

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 UMUM

Metode penelitian adalah suatu cara untuk mengambil, menganalisis, dan mengidentifikasi variabel yang dilakukan untuk mencari jawaban atau pemecah dari pokok permasalahannya yang akan diambil terhadap penelitian yang dilakukan. Secara umum tahapan penelitian berikut ini.

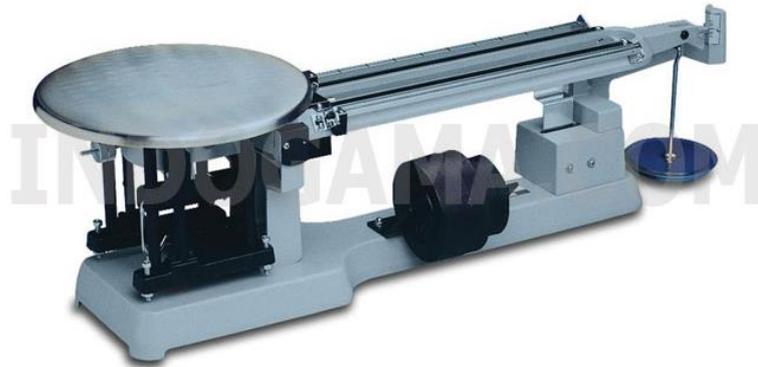
1. Tahap persiapan, meliputi pengadaan bahan dan material serta pemeriksaan alat pengujian sehingga sesuai standar yang berlaku.
2. Tahap pembuatan benda uji dan pengecekan nilai *slump* dan *slump-flow*, pada tahap ini dimulai dengan pengecekan nilai *slump* untuk beton mutu tinggi dan *slump-flow* pada SCC dan pembuatan silinder beton.
3. Tahap pengujian setelah benda uji selesai dicetak dan telah dilakukan perawatan pada pengujian karakteristik SCC yaitu kuat tekan, membaca dial untuk modulus elastisitas, kuat tarik/belah pada benda uji silinder beton.
4. Tahap pengumpulan data, meliputi data hasil pengujian di laboratorium.
5. Tahap pengolahan data, meliputi menganalisis data hasil pengujian sesuai teori dari standar yang digunakan.

4.2 PERALATAN PENELITIAN

4.2.1 Pengujian Agregat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian agregat pada penelitian ini untuk mengumpulkan data dari material sebelum *mix design* sebagai berikut ini.

1. Timbangan merk “OHAUS” dengan kapasitas 20 kg yang digunakan untuk menimbang benda uji dengan tujuan mengetahui berat benda uji tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Timbangan

2. Piknometer, berfungsi untuk pengujian kadar lumpur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Piknometer

3. Oven listrik, berfungsi untuk mengeringkan material. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Oven listrik

4. Ayakan *mesh*, berfungsi untuk memisahkan agregat sesuai ukuran ayakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Ayakan *mesh*

4.2.2 Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji dapat dilihat berikut ini.

1. *Mixer*/pengaduk beton, berfungsi untuk membuat adonan/campuran beton dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Mixer*/pengaduk beton

2. Cetakan silinder beton, berukuran rata-rata diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berfungsi untuk membuat sampel uji beton dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Cetakan silinder beton

3. Cangkul, sekop, cetok, ayakan, palu, tang, catut, dan peralatan lainnya.
4. Kaliper, alat ini digunakan untuk mengukur dimensi dari benda uji silinder beton sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik (belah) silinder beton dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kaliper

4.2.3 Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian benda uji dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Mesin *los angeles* merupakan mesin yang digunakan dalam pengujian abrasi atau mencari nilai keausan agregat kasar. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Mesin *los angeles*

2. Alat *Compression Testing Machine* (CTM), tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 kN merupakan alat uji yang digunakan untuk mengukur kuat tekan dan kuat tarik/belah silinder beton dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Mesin uji desak tipe ADR 3000

4.3 PENGUJIAN AGREGAT

4.3.1 Agregat Halus

pengujian agregat halus terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat). Untuk lebih jelasnya proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat.

