

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah metode eksperimental dengan membuat benda uji berbentuk kubus berukuran $15 \times 15 \times 15$ cm sebanyak 24 buah sampel di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Laboratorium Geofisika FMIPA Universitas Gajah Mada, dan Laboratorium Struktur DTSL Universitas Gajah Mada. Beton menggunakan bahan tambahan (*admixture*) *Sikament NN* dan *Plastocrete RT 06 Plus* dengan beton rencana sebesar $F_c = 33,2$ Mpa (K 400). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari dengan membanding metode perawatan (*curing*) menggunakan air normal dan air basa (NaOH). Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh perbandingan perendaman air normal dan air basa terhadap nilai slump, kuat tekan beton dan modulus elastisitas. Tabel sampel benda uji dapat di lihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

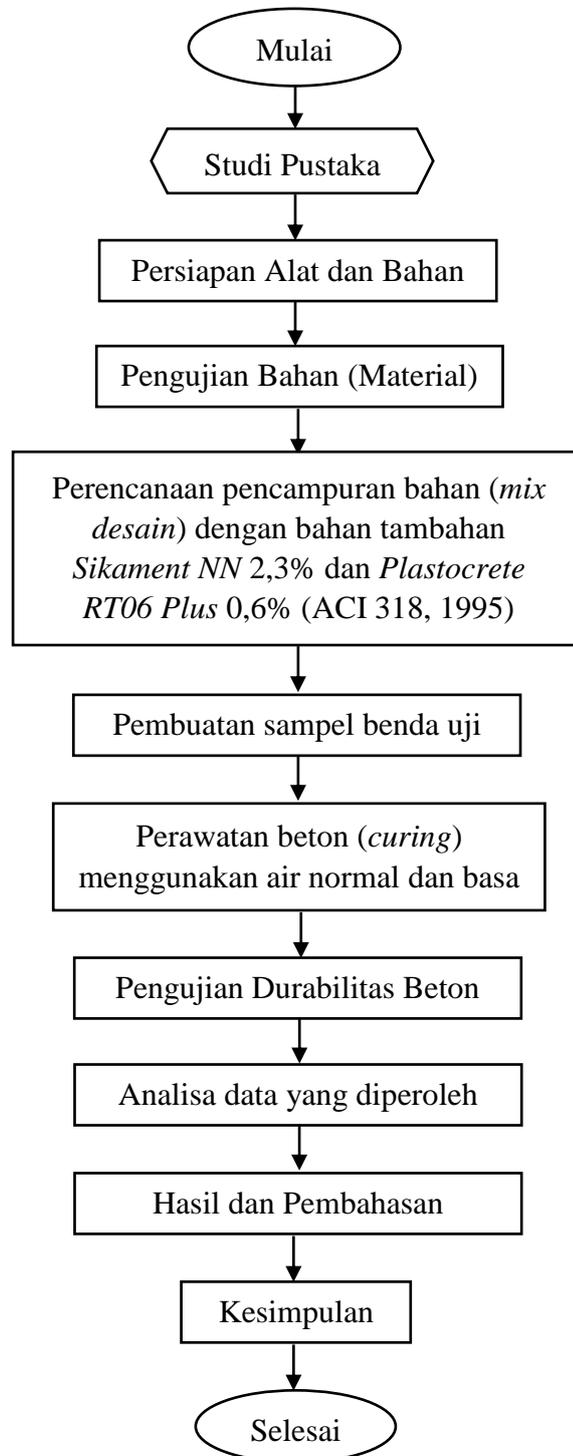
Tabel 3.1. Sampel benda uji

Umur Beton	Benda Uji	
	Normal	Basa
3	3	3
7	3	3
14	3	3
28	3	3
60	3	3
90	3	3

3.2. Bagan Alur Pengujian

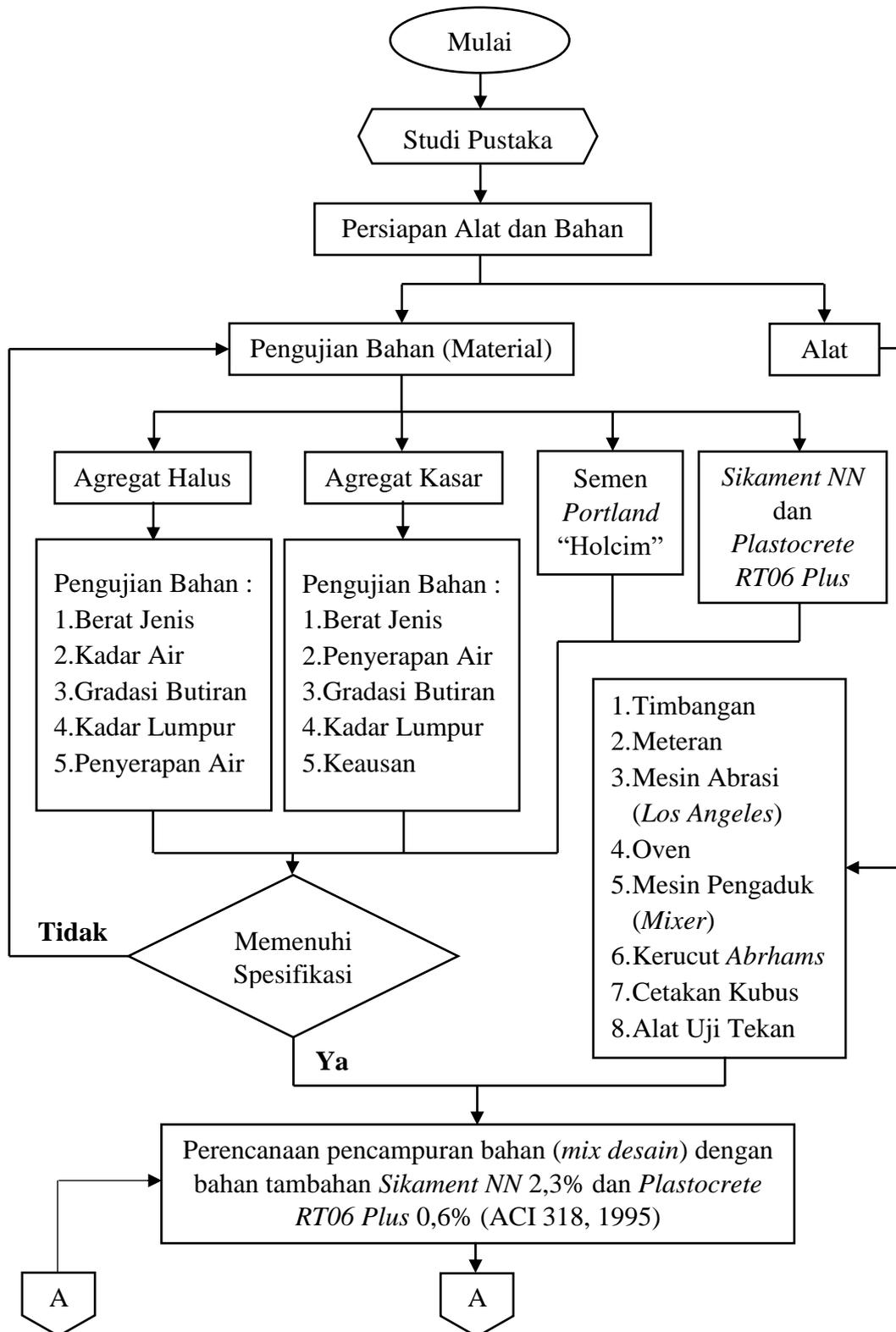
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan-tahapan sesuai alur perencanaan agar penelitian ini dapat berjalan secara terstruktur. Adapun alur dalam penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu alur secara umum dan alus secara

khusus. Alur secara umum mencakup mengenai persiapan, pengujian material beton, perhitungan pencampuran bahan (*mix desain*), pembuatan sampel benda uji, perawatan beton (*curing*), analisa data dan kesimpulan, seperti bagan alir pengujian pada Gambar 3.1 berikut ini.

