



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada penelitian ini akan dipelajari tentang pengaruh ukuran nominal maksimum agregat terhadap kuat tekan dan kuat lentur. Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, diperlukan metode penelitian supaya mendapatkan hasil yang diharapkan. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Metode penelitian ini harus memerhatikan hal-hal berikut:

- a. prosedur
- b. langkah langkah yang harus ditempuh
- c. waktu penelitian
- d. sumber data yang kemudian akan diproses serta dianalisis.

3.2 Lokasi dan Waktu Pengujian

1. Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata dan Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

2. Waktu

- a. Penelitian dimulai awal bulan Juni 2021
- b. Pengujian dilakukan pada awal bulan Juli 2021

3.3 Alat dan Bahan Penyusun Beton

Penggunaan alat dan bahan sangat penting dipersiapkan terlebih dahulu. Hal itu dikarenakan supaya proses penelitian dapat berjalan dengan baik. Berikut adalah uraian alat dan bahan yang digunakan.

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :



a. *Compression testing machine*

Alat ini memiliki kapasitas tekan maksimum 2000 kN dengan ketelitian 5 N.

Alat ini berfungsi untuk mengetahui nilai kuat tekan yang dimiliki oleh beton.



Gambar 3.1 *Compression Testing Machine*

b. Bak air

Bak air untuk merendam benda uji selama proses *curing*. Perendaman benda uji dilakukan selama 28 hari.



Gambar 3.2 Bak Perendaman Beton

c. Timbangan digital;

Digunakan untuk mengukur berat pasir, kerikil dan semen



Gambar 3.3 Timbangan Digital

d. Molen (*concrete mixer*)

Alat ini mempunyai fungsi yaitu mengaduk bahan penyusun beton sehingga diperoleh campuran yang homogen.



Gambar 3.4 Molen

e. Saringan

Ukuran saringan yang digunakan adalah 4,75 mm, 2,36 mm dan 1,18 mm. Saringan berfungsi untuk mengetahui gradasi agregat kasar dan halus yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3.5 Saringan



f. Mesin *Los Angeles*

Alat ini digunakan untuk menguji abrasi atau keausan pada agregat kasar



Gambar 3.6 Mesin *Los Angeles*

g. *Flexural testing machine*

Alat ini digunakan untuk mengetahui nilai kuat lentur pada suatu beton yang diberi beban terpusat.



Gambar 3.7 *Flexural Testing Machine*

h. Cetakan beton berbentuk balok dengan ukuran 15cm x 15cm x 60cm.

Alat ini berfungsi mencetak benda uji beton berbentuk balok. Tiap pelat disatukan dengan menggunakan baut.



Gambar 3.8 Cetakan Balok Beton



i. Cetakan beton berbentuk silinder diameter 15cm x 30cm

Alat ini berguna untuk mencetak benda uji beton berbentuk silinder. Tiap pelat disatukan dengan menggunakan baut.



Gambar 3.9 Cetakan Silinder Beton

j. Ember

Digunakan untuk menaruh campuran agregat halus, kasar dan semen pada saat akan dimasukkan ke dalam mesin molen.



Gambar 3.10 Ember

k. Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat halus dan agregat kasar untuk mengetahui beberapa sifat dari agregat halus dan agregat kasar. Pengovenan dilakukan selama 24 jam dengan suhu 110°C



Gambar 3.11 Oven

1. *Sand conical mould*

Sand conical mould digunakan untuk mengecek apakah pasir sudah dalam kondisi jenuh atau belum.



Gambar 3.12 *Sand Conical Mould*

m. *Alat capping*

Berfungsi untuk meratakan permukaan beton silinder menjadi rata dengan cara menambahkan belerang yang telah dicairkan pada permukaan alat *capping*.



Gambar 3.13 Alat *Capping*

n. Cetok

Cetok untuk mengambil semen serta mengaduk adonan yang berada dalam molen dan memasukkan adonan yang telah dibuat ke dalam cetakan beton yang telah disiapkan.



Gambar 3.14 Cetok

o. Alat uji *slump*

Alat ini berfungsi untuk mengetahui nilai *slump* pada beton segar.