Proses atau langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus sebagai berikut :

- a. mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat benda uji tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1%, mendinginkan pada suhu ruang, kemudian merendam dalam air selama 24 ± 4 jam,
- b. membuang air perendam dengan hati-hati, supaya tidak ada butiran yang hilang, kemudian menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan di

- udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh,
- c. pemeriksaan dalam keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisiskan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan meratakan permukaannya. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak,
 - d. *point* a, b, c merupakan pengecekan benda uji pada keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Apabila telah terpai SSD, maka masukkan benda uji sebanyak 500 gr ke dalam piknometer, lalu memasukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, memutar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat menggunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan dan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dan dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer,
 - e. merendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu air standart 25°C,
 - f. menambahkan air sampai mencapai tanda batas,
 - g. menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gr (Bt),
 - h. mengeluarkan benda uji, dan mengeringkannya dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}$ C sampai berat tetap, kemudian mendinginkan benda uji dalam desikator,
 - i. setelah benda uji dingin, kemudian menimbanginya kembali (Bk),
 - j. menimbang berat piknometer yang penuh dengan air (B), dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar yaitu 25°C,
 - k. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.

2. Pengujian berat isi padat.

Proses atau langkah pengujian berat isi padat pada agregat halus sebagai berikut :

- a. menggunakan benda uji dalam keadaan jenuh atau kering permukaan (SSD),
- b. menimbang cetakan silinder yang akan dijadikan dalam penelitian ini. Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
- c. meletakkan cetakan silinder ketempat yang datar,
- d. memasukkan benda uji kedalam cetakan silinder. Dalam memasukkan benda uji ke dalam cetakan silinder ada beberapa tahap yaitu Memasukkan benda uji sebanyak 1/3 dari volume isi cetakan silinder dan menumbuk benda uji yang telah dimasukkan ke dalam cetakan silinder sebanyak 25 kali, lakukan tahap tersebut sampai cetakan silinder penuh dengan benda uji lalu menimbang cetakan silinder dan benda uji untuk menentukan beratnya,
- e. setelah melakukan proses pada tahap e, maka berat isi padat pada agregat sudah bisa dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.5.

3. Pengujian analisa saringan.

Proses atau langkah pengujian analisa saringan pada agregat halus sebagai berikut :

- a. mengeringkan benda uji dalam *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian yang tinggi, sebaiknya melakukan pengujian minimal 2 kali,
- b. mengeluarkan benda uji dari *oven*, kemudian mendinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1-3 jam,
- c. *point* a dan b merupakan suatu proses dalam membuat benda uji agar menjadi kering mutlak. Setelah benda uji kering oven, selanjutnya menimbang benda uji sebanyak 2000 gram,
- d. menyusun saringan dari lubang yang paling besar (atas) ke lubang yang kecil (bawah) sesuai urutan lubang ayakan yang dianjurkan pada rencana

penelitian. memasukkan benda uji ke dalam ayakan, selanjutnya meletakkan ayakan pada mesin penguncang. Apabila mesin penguncang tidak ada, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual,

- e. menggetarkan mesin ayakan sekitar 10-15 menit,
 - f. mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan diletakkan masing-masing pada cawan (jangan sampai ada yang tercecer),
 - g. menimbang dan mencatat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk saringan yang lubang besar dan kuas untuk lubang yang kecil/halus,
 - h. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.
4. Pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat).

Proses atau langkah pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat) sebagai berikut :

- a. menggunakan benda uji dalam keadaan kering *oven*,
- b. meletakkan benda uji diatas saringan dan mengalirkan air diatasnya,
- c. menggerakkan benda uji dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, aliri air secukupnya sehingga bagian yang halus menembus saringan no. 200 dan bagian yang kasar tertinggal diatasnya,
- d. mengulangi pekerjaan pada *point c* hingga air pencucian menjadi jernih,
- e. mengeringkan benda uji dalam *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Setelah kering, melakukan penimbangan benda uji dengan ketelitian 0,1 gram,
- f. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.

4.3.2 Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan Pengujian abrasi/keausan agregat dengan mesin *los angeles*. Untuk lebih jelasnya proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar.