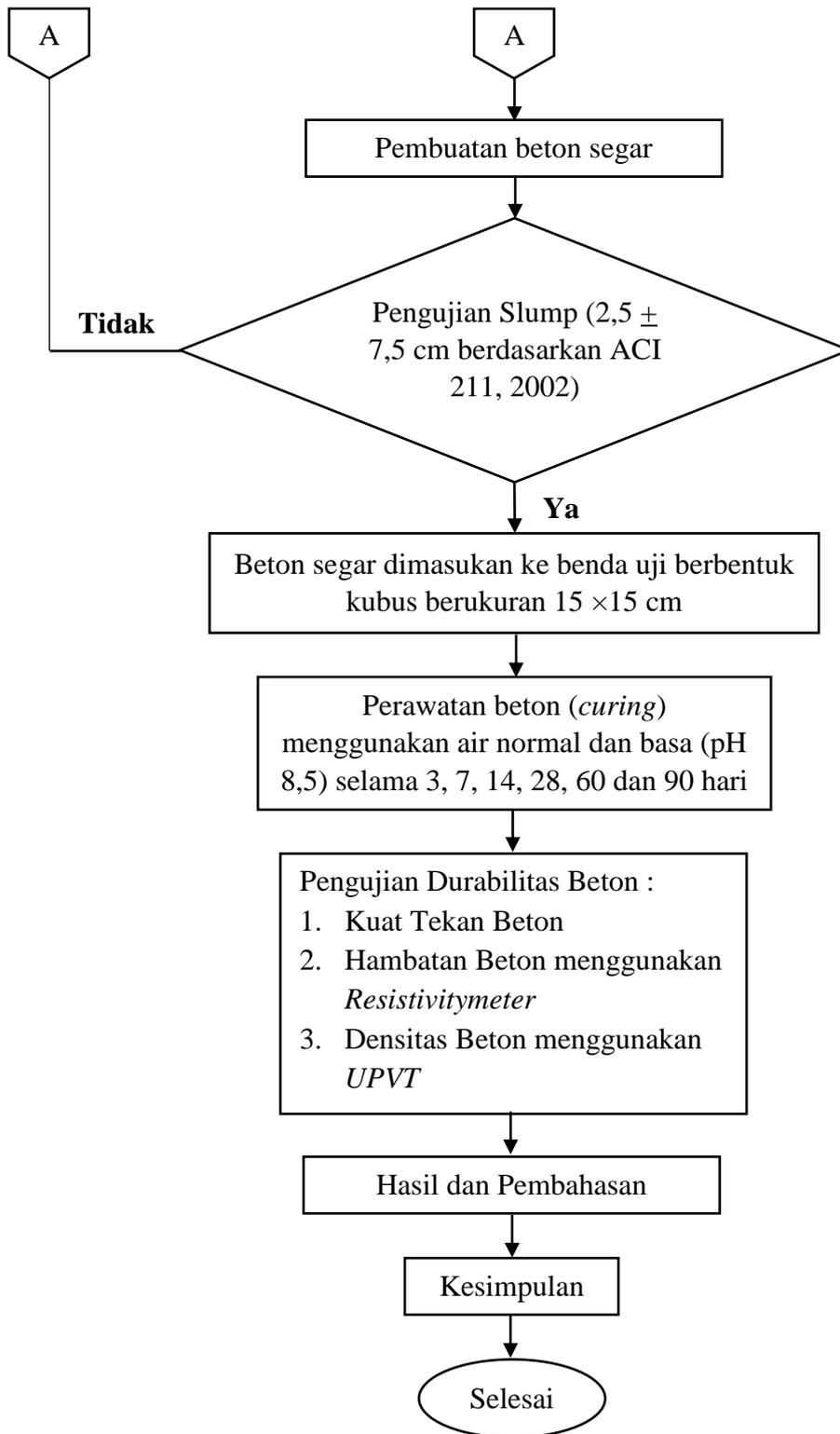


Gambar 3.1. Bagan alur penelitian

Adapun alur penelitian secara khusus adalah detail dari alur penelitian umum diatas yang dijelaskan secara lebih terperinci mengenai alat dan bahan yang digunakan, pembuatan benda uji seperti yang terdapat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2. Alur pengujian laboratorium



Gambar 3.3. Alur pengujian laboratorium

3.3. Alat Pengujian

Penelitian menggunakan beberapa peralatan yang berguna untuk menunjang penelitian, baik dalam pengujian bahan (material) maupun pengujian sampel benda uji di laboratorium, yaitu :