Gambar 3.15 Alat Uji *Slump*



p. Cangkul

Cangkul digunakan untuk mencangkul pasir dan semen pada saat penelitian



Gambar 3.16 Cangkul

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Pasir

Pasir merupakan material yang berperan mengisi pori-pori pada kerikil. Pasir dalam penelitian ini berasal dari Muntilan.



Gambar 3.17 Pasir



b. Semen *portland*

Semen *portland* berperan sebagai bahan pengikat material penyusun beton jika bereaksi dengan air. Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen *portland* Tipe I.



Gambar 3.18 Semen

c. Kerikil

Kerikil berperan sebagai material paling dominan karena memiliki komposisi paling besar dalam pembuatan beton.

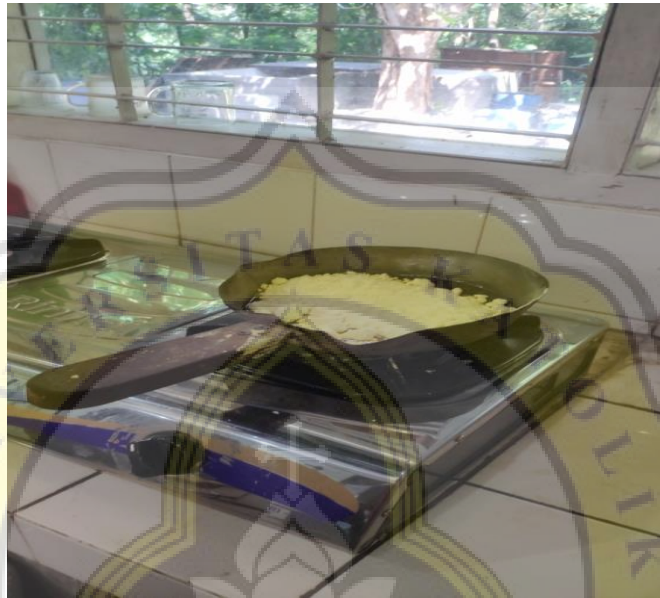


Gambar 3.19 Kerikil



d. Belerang

Belerang digunakan pada saat proses *capping*. Penggunaan belerang berfungsi untuk memastikan distribusi beban aksial yang merata ke seluruh bidang tekan beton silinder.



Gambar 3.20 Belerang

3.4 Analisis Saringan Agregat Halus (SNI ASTM C136:2012)

a. Tujuan percobaan

- 1) Menentukan gradasi atau distribusi butiran pasir
- 2) Mengetahui modulus kehalusan (*fineness modulus*) pasir

b. Bahan

Pasir kering oven 500 gram

c. Peralatan

- 1) Timbangan
- 2) *Shieve shaker machine*
- 3) Oven
- 4) 1 set ayakan
- 5) *Sample splitter*

d. Prosedur percobaan



- 1) Peralatan dan benda uji dipersiapkan terlebih dahulu. Benda uji agregat halus berupa pasir muntlan dengan berat 500 gram.
- 2) Benda uji dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
- 3) Pasir muntlan yang sudah dikeringkan, ditimbang kembali untuk mengetahui berat akhir setelah dikeringkan.
- 4) Saringan ditimbang satu persatu sesuai dengan nomor saringan.
- 5) Susun saringan berturut-berturut dari atas ke bawah: 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,19 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm dan pan.
- 6) Benda uji dimasukkan ke dalam saringan.
- 7) Kemudian saringan yang telah tersusun diletakkan diatas mesin pengguncang. Saringan diguncang selama 15 menit.
- 8) Benda uji dan saringan ditimbang. Berat benda uji yang tertahan di masing-masing nomor saringan dapat dihitung.

e. Rumus

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{ kumulatif tertahan ayakan}}{100} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

FM = *Fineness Modulus* (modulus kehalusan)

Derajat kehalusan (kekasaran) suatu agregat ditentukan oleh modulus kehalusan (*fineness modulus*) dengan batasan-batasan sebagai berikut:

Pasir halus : $2,20 < FM \leq 2,60$

Pasir sedang : $2,60 < FM \leq 2,90$

Pasir kasar : $2,90 < FM \leq 3,20$

3.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (ASTM C33-2003)

a. Tujuan percobaan

Menentukan persentase kadar lumpur pada pasir.

b. Bahan

1) Pasir kering oven

2) Air



c. Peralatan

- 1) Ayakan 0,063 mm
- 2) Oven
- 3) Timbangan
- 4) Pan

d. Prosedur percobaan

- 1) Timbang pasir kering oven sebanyak 1000 gram
- 2) Cuci pasir hingga bersih, yaitu dengan cara meletakkan pasir didalam wadah yang berisi air kemudian meremas pasir sampai terlihat keruh.
- 3) Kemudian air cucian tadi di saring dengan saringan 0,063 mm. Material yang tertahan diatas saringan 0,063 mm dikembalikan lagi pada wadah pasir. Proses ini dilakukan berulang kali sampai airnya terlihat bersih.
- 4) Pasir yang sudah dicuci kemudian dipindahkan ke wadah untuk kemudian dioven dengan suhu 110°C selama kurang lebih 24 jam.
- 5) Langkah terakhir yaitu dengan mengeluarkan pasir dari dalam oven yang kemudian ditimbang.
- 6) Lakukan percobaan untuk sampel 2 (dua).

e. Rumus

$$KL = \frac{BM - BK}{BM} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

KL : Kandungan kadar lumpur agregat (%)

BM : Berat sampel mula-mula (gram)

BK : Berat sampel setelah dikeringkan di dalam oven selama 24 jam (gram)

Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*) E1-07, pasir yang memenuhi persyaratan dan layak untuk digunakan, bila kadar lumpur pasir kurang dari 5% dari berat agregat halus.

3.6 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar (ASTM C117-76)

a. Tujuan percobaan

Menentukan persentase kadar lumpur pada kerikil.



b. Bahan

- 1) Kerikil kering oven
- 2) Air

c. Peralatan

- 1) Ayakan 0,063 mm
- 2) Oven
- 3) Timbangan
- 4) Pan

d. Prosedur percobaan

- 1) Timbang kerikil kering oven sebanyak 1000 gram
- 2) Cuci kerikil hingga bersih, yaitu dengan cara meletakkan kerikil didalam wadah yang berisi air kemudian meremas kerikil sampai terlihat keruh.
- 3) Kemudian air cucian tadi di saring dengan saringan 0,063 mm. Material yang tertahan diatas saringan 0,063 mm dikembalikan lagi pada wadah kerikil. Proses ini dilakukan berulang kali sampai airnya terlihat bersih.
- 4) Kerikil yang sudah dicuci kemudian dipindahkan ke wadah untuk kemudian dioven dengan suhu 110°C selama kurang lebih 24 jam.
- 5) Langkah terakhir yaitu dengan mengeluarkan kerikil dari dalam oven yang kemudian ditimbang.
- 6) Lakukan percobaan untuk sampel 2 (dua).

e. Rumus

$$KL = \frac{BM - BK}{BM} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

KL : Kandungan kadar lumpur agregat (%)

BM : Berat sampel mula-mula

BK : Berat sampel setelah dikeringkan di dalam oven selama 24 jam

Berdasarkan ACI E1-07, kerikil yang memenuhi persyaratan dan layak untuk digunakan, bila kadar lumpur kerikil kurang dari 1% dari berat agregat kasar. Sebaliknya bila kadar lumpur pada kerikil lebih dari 1% dari berat agregat kasar maka kerikil tidak layak untuk digunakan.



3.7 Pengukuran *Slump* (SNI 1972:2008)

a. Tujuan

Menyediakan langkah kerja bagi pengguna untuk menentukan *slump* dari beton semen hidrolis plastis.

b. Bahan

- 1) Kerikil
- 2) Air
- 3) Semen *Portland*
- 4) Pasir

c. Alat

1) Kerucut Abrams :

- 1.1. Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
- 1.2. Diameter atas 102 mm
- 1.3. Diameter bawah 203 mm
- 1.4. Tinggi 305 mm
- 1.5. Tebal pelat minimal 1,5 mm

2) Batang besi penusuk

- 2.1. Diameter 16 mm
- 2.2. Panjang 60 cm
- 2.3. Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk ulat setengah bola dengan diameter 16 mm