Proses atau langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar sebagai berikut :

- a. mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat benda uji tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1%, mendinginkan pada suhu ruang, kemudian merendam dalam air selama 24 ± 4 jam,
- b. membuang air perendam dengan hati-hati, supaya tidak ada butiran yang hilang, kemudian menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh,
- c. pemeriksaan dalam keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan meratakan permukaannya. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak,
- d. *point* a, b, c merupakan pengecekan benda uji pada keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Apabila telah terpai SSD, maka masukkan benda uji sebanyak 500 gr ke dalam piknometer, lalu memasukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, memutar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat menggunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan dan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dan dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer,
- e. merendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu air standart 25°C ,
- f. menambahkan air sampai mencapai tanda batas,
- g. menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gr (Bt),

- h. mengeluarkan benda uji, dan mengeringkannya dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat tetap, kemudian mendinginkan benda uji dalam desikator,
 - i. setelah benda uji dingin, kemudian menimbangya kembali (Bk),
 - j. menimbang berat piknometer yang penguh dengan air (B), dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar yaitu 25°C ,
 - k. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.
2. Pengujian berat isi padat.
- Pengujian berat isi padat pada agregat kasar proses dan langkah pengujiannya sama dengan pengujian isi padat pada agregat halus dan dalam analisis hasil pengujian menggunakan persamaan 3.5.
3. Pengujian analisa saringan.
- Proses atau langkah pengujian analisa saringan pada agregat kasar sebagai berikut :
- a. mengeringkan benda uji dalam *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat tetap. Untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian yang tinggi, sebaiknya melakukan pengujian minimal 2 kali,
 - b. mengeluarkan benda uji dari *oven*, kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 1-3 jam,
 - c. *point* a dan b merupakan suatu proses dalam membuat benda uji agar menjadi kering mutlak. Setelah benda uji kering oven, selanjutnya menimbang benda uji sebanyak 5000 gram,
 - d. menyusun saringan dari lubang yang paling besar ke lubang yang kecil sesuai urutan lubang ayakan yang dianjurkan pada rencana penelitian. memasukkan benda uji ke dalam ayakan, selanjutnya meletakkan ayakan pada mesin penguncang. Apabila mesin penguncang tidak ada, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual,
 - e. menggetarkan mesin ayakan sekitar 10-15 menit,

- f. mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan diletakkan masing-masing pada cawan (jangan sampai ada yang tercecer),
 - g. menimbang dan mencatat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk saringan yang lubang besar dan kuas untuk lubang yang kecil/halus,
 - h. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis,
3. Pengujian keausan agregat dengan mesin *los angeles*.
- Proses atau langkah pengujian keausan agregat kasar dengan mesin *los angeles* sebagai berikut :
- a. mencuci/merendam benda uji, setelah mencuci/merendam benda uji lalu benda uji dimasukkan ke dalam *oven* untuk mengeringkannya dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$,
 - b. menimbang benda uji yang sudah kering oven sebesar 5000 gram,
 - c. setelah menimbang benda uji, lalu memasukkan benda uji ke dalam mesin pengujian *los angeles* dengan 500 kali putaran,
 - d. setelah selesai dari *point* c, maka selanjutnya menyaring keseluruhan benda uji dengan saringan no. 12,
 - e. setelah menyaring benda uji, selanjutnya menimbang benda uji yang tertahan saringan no.12 dan mencatat beratnya,
 - f. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis,

4.4 MIX DESIGN BETON DAN JUMLAH BENDA UJI

Sebelum memasuki tahap pembuatan sampel silinder beton pada penelitian ini, harus mendesain dan menghitung terlebih dahulu komposisi campuran (*mix design*) mutu tinggi dan SCC yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji.

Menurut SNI 03-2847-2002, ketentuan jumlah benda uji sebagai berikut.

1. banyaknya benda uji minimum 3 buah untuk setiap jenis (umur dan kondisi pengujian).

2. bila sampel benda uji mencakup variabel yang ditentukan dibuat 3 kali, maka adukan terpisah dari berbagai umur dan pengujian.
3. umur kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari.
4. umur kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambah jenis mempercepat waktu pengikatan atau menggunakan jenis semen tipe III, maka pengujian juga dilakukan pada umur beton 3 hari, serta 14 dan 28 hari (untuk kuat lentur).

Dari penjelasan tersebut, maka jumlah benda uji yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah benda uji silinder beton non SCC (BN) dan SCC

No.	Kode benda uji	Variasi campuran (%)		Jenis pengujian		Total (bh)	Jumlah benda uji pada umur beton 7, 14, 21, dan 28 hari (bh)
		<i>Silica fume</i>	<i>Superplasticizer</i>	Kuat tekan (bh)	Kuat tarik/belah (bh)		
1.	BN	0	0	3	3	6	24
2.	SCC-1	10	0,8	3	3	6	24
3.	SCC-2	10	1,0	3	3	6	24
4.	SCC-3	10	1,2	3	3	6	24
5.	SCC-4	10	1,4	3	3	6	24
6.	SCC-5	10	1,6	3	3	6	24
7.	Total Keseluruhan						144

4.5 PELAKSANAAN PENELITIAN SCC

Pada tahap ini dimulai dengan pengadaan bahan dan material, pembuatan benda uji, dan penyiapan alat pengujian. Bahan dan material harus melalui pemeriksaan yang sesuai peraturan yang berlaku agar mendapatkan kualitas yang baik.

4.5.1 Pembuatan Benda Uji

Tahapan umum dalam pembuatan benda uji silinder beton setelah dilakukan pengujian agregat halus dan agregat kasar (analisa saringan dan penyerapan air, berat jenis, berat volume padat, analisa saringan, pengujian kandungan lumpur dalam agregat, dan keausan pada agregat) sebelum melakukan perancangan campuran/*mix design*.

Perancangan campuran/*mix design* penelitian ini menggunakan metode SNI 03-6468-2000, yang umum dipakai di Indonesia untuk perancangan campuran beton mutu tinggi. Dalam penyusunan komposisi bahan untuk *mix design* lebih disederhanakan dengan menentukan variabel tetap dan variabel yang berubah, dapat dilihat berikut ini.

1. Variabel tetap, sebagai berikut :
 - a. pasir,
 - b. kerikil,
 - c. persentase penggunaan *silica fume*, yaitu 10 % dari berat semen,
 - d. Faktor air semen (FAS) maksimal 0,3.
2. Variabel berubah, berikut ini :
 - a. semen,
 - b. air,
 - c. persentase penambahan *superplasticizer*, yaitu 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,4%, dan 1,6% dari berat semen.

Benda uji silinder beton yang digunakan berukuran rata-rata diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Tahap pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. menyiapkan alat-alat yang diperlukan dalam pengecoran,
2. menyiapkan bahan, masing-masing sesuai ukuran yang ditentukan,
3. memasukkan kerikil ditambah air kedalam mesin *mixer*/pengaduk, aduk sampai merata,
4. memasukkan semen ditambah air kedalam mesin pengaduk, aduk sampai merata,
5. kemudian masukkan pasir ditambah sisa air yang ada,
6. berikutnya, masukkan *superplasticizer*. Minimal waktu pengadukan setelah ditambahkan *superplasticizer* adalah 3 menit,
7. pengadukan dilakukan sampai adukan merata/homogen, untuk menghindari terjadinya segregasi,
8. setelah pengadukan selesai, untuk campuran beton mutu tinggi dilakukan pengecekan nilai *slump*,
9. kemudian dilakukan *slump-flow test* untuk mengukur diameter sebaran SCC,

10. mencetak benda uji silinder beton dapat dilakukan setelah pengecekan persyaratan nilai *slump* pada beton mutu tinggi dan *slump-flow test* pada SCC,
11. mendinginkan beton yang sudah dicetak selama 24 jam, apabila sudah 24 jam benda uji silinder beton sudah dapat dibongkar dari cetakan,
12. perawatan beton mutu tinggi dan SCC sama seperti beton normal, yaitu dengan cara merendam benda uji sampai umur yang telah ditentukan dan dilaksanakan pengujian kuat tekan dan kuat tarik/belah. Perendaman ini dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton yang dapat mempengaruhi kekuatan beton.

4.5.2 Pengujian Sampel Benda Uji

1. Kuat tekan beton.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton terhadap pengaruh penambahan *superplasticizer viscocrete* 1003 dari benda uji silinder beton yang dibuat berdasarkan *mix design*. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah pengecoran. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. sehari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam,
 - b. sebelum melakukan pengujian, benda uji dijemur atau diangin-anginkan guna mengeringkan benda uji,
 - c. menimbang benda uji terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji,
 - d. setelah proses dari *point* a sampai c selesai, maka benda uji siap diuji dengan menggunakan alat CTM. Kemudian diuji sampai pecah dan dilakukan peninjauan nilai kuat tekan,
 - e. menganalisis hasil pengujian menggunakan rumus persamaan 3.20.
2. Modulus elastisitas beton.
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan regangan yang terjadi pada pengujian beton, pengujian modulus elastisitas beton bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton, karena ke dua pengujian tersebut saling

berhubungan, pada saat proses pengambilan data pengujian modulus elastisitas benda uji dipasang alat dial yang berguna untuk membaca perpendekan beton pada saat beton itu diberi beban. Tolok ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1999). Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 8.5.1, dalam menghitung modulus elastisitas pada beton yang sudah diketahui beratnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.28. sedangkan untuk beton yang belum diketahui beratnya dapat menghitung modulus elastisitas dengan menggunakan persamaan 3.29.

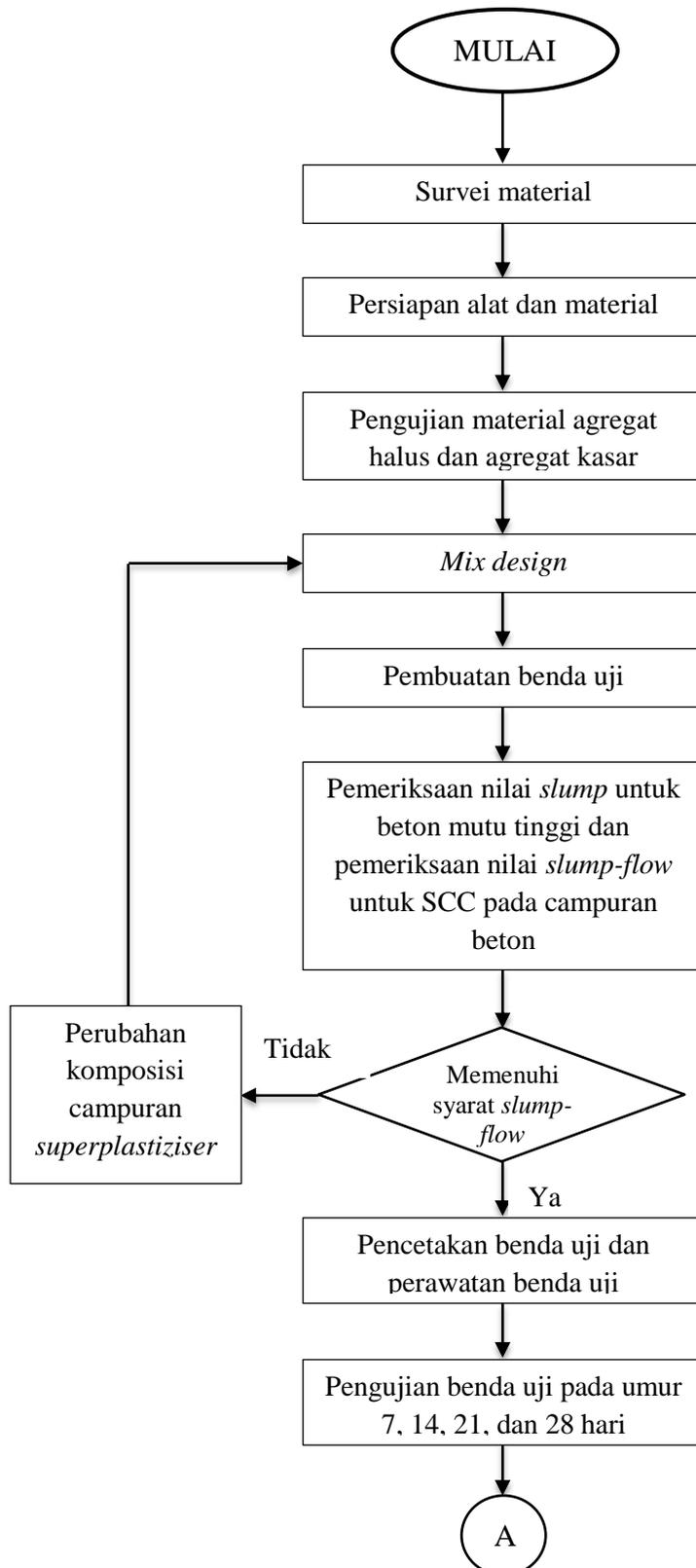
3. Kuat tarik/belah beton.

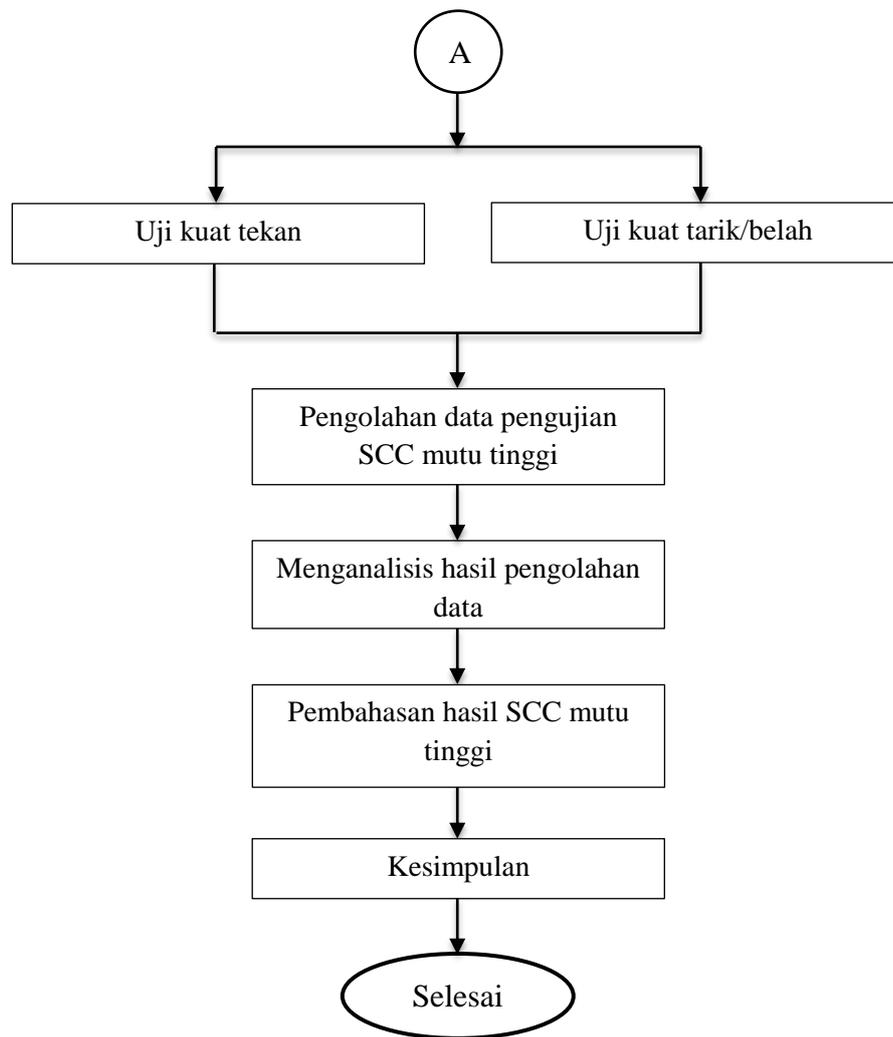
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik/belah dan pengaruh penambahan *superplasticizer viscocrete 1003* terhadap benda uji silinder beton. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari setelah pengecoran. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. satu hari sebelum pengujian, mengeluarkan benda uji dari bak perendam.
- b. sebelum melakukan pengujian, benda uji silinder beton harus dikeringkan dengan cara dijemur atau diangin-anginkan.
- c. setelah benda uji kering, selanjutnya menimbang benda uji untuk mengetahui beratnya.
- d. setelah proses *point* a sampai c sudah dilakukan, selanjutnya pengujian sudah bisa dilakukan dengan cara meletakkan benda uji pada mesin uji tekan dengan alat CTM. Kemudian dilakukan pengujian sampai beton tersebut mencapai kekuatan maksimum. Setelah pengujian dilakukan, selanjutnya mencatat hasil dari pengujian dan melakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan 3.30.

4.6 KERANGKA KONSEP PENELITIAN

Dari penjelasan tersebut dapat digambarkan skema penelitian megikuti alur *flow chart* dapat dilihat pada Gambar 4.10.





Gambar 4.10 *Flow chart* tahapan pengujian benda uji di laboratorium