1. Timbangan Digital

Timbangan digital yang digunakan dalam penelitian memiliki ketelitian 5 gram dengan beban maksimalnya adalah 150 Kg. Timbangan ini digunakan untuk menimbang sampel benda uji, baik sebelum maupun sesudah pengujian durabilitas beton. Timbangan dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Timbangan digital

2. Neraca Ohaus

Neraca *ohauss* adalah timbangan yang memiliki kapasitas maksimal sebesar 20 Kg dengan ketelitian 0,05 gram. Neraca *ohauss* digunakan dalam menimbang bahan-bahan material yang akan digunakan dalam campuran beton (*mic desain*) seperti pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5. Neraca Ohaus

3. Oven

Oven merupakan alat berupa ruang yang terisolasi panas dengan suhu tertentu. Dalam penelitian ini suhu oven diatur sebesar 110 ± 5 °C yang berguna dalam menyimpan agregat halus dan kasar untuk pengujian gradasi butiran dan keausan seperti pada Gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3.6. Oven

4. *Los Angeles Machine*

Los Angeles Machine merupakan mesin abrasi yang digunakan dalam pengujian keausan agregat kasar. Mesin ini menggunakan 12 buah bola baja di dalamnya yang diputar secara bersamaan dengan agregat kasar dengan jumlah putaran yang dapat ditentukan.



Gambar 3.7. *Los Angeles Machine*

5. Saringan

Saringan adalah alat yang terbuat dari logam besi atau kuningan dengan berbagai ukuran lubang saringan. Saringan berguna dalam melakukan pengujian gradasi agregat, baik agregat kasar maupun halus. Saringan dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8. Saringan

6. Mesin Pengayak Agregat (*Sieve Shaker Machine*)

Mesin pengayak agregat merupakan mesin yang digunakan dalam pengujian gradasi agregat kasar maupun halus. Mesin ini menggunakan arus listrik untuk menggerakannya. Mesin pengayak dapat di lihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Mesin pengayak agregat

7. Gelas Ukur 1000 ml

Gelas ukur dalam penelitian ini memakai gelas ukur 1000 ml dengan fungsi untuk pengujian bahan (material) dan kebutuhan air dalam pencampuran beton dengan bahan tambahan (*admixture*). Gelas ukur yang digunakan dapat di lihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 .Gelas ukur 1000 ml

8. *Mixer Machine*

Mixer Machine merupakan mesin pengaduk yang berguna mencampurkan agregat kasar dan halus, air, semen maupun bahan tambahan beton (*admixture*) menjadi sebuah beton segar. Mesin dalam penelitian ini memiliki kapasitas 40 Kg, seperti pada Gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3.11. *Mixer Machine*

9. Kerucut Abram

Kerucut Abram merupakan sebuah alat yang digunakan dalam melakukan pengujian slump pada beton segar. Alat terbuat dari logam besi/baja dengan diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Kerucut yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.12 di bawah ini.



Gambar 3.12. Kerucut abram

10. Tempat Beton

Tempat beton merupakan sebuah plat baja dengan pegangan di ujung kanan dan kiri yang memiliki fungsi menaruh beton segar yang dituangkan

dari *mixer machine* untuk pengujian slump dan memasukan beton segar ke dalam cetakan benda uji. Tempat beton dapat di lihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 .Tempat beton

11. Meteran

Meteran merupakan alat bantu untuk mengukur satuan panjang, dalam penelitian ini meteran digunakan untuk mengukur penurunan dalam pengujian slump. Meteran yang digunakan dapat di lihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Meteran

12. Cetakan Kubus Beton

Cetakan kubus beton yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari baja dengan ukuran 15×15 cm. Cetakan berfungsi untuk mencetak beton segar menjadi bentuk yang sesuai dengan cetakan yang digunakan. Cetakan kubus beton dapat di lihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Cetakan kubus beton

13. Kaliper

Kaliper merupakan alat bantu ukur dengan satuan panjang yang digunakan untuk mengukur sampel benda uji. Kaliper yang digunakan memiliki ketelitian 0,05 cm seperti pada Gambar 3.16 di bawah ini.



