

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai kuat tekan awal beton ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

B. Data Primer

Data primer berupa data yang diambil dari hasil pengujian benda uji dalam penelitian, dimana data yang dimaksud adalah data hasil pengujian benda uji beton. Benda uji yang digunakan adalah beton silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang direncanakan untuk mencapai kekuatan 40 MPa pada umur 28 hari berdasarkan ketentuan dari SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Beton Segar. Benda uji dibuat dalam 4 variasi campuran beton yang akan diuji pada umur beton 3 hari, 7 hari dan 28 hari.

C. Desain Penelitian

Desain penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan diameter 30 cm dengan 4 variasi campuran beton. Benda uji silinder beton yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan 4 variasi campuran beton meliputi 3 beton normal (B,C,D) dengan beberapa variasi bahan tambah berupa SikaFume dan SikamentNN sebagai bahan penelitian dan 1 beton normal (A) tanpa bahan tambah sebagai pembanding. Variasi bahan tambah yang digunakan berupa *silica fume* (SikaFume) yaitu 3%, 6% dan 10% yang ditentukan dari berat semen dan ditentukan nilai *superplasticizer* (Sikament NN) tetap yaitu sebesar 1% dari berat semen untuk tiap variasi *silica fume*. Untuk jumlah Sikament NN dilakukan konversi dari satuan berat (kg) ke satuan volume (liter) berdasarkan berat jenisnya yaitu 1,2 kg/liter. Pada campuran beton dengan penambahan *silica fume* (SikaFume), dilakukan pengurangan pada jumlah berat semen sebesar berat *silica fume* (SikaFume) yang digunakan untuk masing-masing kadarnya. Variasi bahan tambah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Variasi bahan tambah yang digunakan dalam penelitian

Kode	Bahan Tambah	
	SikaFume	SikamentNN
A	0%	0%
B	1%	1%
C	6%	1%
D	10%	1%

Benda uji dibuat sebanyak 36 buah dengan 9 benda uji untuk tiap variasi benda uji dan akan diuji tekan pada umur 3, 7 dan 28 hari.

D. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari proses pengumpulan data, pengadaan bahan material, pemeriksaan bahan material, pembuatan *mix design*, pencetakan benda uji, pemeliharaan benda uji dan pengujian kuat tekan, sehingga didapatkan suatu hasil penelitian.

E. Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terdapat pada uraian berikut ini.

1. Semen *Portland Pozzolan Cement (PCC)* dengan merek Gresik kemasan 40 kg yang berfungsi sebagai perekat antar agregat.
2. Agregat halus yang berupa pasir Merapi, Sleman, Yogyakarta yang diambil di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Agregat kasar berupa kerikil Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta yang diambil di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Air bersih yang diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Bahan tambah berupa *silica fume* merek SikaFume produksi PT. SIKA yang berfungsi sebagai *filler* dan pengganti sebagian semen.

6. Bahan Tambah kimia berupa *superplasticizer* merek Sikament NN produksi PT. SIKA yang berfungsi sebagai *accelerator*.

F. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dari pemeriksaan bahan hingga pengujian benda uji, dengan uraian berikut ini.

1. Gelas ukur kapasitas maksimum 1000 ml dengan merek *MC*, untuk menakar volume air,
2. Tabung *Erlenmeyer* dengan merek *Pyrex*, untuk pemeriksaan berat jenis,
3. Timbangan merek *Ohaus* dengan ketelitian $\pm 0,1$ gram, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton,
4. Saringan dan mesin ayakan, untuk mengetahui gradasi dari agregat halus,
5. *Oven*, untuk pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton,
6. Sekop, cetok dan talam, untuk menampung dan mengaduk dan menuang adukan beton ke dalam cetakan,
7. Wajan dan Nampan besi untuk tempat mencampur dan mengaduk campuran benda uji,
8. Mesin Molen untuk melakukan pencampuran dan pengadukan campuran benda uji dengan volume lebih besar,
9. Kerucut Abrams, untuk menguji nilai *slump* beton,
10. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm,
11. Mesin uji tekan beton merek *Hung Ta*, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari beton,
12. Mistar dan *Kaliper*, untuk mengukur dimensi dari alat-alat benda uji.

G. Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan melalui beberapa jenis pengujian yang dilakukan terhadap material berupa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan pada penelitian. Beberapa jenis pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kadar lumpur, kadar air, berat satuan, pengujian keausan dengan mesin Los Angeles, analisis gradasi butiran, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat. Pengujian dilakukan sesuai dengan ketentuan dan persyaratan SNI untuk tiap jenis pengujiannya.

1. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur dari agregat kasar maupun halus sehingga dapat ditentukan apakah nilai kadar lumpur dari agregat yang akan digunakan dalam penelitian sesuai dengan persyaratan. Pengujian dilakukan menggunakan 3 benda uji untuk masing-masing jenis agregat untuk dicari nilai rata-rata dari ketiga benda ujinya. Benda uji untuk agregat halus adalah 500 gram pasir dengan butiran lolos ayakan 4,8 mm dan tertahan pada ayakan no.200 (0,075 mm), sedangkan untuk agregat kasar digunakan kerikil dengan butiran lolos ayakan 19 mm sebanyak 5000 gram untuk tiap benda ujinya. Kadar lumpur pada agregat perlu diuji untuk mengetahui kondisi agregat yang dipakai apakah termasuk pada kategori bersih atau kotor. Apabila agregat yang dipakai termasuk kategori kotor maka diperlukan perlakuan khusus berupa pencucian sehingga nilai kadar lumpur dapat berkurang hingga masuk ke dalam kategori bersih. Kandungan lumpur pada permukaan butiran agregat dapat mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan maupun ketahanan beton. Langkah pengujian kadar air adalah sebagai berikut:

- a. agregat dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap, kemudian diambil 500 gram untuk agregat halus dan 5000 gram untuk agregat kasar,
- b. agregat dimasukkan ke dalam wadah pencuci dan ditambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam,
- c. wadah digoncang-goncangkan lalu dituangkan ke dalam ayakan no.200,
- d. ulangi langkah (c.) sampai air cucian tampak jernih/tidak keruh,
- e. butir-butir yang tersisa di ayakan no.200 dimasukkan ke dalam wadah dan dikeringkan kembali dalam oven selama ± 24 jam,
- f. agregat setelah kering oven ditimbang kembali, dan
- g. wadah ditimbang dan dicatat beratnya.

2. Pengujian Keausan dengan Mesin Los Angeles

Pengujian keausan dilakukan menggunakan Mesin Los Angeles untuk mengetahui tingkat keausan atau abrasi dari agregat kasar. Pada beton kekuatan normal, nilai keausan untuk agregat kasar disyaratkan untuk tidak lebih dari 40%. Prosedur pengujian keausan agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 2417:2008 tentang Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Benda uji ditentukan berdasarkan cara pengujian “B” menurut Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji seperti pada Tabel 4.2. Benda uji yang digunakan yaitu kerikil lolos saringan 19 mm dan tertahan 12,5 mm sebanyak $2500 \pm$ gram dan kerikil lolos saringan 12,5 mm dan tertahan 9,5 mm sebanyak $2500 \pm$ gram dengan jumlah bola baja yang digunakan adalah 11 buah. Pengujian dilakukan dengan jumlah putaran 500 kali dan dilakukan sebanyak 3 kali dengan 3 benda uji sehingga dapat diketahui nilai rata-rata keausan agregat.

Tabel 4.2 Daftar gradasi dan berat benda uji (SNI 2417:2008)

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)						
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
50	2,0	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000 ± 50	5000 ± 50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250± 25	-	-	---	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No. 4	2,36	No. 8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	6	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

Langkah pengujian keausan dengan mesin Los Angeles adalah sebagai berikut:

- agregat kasar Gradasi B dicuci dan dikeringkan pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap,
- benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles,
- putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm, jumlah putaran gradasi B adalah 500 putaran, dan

- d. setelah selesai pemutaran, benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian disaring dengan saringan no.12 (1,7 mm), butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap.