3) Alas : datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku

d. Prosedur percobaan

- 1) Kerucut Abrams (cetakan) dibasahi, ditempatkan di atas permukaan yang datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku
- 2) Pengisian cetakan dibagi 3 kali, masing-masing sekitar 1/3 volume cetakan tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata dan menembus ke lapis sebelumnya di bawahnya namun tidak boleh menyentuh dasar cetakan



- 3) Lapis terakhir dilebihkan pengisiannya setelah dipadatkan lalu diratakan dengan menggelindingkan batang penusuk di atasnya
- 4) Segera setelah permukaan atas beton diratakan, cetakan diangkat dengan kecepatan 3-7 detik, diangkat lurus vertikal dan tidak boleh diputar atau digeser ke samping selama mengangkat kerucut
- 5) Seluruh proses dari awal sampai selesainya pengangkatan cetakan tidak boleh lebih lama dari 2,5 menit
- 6) Letakkan cetakan di samping beton yang diuji *slump*nya (boleh diletakkan dibalik posisinya) dan ukur nilai *slump* : penurunan permukaan atas beton pada posisi titik tengah permukaan atasnya
- 7) Jika terjadi kegagalan *slump* (tidak memenuhi kisaran *slump* yang disyaratkan, keruntuhan benda uji termasuk keruntuhan geser), maka pengujian diulang maksimal 3 kali, jika masih gagal maka beton dinyatakan tidak memenuhi syarat dan ditolak
- 8) Syarat variasi pengukuran yang memenuhi syarat dari 3 pengukuran: minimum 2 memenuhi syarat dengan selisih pengukuran tidak lebih dari 21 mm.

3.8 Uji Abrasi Agregat Kasar (SNI 2417:2008)

a. Tujuan

Mengetahui tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin Los Angeles

b. Bahan

Agregat kasar gradasi A sebanyak 5000 gr.

c. Alat

- 1) Mesin abrasi *Los Angeles*
- 2) Saringan No.12 (1,70 mm) dan saringan-saringan lainnya
- 3) Timbangan, dengan ketelitian 0,1% terhadap berat contoh atau 5 gram
- 4) Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram
- 5) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur temperatur untuk memanasi sampai



dengan 110°C

6) Alat bantu pan dan kuas

d. Cara pengujian

- 1) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles
- 2) Putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm; jumlah putaran gradasi A, gradasi B, gradasi C dan gradasi D adalah 500 putaran dan untuk gradasi E, gradasi F dan gradasi G adalah 1000 putaran dengan cara mengatur pada tombol pengatur putaran.
- 3) Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12 (1,70 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C sampai berat tetap
- 4) Jika material contoh uji homogen, pengujian cukup dilakukan dengan 100 putaran, dan setelah selesai pengujian disaring dengan saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian. 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
- 5) Metode pada butir tidak berlaku untuk pengujian material dengan metode ASTM C 535-96 yaitu *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse aggregate by Abrasion and impact in the Los Angeles Machine*.
- 6) Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu dari 7 (tujuh) cara yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)						
Lolos saring		Tertahan saringan								
mm	inci	mm	inci	A	B	C	D	E	F	G
75	3	63	2 ½	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 ½	50	2	-	-	-	-	2500±50	-	-
50	2	37.5	1 ½	-	-	-	-	5000±50	5000±50	-



Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)						
Lolos saring		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
37.5	1 ½	25	1	1250±25	-	-	-	-	5000±25	5000±25
25	1	19	¾	1250±25	-	-	-	-	-	5000±25
19	¾	12.5	½	1250±10	1250±10	-	-	-	-	-
12.5	½	9.5	3/8	1250±10	1250±10	-	-	-	-	-
9.5	3/8	6.3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6.3	¼	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	
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±25	5000±25	5000±25	5000±25

(Sumber : SNI 2417:2008)

e. Rumus

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

a : berat benda uji semula (gram)

b : berat benda uji tertahan saringan No.12 (gram)

3.9 Pemeriksaan *Saturated Surface Dry (SSD)*

Menurut Arrazy (2019), pemeriksaan SSD agregat halus diperlukan untuk mengetahui keadaan agregat halus termasuk dalam kategori basah, kering, maupun SSD. Pemeriksaan SSD agregat halus memerlukan alat berupa kerucut pemancang dan batang penumbuk. Berikut ini adalah langkah-langkah pemeriksaan SSD :

- a) Menyediakan pasir yang akan digunakan secukupnya.
- b) Mengisikan pasir pada corong kerucut hingga penuh dan bertahap sebanyak 3 lapis.
- c) Menumbuk permukaan lapisan dengan tongkat baja Ø 1" sebanyak 15 pukulan pertama 3 lapis, kemudian percobaan yang kedua sebanyak 20 pukulan 3 lapis



serta percobaan ketiga menumbuk 25 pukulan 3 lapis yang masing-masing dijatuhkan tongkat tersebut setinggi lebih kurang 5 cm di atas permukaan pasir.

- d) Mengangkat corong kerucut perlahan-lahan dengan arah vertikal dan mencatat penurunannya dengan penggaris siku-siku.

3.10 Pembuatan Benda Uji

Perencanaan pembuatan benda uji beton dibuat berdasarkan dengan perbandingan komposisi Semen : Kerikil : Pasir : Air yaitu 1 : 2,45 : 4 : 0,6. Benda uji dibuat menjadi tiga variasi dengan proporsi yang tetap. Variasi pertama, beton dibuat dengan agregat kasar berukuran diameter 31,5 mm. Variasi kedua, beton dibuat dengan agregat kasar berukuran diameter 19,1 mm. Variasi ketiga, beton dibuat dengan agregat kasar berukuran diameter 9,52 mm. Beton kemudian direndam di bak perendaman selama 28 hari.

3.11 Prosedur pembuatan benda uji (SNI 2493:2011)

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam melakukan pembuatan benda uji :

1. Sediakan semen, pasir, kerikil, dan air untuk beton dengan perbandingan tertentu.
2. Hidupkan molen dan masukkan campuran sembarang ke dalam molen, biarkan selama 30 detik, sehingga campuran beton merata ke dalam molen. Hal ini guna membasahi dinding molen.
3. Keluarkan campuran beton sembarang tadi dari molen dan dibuang.
4. Masukkan setengah bagian dari pasir ke dalam molen, tambahkan dengan setengah bagian air, biarkan lebih kurang 30 detik hingga campuran merata.
5. Masukkan sisa pasir beserta air dan semen dan tunggu selama lebih kurang 30 detik sampai campuran merata baru kemudian masukkan kerikil ke dalam molen.
6. Setelah campuran merata, tuangkan ke dalam pan besar.
7. Ambil sedikit campuran untuk sampel percobaan *slump* dan kandungan air dalam beton segar.



8. Masukkan campuran ke dalam cetakan $1/3$ tinggi cetakan dan digetarkan dengan dirojok di beberapa bagian atau dirojok sampai 25 kali.
9. Masukkan lagi campuran ke dalam cetakan hingga $2/3$ tinggi cetakan dan dirojok
10. Masukkan lagi campuran ke dalam cetakan hingga penuh lalu digetarkan dengan dirojok.
11. Cetakan yang telah diisi campuran beton disimpan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dan campuran direndam ke dalam air sampai masa pengujian.

3.12 Perawatan (*Curing*)

Pada proses *curing*, benda uji yang telah dibuat direndam di dalam bak yang telah diisi dengan air. *Curing* dilakukan berdasarkan SNI 2847:2013. Perawatan ini dilakukan selama 26 hari, kemudian dikeringkan hingga benda uji benar-benar kering selama 2 hari. Lalu pada umur 28 hari beton siap untuk dilakukan pengujian. Tujuan dari proses *curing* adalah untuk menjaga agar permukaan benda uji selalu lembab sehingga selama proses hidrasi berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi sempurna. Hal ini ditandai dengan tidak terjadi retak-retak pada beton dan mutu beton dapat terjamin.

3.13 Pengujian Benda Uji

Pada pengujian ini, dilakukan 2 jenis pengujian, yakni uji kuat tekan dan uji kuat lentur. Pengujian dilakukan sesuai pedoman Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ada. Untuk pengujian kuat tekan beton silinder menggunakan SNI 1974-2011, sedangkan untuk pengujian kuat lentur menggunakan aturan SNI 4154-2014.