Gambar 3.16. Kaliper

14. *Resistivitymeter*

Resistivitymeter merupakan sebuah alat uji hambatan beton yang digunakan untuk mengetahui nilai hambatan pada beton dengan mengalirkan arus gelombang melalui dua buah elektroda. Sampel beton ditempelkan pada sisi ujung kanan dan kiri dengan elrktoda dan alat selanjutnya akan menghantarkan arus listrik kedalam sampel benda uji. Alat uji hambatan beton dapat dilihat pada Gambar 3.17 di bawah ini.



Gambar 3.17. *Resistivitymeter*

15. *Ultrasonic Pulse Velocity Test*

Ultrasonic Pulse Velocity Test merupakan alat uji densitas (kepadatan) pada beton. Alat ini bekerja dengan menghantarkan gelombang ultrasonik pada sampel benda uji, kemudian alat akan membaca nilai kepadatan sampel benda uji. *Ultrasonic Pulse Velocity Test* dapat dilihat pada Gambar 3.18 berikut ini.



Gambar 3.18. *Ultrasonic Pulse Velocity Test*

16. Alat Uji Tekan Statis Beton

Alat uji tekan statis beton adalah alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan pada beton. Alat ini bekerja dengan memasukkan dimensi ukuran benda uji terlebih dahulu, dan setelahnya mesin akan memberikan tekanan pada beton secara terus menerus sampai beton hancur sesuai dengan prinsip mesinnya yaitu statis. Alat uji tekan statis dapat dilihat pada Gambar 3.19 di bawah ini.



Gambar 3.19. Alat uji tekan statis beton

17. Alat-alat tambahan penelitian :

- a. Cawan/Nampan untuk menaruh material yang akan dilakukan pengujian bahan (material).
- b. Piknometer untuk melakukan pengujian berat jenis pada agregat halus.
- c. Sekop/Cetok untuk mengambil material maupun memasukan beton ke dalam cetakan dan dalam pengujian slump.
- d. Jerigen 5 liter untuk mencampurkan air normal dengan bahan tambahan (*admixture*).
- e. Batang/stik baja untuk menumbuk maupun memadatkan beton segar pada saat pengujian slump dan ketika beton segar dimasukkan ke cetakan.

- f. Bak Perendaman khusus untuk perendaman sampel benda uji dengan menggunakan air pH basa.
- g. Bak perendaman untuk merendam sampel benda uji dengan air biasa.

3.4. Bahan Pengujian

Penelitian menggunakan beberapa bahan-bahan yang berfungsi untuk membuat sampel benda uji sebagai objek dalam penelitian ini, yaitu :

1. Agregat Halus

Agregat halus (Pasir) dalam penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari Sungai Progo. Agregat halus berfungsi untuk campuran pada beton segar. Agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20. Agregat halus

Prosedur pengujian untuk agregat halus meliputi pemeriksaan agregat seperti yang berada di bawah ini.

- a. Pengujian gradasi agregat halus (pasir) dan modulus halus butiran sesuai dengan ASTM C 136, nilai Modulus Halus Butir (MHB) yang dianjurkan berkisar antara 1,5 – 3,8. Nilai Modulus Halus Butir (MHB) dihitung berdasarkan persamaan 2.1.
- b. Pengujian berat jenis pada agregat halus (pasir) mengacu pada ASTM C 128. Batas berat jenis agregat halus (pasir) berkisar antara 2,3 – 2,6. Pengujian berat jenis agregat menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3.
- c. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus (pasir) sesuai dengan ASTM C 117, kadar lumpur maksimal yang diperbolehkan 5% dari total

berat kering. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (pasir) memakai persamaan 2.5.

- d. Pengujian kadar air agregat halus (pasir) mengacu pada ASTM C 566 dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai metode pengujian kadar air agregat halus (pasir).

2. Agregat Kasar

Agregat kasar (Kerikil) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kerikil Clereng dari Kulon Progo. Kerikil digunakan sebagai bahan campuran pada beton segar, kerikil yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21. Agregat kasar

Prosedur pengujian untuk agregat halus meliputi pemeriksaan agregat seperti yang berada di bawah ini.