3. Pengujian Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terkandung pada butir-butir agregat. Pengujian ini dilakukan pada dua jenis agregat yang digunakan yaitu agregat kasar dan pasir. Tiap jenis agregat diuji kadar airnya menggunakan 3 benda uji dengan berat 500 gram untuk agregat halus dan 1000 gram untuk agregat kasar. Dari ketiga sampel yang diuji akan diketahui nilai rata-ratanya untuk nilai kadar airnya. Adapun langkah-langkah pengujian kadar air berdasarkan SNI 03-1971-1990 adalah sebagai berikut:

- a. wadah ditimbang dan dicatat beratnya,
 - b. agregat dimasukkan ke dalam wadah kemudian ditimbang dan dicatat beratnya,
 - c. berat benda uji agregat dihitung,
 - d. agregat di dalam wadah dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap,
 - e. setelah kering kemudian ditimbang dan dicatat berat agregat dan wadahnya, dan
 - f. dihitung berat agregat kering.
- ### 4. Analisis Gradasi Butiran

Untuk mengetahui distribusi butir dari suatu agregat perlu dilakukan analisis gradasi butiran dengan melakukan pengayakan pada benda uji agregat halus (pasir) menggunakan mesin ayak. Pengujian dilakukan dengan memasukkan benda uji pada mesin ayak yang sudah dipasang suatu set ayakan (saringan no.4, 8, 16, 30, 50, 100 dan pan) untuk kemudian dilakukan pengayakan selama ± 15 menit. Benda uji yang digunakan berupa Pasir Merapi yang lolos saringan 4,8 mm sebanyak 1000 gram. pengujian ini dilakukan untuk 3 benda uji sehingga dapat diketahui

nilai rata-rata dari modulus halus butir (MHB) dan mengetahui daerah gradasi dari pasir yang berfungsi dalam pembuatan *mix design* beton.

Modulus halus butir (MHB) merupakan jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal pada suatu set ayakan dan kemudian dibagi dengan jumlah persen berat tertahan (100%).

Untuk mengetahui daerah gradasi dari pasir terlebih dahulu dilakukan analisis hitung dari hasil pengayakan sehingga didapatkan persen berat lolos kumulatif untuk tiap nomor saringan. Kemudian dicocokkan dengan persyaratan daerah gradasi menurut SNI 03-2834-2000 untuk mengetahui daerah gradasinya. Ada 4 daerah gradasi berdasarkan persen berat lolosnya seperti yang terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Gradasi kekasaran pasir (Tjokrodimuljo, 2007)

Lubang (mm)	% <u>Berat Butir Lolos Saringan</u>			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

5. Pengujian Berat Satuan Agregat

Pengujian ini dilakukan pada agregat kasar dan halus dengan masing-masing jenis agregat menggunakan tiga benda uji untuk kemudian dihitung nilai rata-rata dari berat satuannya. Berat satuan agregat adalah berat agregat dalam satu volume cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Terdapat dua kondisi dalam pengujian berat satuan yaitu kondisi padat dan kondisi gembur. Untuk kondisi padat dapat dilakukan dengan cara tusuk dan ketuk.

Cara tusuk:

- a. penakar diisi sepertiga dari volume penuh dan diratakan dengan batang perata,

- b. lapisan agregat ditusuk dengan 25 kali tusukan dengan batang penusuk,
- c. diisi kembali sampai volume menjadi dua per tiga penuh kemudian diratakan dan ditusuk seperti diatas,
- d. diisi kembali sampai berlebih dan ditusuk lagi,
- e. permukaan agregat diratakan dengan batang perata,
- f. ditentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri,
- g. dicatat dengan ketelitian 0,05 kg, dan
- h. dihitung berat satuan agregat.

Cara ketuk:

- a. penakar diisi agregat dalam tiga tahap seperti cara sebelumnya,
- b. setiap lapisan dipadatkan dengan cara mengetuk-ngetukkan bagian atas penakar secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak 50 kali,
- c. permukaan agregat diratakan dengan batang perata sampai rata,
- d. ditentukan berat penakar dan isinya sama seperti cara sebelumnya, dan
- e. hitung berat satuan agregat.

Untuk kondisi gembur langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. penakar diisi dengan agregat memakai sekop atau sendok secara, berlebihan dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
- b. permukaan diratakan dengan batang perata,
- c. ditentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri,
- d. dicatat beratnya dengan ketelitian 0,05 kg, dan
- e. dihitung berat satuan agregat.

6. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka, berat jenis jenuh semu/tampak dan persentase penyerapan air pada agregat. Pengujian ini dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus dengan metode yang berbeda untuk masing-masing jenis agregat. Pada pengujian agregat halus digunakan benda uji pasir yang butirannya lolos ayakan 4,8 mm sebanyak 500 gram untuk satu benda uji. Langkah pengujian berat jenis dan penyerapan pasir

berdasarkan SNI 03-1970-1990 dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap. Kemudian direndam dalam air selama 24 jam,
- b. buang air perendam dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbuang lalu pasir dikeringkan hingga mencapai keadaan jenuh kering muka (SSD),
- c. pasir dengan keadaan jenuh kering muka dimasukkan ke dalam piknometer sekitar 500 gram. Kemudian ditambahkan air suling hingga 90% penuh. Piknometer diputar dan dibolak-balikkan untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap diantara butiran pasir. Selain dengan cara tersebut dapat juga dilakukan dengan memanaskan piknometer,
- d. ditambahkan air pada piknometer hingga batas penuh agar gelembung yang sudah naik ke permukaan dapat dibuang,
- e. piknometer yang sudah ditambahkan air hingga 100% kemudian ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram (B_i),
- f. pasir dikeluarkan dari piknometer dan dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap, penimbangan dilakukan setelah pasir dikeringkan dan didinginkan dalam desikator (B_k), dan
- g. piknometer kosong diisi air hingga 100% penuh kemudian ditimbang (B).

Sedangkan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar digunakan kerikil dengan butiran yang tertahan pada lubang ayakan 4,8 mm sebanyak 5000 gram untuk satu benda uji. Langkah dalam pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. kerikil dicuci untuk menghilangkan debu atau korotan yang ada pada permukaan butir kerikil,
- b. kerikil dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap,

- c. kerikil didinginkan hingga mencapai temperatur kamar selama ± 3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram (B_k),
- d. kerikil direndam dalam air dengan temperatur kamar selama ± 24 jam,
- e. kerikil dikeluarkan dari dalam rendaman air, kemudian dilakukan pengelapan menggunakan kain hingga kondisinya jenuh kering muka,
- f. kerikil ditimbang pada keadaan jenuh kering muka (B_j), dan
- g. kerikil dimasukkan ke dalam keranjang kawat, kemudian digerakkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap diantara butiran kerikil, lalu ditimbang di dalam air (B_a).

Pengujian berat jenis dan penyerapan untuk agregat halus dan kasar dilakukan masing-masing tiga kali pengujian menggunakan tiga benda uji sehingga dapat diketahui nilai rata-rata berat jenis dan penyerapan airnya. Berat jenis jenuh kering muka rata-rata agregat halus dan kasar digunakan untuk perencanaan campuran beton atau *mix design* berdasarkan SNI 03-2834-2000.

H. Pembuatan *Mix Design*

Pembuatan *mix design* atau rencana campuran pada penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Dari hasil pengujian material agregat yang telah dilakukan sebelumnya digunakan daerah gradasi butiran, berat jenis agregat kasar dan berat jenis agregat halus sebagai dasar pembuatan campuran beton normal dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu 40 MPa pada umur 28 hari. Setelah didapatkan berat material untuk satu benda uji dari perencanaan campuran beton, ditentukan berat tiap material untuk satu kali pengadukan. Satu kali pengadukan pada penelitian ini dilakukan untuk tiga benda uji sehingga berat satu benda uji dari hasil perencanaan campuran dikali tiga.

I. Pencetakan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan 3 buah benda uji untuk tiap jenis variasi sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak 36 buah benda uji. Benda uji yang digunakan berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengadukan beton dilakukan secara otomatis menggunakan mesin pengaduk. Pada proses pengadukan beton terlebih dahulu dimasukkan material berupa

agregat kasar dan halus, semen dan bahan tambah aditif (untuk variasi B, C dan D). Kemudian diputar dan diberi air pencampur sebanyak sepertiga dari jumlah air pencampur sebanyak tiga kali. Pada penuangan air pencampur yang terakhir disertai dengan bahan tambah *superplasticizer* (untuk variasi B, C dan D). setelah tercampur rata kemudian adukan beton dikeluarkan di atas nampan besi untuk selanjutnya dilakukan uji *slump*. Setelah dilakukan uji *slump* dilakukan pencetakan benda uji ke dalam cetakan silinder dengan cara memasukkan adukan beton tiap sepertiga volume penuh cetakan kemudian ditusuk-tusuk menggunakan tongkat besi sebanyak 25 kali untuk tiap lapisannya. Setelah lapisan terakhir selesai ditusuk-tusuk kemudian permukaannya diratakan menggunakan sekop.

J. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji pada penelitian ini adalah berupa perencanaan benda uji di dalam air. Terlebih dahulu dilakukan pembukaan cetakan benda uji yang dilakukan 24 jam \pm 8 jam setelah pencetakan kemudian ditimbang dan diberi kode berdasarkan variasi campurannya. Benda uji yang telah dibuka dari cetakannya kemudian direndam dalam air pada temperatur $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ hingga saat hari pengujian untuk umur beton yang diinginkan. Sebelum dilakukan pengujian tekan, beton diangkat dan didiamkan dalam suhu ruangan sampai siap untuk diuji kuat tekannya

K. Pengujian Kuat Tekan

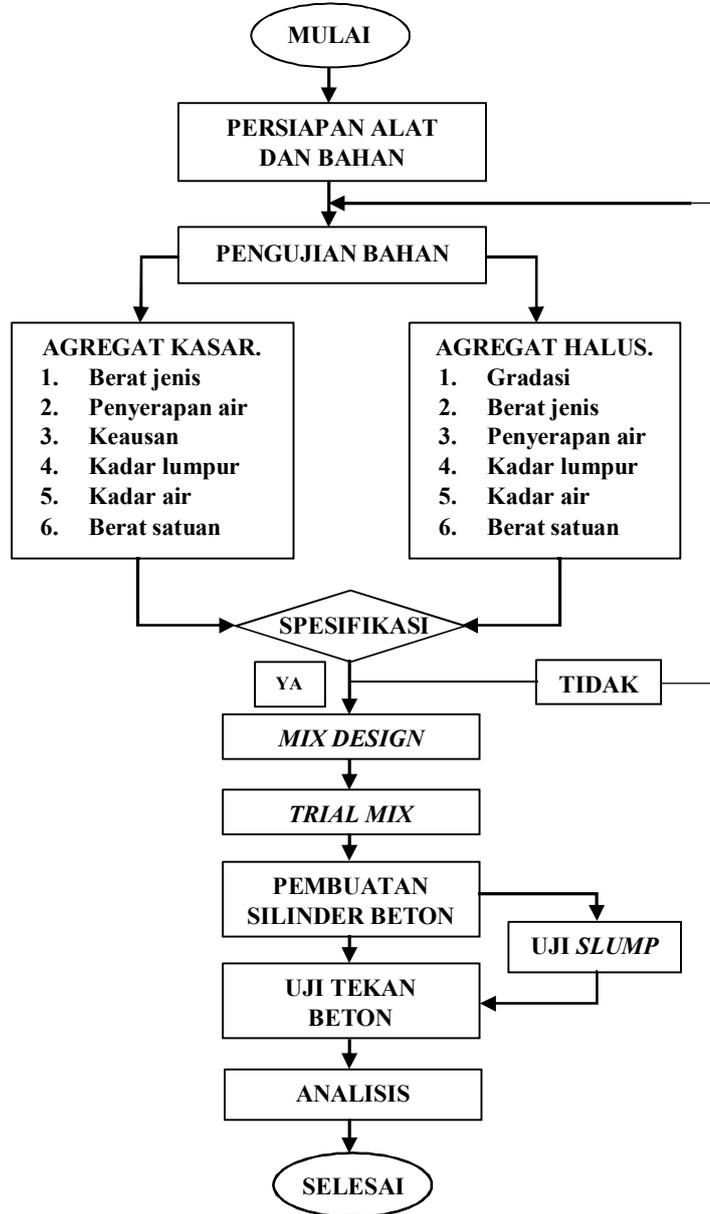
Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur beton sudah mencapai umur yang diinginkan yaitu pada penelitian ini adalah pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Beton yang akan diuji tekan terlebih dahulu diukur berat dan dimensi dari silinder beton. Pengujian kuat tekan dilakukan secara otomatis menggunakan mesin untuk mengetahui beban terberat yang dapat ditahan oleh silinder beton hingga hancur. Setelah dilakukan pengujian dilakukan analisis untuk nilai kuat tekan dari beton.

L. Analisis Hasil

Setelah semua urutan penelitian terlaksana, maka akan didapatkan beberapa data yang digunakan untuk membuat pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini. Adapun data yang didapatkan adalah data pemeriksaan material

penyusun beton, nilai *slump* dan nilai uji kuat tekan beton yang nantinya akan dianalisis.

M. Prosedur Pelaksanaan Penelitian



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian