat tekan beton



(d) Beton
setelah uji tekan

Gambar 4.27 Proses pengujian kuat tekan beton