- a. Pemeriksaan berat jenis agregat untuk kerikil sesuai dengan ASTM C 127. Berat jenis agregat kasar (kerikil) normal berkisar 2,5 – 2,7, agregat kasar (kerikil) berat > 2,7, dan agregat kasar (kerikil) ringan < 2,7. Pemeriksaan, menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7.
- b. Pengujian keausan pada agregat kasar (kerikil) mengacu pada ASTM C 535 dengan memakai persamaan 2.9.
- c. Pemeriksaan kadar air pada agregat kasar (kerikil) sesuai dengan ASTM C 556 dengan menggunakan persamaan 2.98.
- d. Pengujian kadar lumpur agregat kasar (kerikil) mengacu pada ASTM C 117, besar kadar lumpur maksimal adalah 1% dari berat kering agregat dengan menggunakan persamaan 2.10.

3. Semen

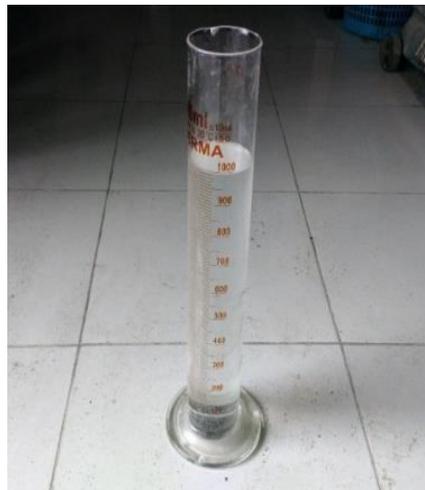
Semen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan semen berjenis PPC (*Portland Pozzolan Cement*) dengan merek “Holcim”. Semen PPC memiliki keunggulan tahan terhadap panas hidrasi, sulfat dan dapat digunakan dalam semua pembuatan beton, adapun semen dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22. Semen

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan air normal yang berasal dari jaringan air bersih Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, adapun air yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23. Air

5. Sikament NN

Sikament NN merupakan bahan tambahan (*admixture*) tipe F (*Superplasticizer*) yang digunakan dengan dicampur air normal, adapun *Sikament NN* dapat dilihat pada Gambar 3.24 berikut ini.



Gambar 3.24. *Sikament NN*

6. *Plastocrete RT06 Plus*

Plastocrete RT06 Plus merupakan bahan tambahan (*admixture*) tipe D (*Retarder*) yang digunakan dengan menuangnya setelah semua agregat halus, agregat kasar dan semen tercampur. *Plasrocrete RT06 Plus* dapat dilihat pada Gambar 3.25 berikut ini.



Gambar 3.25. *Plastocrete RT06 Plus*

3.5. Perencanaan Pencampuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan pencampuran beton (*mix desain*) dalam penelitian ini mengacu pada ACI 318, 1995 mengenai *design of normal concrete mixes, building code requirements for reinforced concrete*. Perencanaan pencampuran didasari dengan melakukan pengujian-pengujian bahan (*material*) yang akan digunakan, seperti halnya pengujian gradasi agregat berat jenis agregat, berat satuan agregat, kadar air dan lain sebagainya. Setelah didapatkan hasil perhitungan campuran untuk berat masing-masing bahan (*material*) penyusun beton, maka selanjutnya adalah pembuatan sampel benda uji yang dicetak menggunakan cetakan berbentuk kubus.

3.6. Penggunaan Bahan Tambahan (*Admixture*)

Penggunaan bahan tambahan (*admixture*) pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kinerja beton sesuai dengan bahan atau zat adiktif yang digunakan. Penelitian ini memakai *admixture* jenis *superplasticizer* yaitu *Sikament NN* dengan kadar 2,3% dari berat semen dan jenis *retarder* yaitu *Plastocrete RT06 Plus* dengan kadar pencampuran 0,6% dari berat semen. Berikut ini adalah variasi penggunaan dari kedua bahan tambahan, yaitu.

1. Beton normal dengan menggunakan bahan tambah *Plastocrete RT06 Plus* 0.6% dan *Sikament NN* 2.3% yang direndam dengan air pH normal dengan umur pengujian 3, 7, 14 dan 28 hari.
2. Beton normal dengan menggunakan bahan tambah *Plastocrete RT06 Plus* 0.6% dan *Sikament NN* 2.3% yang direndam dengan air pH basa (NaOH) dengan umur pengujian 3, 7, 14 dan 28 hari.

3.7. Pembuatan Sampel Benda Uji

Pembuatan sampel benda uji dalam penelitian ini memakai perhitungan campuran beton (*mix desain*) yang sudah direncanakan dengan masing-masing 3 sampel benda uji untuk umur pengujian 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 × 15 cm. Pencampuran bahan (material) menggunakan *mixer machine* dengan memasukan pasir, kerikil, semen, air dan bahan tambah (*admixture*) yang dicampur terlebih dahulu dengan air ke dalam *mixer machine*. *Mixer machine* diputar sampai semua bahan (material) tercampur secara menyeluruh (homogen). Pada saat memasukan beton segar ke dalam cetakan kubus, beton segar diisi 1/3 dari volume cetakan, kemudian dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali tumbukan, kemudian 1/2 hingga beton segar penuh mengisi cetakan dengan perlakuan dan penumbukan yang sama. Setelah 24 jam dalam cetakan, kemudian cetakan di lepas dan dilakukan perawatan beton (*curing*) dengan merendam sampel benda uji sampai umur pengujian durabilitas beton yang telah ditentukan.

3.8. Pengujian *Slump* Beton Segar dan Perhitungan Waktu Ikat

Pengujian slump beton dilakukan dengan memakai alat kerucut *Abram*, tongkat baja dan meteran. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecakan beton atau kemudahan dalam pengerjaan beton segar dan kekentalan adukan beton segar (*workability*). Rencana nilai slump dalam penelitian ini adalah nilai slump 7, jadi jika nilai slump sudah sesuai dengan rencana, maka adukan beton segar dapat langsung dimasukkan kedalam cetakan benda uji.

Perhitungan waktu ikat beton (*setting time*) memiliki tujuan mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk pengikatan semen terhadap semua agregat. Pada saat semua bahan sudah mulai saling mengikat, maka adukan ini tidak dapat lagi dirubah lagi, baik dalam bentuk maupun kedudukannya. Perhitungan waktu ikat dilakukan secara manual yang dimulai pada saat proses pencampuran bahan hingga tahap beton telah keras dan sudah tidak dapat diubah bentuknya.

3.9. Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton (*curing*) merupakan salah metode yang digunakan untuk menjaga suhu beton agar selalu lembab sehingga mengurangi proses hidrasi karena suhu berlebihan yang dapat menyebabkan retakan pada sampel benda uji. Metode perawatan pada beton (*curing*) dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

1. Perawatan beton dengan cara direndam didalam air.
2. Melakukan penyiraman secara rutin terhadap beton.
3. Menggunakan karung goni basah sebagai media pembungkus permukaan beton.
4. Menjaga beton dengan disimpan diruangan yang lembab.



Gambar 3.26. Perendaman beton

Penelitian ini menggunakan metode perawatan beton (*curing*) dengan direndam di dalam air, akan tetapi terdapat perbedaan perendaman karena dalam penelitian ini terdapat pengaruh air pH basa terhadap durabiliras beton. Berikut ini adalah metode perendaman yang digunakan.

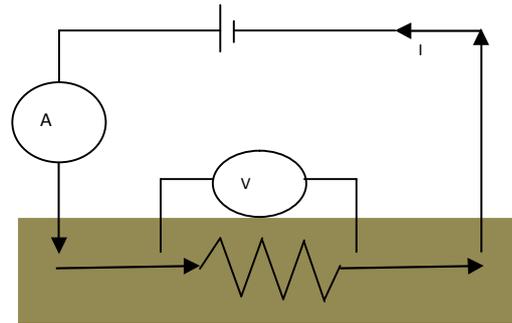
1. Setelah 24 jam beton didalam cetakan, sampel dilepas dari cetakan kemudian dimasukkan kedalam 2 bak perendaman yang berisi air normal dan air basa dengan masing-masing bak curing sebanyak 3 sampel untuk masing-masing umur pengujian.
2. Satu hari sebelum dilakukan pengujian pada umur beton 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari, beton diangkat dari masing-masing bak perendaman kemudian disimpan di suhu ruangan.
3. Setelah disimpan disuhu ruangan selama satu hari, dilakukan pengujian durabilitas terhadap sampel benda uji.

3.10. Pengujian Durabilitas Beton

Penelitian menggunakan beberapa bahan-bahan yang berfungsi untuk membuat sampel benda

1. Resistivitas

Pengujian resistivitas beton dilakukan pada umur beton yang telah direncanakan, yaitu 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Setelah sampel beton melewati proses perawatan (*curing*), sampel beton dikeringkan terlebih dahulu dengan diangin-anginkan atau pada suhu ruangan selama kurang lebih 24 jam, kemudian dihitung kehilangan beratnya setelah diangkat dari bak perendaman dan setelah 24 jam dikeringkan. Sebelum dilakukan pengujian resistivitas, beton terlebih dahulu di ukur dimensi luas penampang dan tingginya. Pengujian resistivitas beton menggunakan mesin *Resistivitymeter* merek “*GammaTech*” di Laboratorium Geofisika Universitas Gajah Mada Yogyakarta dengan menempelkan dua buah elektroda arus di sisi sampel benda uji dan 2 buah kawat seperti pada Gambar 3.27 berikut ini.

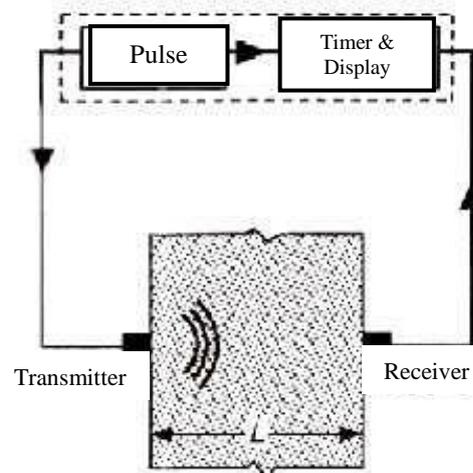


Gambar 3.27. Rangkain metode geolistrik (Timotius dkk., 2014)

Pengujian ini bertujuan mengetahui nilai resistivitas atau nilai tahanan jenis yang dimiliki oleh sampel benda uji beton dan dengan menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13.

2. Densitas

Pengujian densitas beton dilakukan pada umur beton yang telah direncanakan, yaitu 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Setelah dilakukan pengujian resistivitas, sampel benda uji beton dilanjutkan dengan pengujian densitas untuk mengetahui kepadatannya. Sebelum dilakukan pengujian, sampel benda uji terlebih dahulu di ukur dimensi luas penampang dan tingginya. Pengujian ini menggunakan mesin *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)* merek “*CNS Electronics*” di Laboratorium Struktur DTSL Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Pengujian densitas beton menggunakan persamaan 2.15 dengan skema pengujian *UPVT* pada Gambar 3.28 di bawah ini.



Gambar 3.28. Skema pengujian *UPVT* (Apriani, 2016)

Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan kalibrasi alat uji sampai mendapat nilai $0,25,8 \mu\text{S}$. Setelah alat dikalibrasi, oleskan stempel pada *transducer* agar tidak bergeser ketika ditempelkan pada sampel benda uji. *Transducer* ditempel pada kedua sisi saling berhadapan pada sampel kemudian dilakukan pembacaan terhadap waktu perpindahan (t) dan hitung kecepatan rambatan (V) pada setiap lintasan lalu hasil dirata-rata.

3. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton yang telah direncanakan, yaitu 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Setelah sampel beton melewati proses perawatan (*curing*), sampel beton dikeringkan terlebih dahulu dengan diangin-anginkan atau pada suhu ruangan selama kurang lebih 24 jam, kemudian dihitung beratnya setelah diangkat dari bak perendaman dan setelah 24 jam dikeringkan. Sebelum dilakukan pengujian tekan, beton terlebih dahulu di ukur dimensi luas penampang dan tingginya. Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin *Concrete Compression Tester Machine* merek "*Hung Ta*" dengan kapasitas maksimum 2000 kN di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk mengetahui beban maksimal yang dapat di tahan oleh sampel benda uji. Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas menggunakan persamaan 2.15 dan 2.16.