3.13.1 Pengujian kuat tekan beton (SNI 1974:2011)

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari untuk setiap variasi beton masing masing berjumlah 3 buah. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk setiap variasi beton masing masing berjumlah 3 buah dengan rincian 3 buah beton



dengan variasi agregat kasar ukuran 9,52 mm, 3 buah beton dengan variasi agregat kasar ukuran 19,1 dan 3 buah beton dengan variasi agregat kasar ukuran 31,5 mm.

Pengujian kuat tekan pada benda uji benda uji dilakukan untuk mengetahui nilai pasti kuat tekan beton apakah sesuai dengan perencanaan atau tidak. Pada *compression machine*, benda uji diletakkan dan diberi beban sampai runtuh.

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji terlebih dahulu *dicapping* permukaan tekannya yang berfungsi untuk meratakan permukaan bidang tekan benda uji. Berikut adalah tahap pengujian kuat tekan silinder beton berdasarkan SNI 1974:2011:

1. Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji harus diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang.
2. Semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus diuji dalam toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Toleransi Waktu yang Diizinkan

Umur uji	Waktu yang diizinkan
12 jam	± 15 menit atau 2,1 %
24 jam	± 30 menit atau 2,1 %
3hari	± 2 jam atau 2,8 %
7 hari	± 6 jam atau 3,6 %
28 hari	± 20 jam atau 3,0 %
90 hari	± 2 hari atau 2,2 %

(Sumber : SNI 1974-2011)

3. Letakkan landasan tekan datar bagian bawah, dengan permukaan kerasnya menghadap ke atas pada meja atau bidang datar mesin uji secara langsung di bawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan landasan tekan atas, landasan tekan bawah dan permukaan benda uji kemudian letakkan benda uji pada landasan tekan bawah.
 - a) Lakukan verifikasi nilai nol dan dudukan landasan sebelum pengujian, pastikan penunjuk beban sudah menunjukkan nol. Dalam hal penunjuk tidak sempurna



- menunjukkan nol, atur penunjuk. Pada saat landasan atas yang didudukan pada setengah bola diturunkan untuk membebani benda uji, putar bagian yang dapat bergerak perlahan-lahan dengan tangan sehingga dudukan yang rata tercapai.
- b) Teknik yang digunakan untuk melakukan verifikasi dan mengatur penunjuk beban nol akan beragam tergantung pada pembuat mesin. Pelajari manual atau alat kalibrasi mesin tekan untuk mendapatkan teknik yang benar.
4. Lakukan pembebanan secara terus menerus dan tanpa kejutan:
- a) Untuk mesin penguji tipe ulir, kepala mesin tekan yang bergerak harus bergerak pada kecepatan mendekati 1,3 mm/menit, pada saat mesin bergerak tanpa beban. Untuk mesin yang digerakan secara hidrolis, beban harus diberikan pada kecepatan gerak yang sesuai dengan kecepatan pembebanan pada benda uji dalam rentang 0,15 MPa/detik sampai dengan 0,35 MPa/detik. Kecepatan gerak yang ditentukan harus dijaga minimal selama setengah pembebanan terakhir dari fase pembebanan yang diharapkan dari siklus pengujian;
 - b) Selama periode $\frac{1}{2}$ (setengah) pertama dari 1 (satu) fase pembebanan yang diharapkan, pembebanan yang lebih cepat diperbolehkan;
 - c) Jangan membuat perubahan pada kecepatan gerak dari dasar mendatar kapanpun saat benda uji kehilangan kekakuan secara cepat sesaat sebelum hancur.
5. Lakukan pembebanan hingga benda uji hancur, dan catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan.

3.13.2 Pengujian kuat lentur beton (SNI 4154:2014)

Pengujian kuat lentur beton menggunakan beton berbentuk balok. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk setiap variasi beton masing masing berjumlah 3 buah dengan rincian 3 buah beton dengan variasi agregat kasar ukuran 9,52 mm, 3 buah beton dengan variasi agregat kasar ukuran 19,1 dan 3 buah beton dengan variasi agregat kasar ukuran 31,5 mm.

Pengujian kuat lentur pada benda uji bertujuan untuk mengetahui nilai pasti kuat lentur beton apakah sesuai dengan perencanaan atau tidak. Pada *flexural testing machine*, benda uji diletakkan dan diberi beban sampai runtuh. Berikut

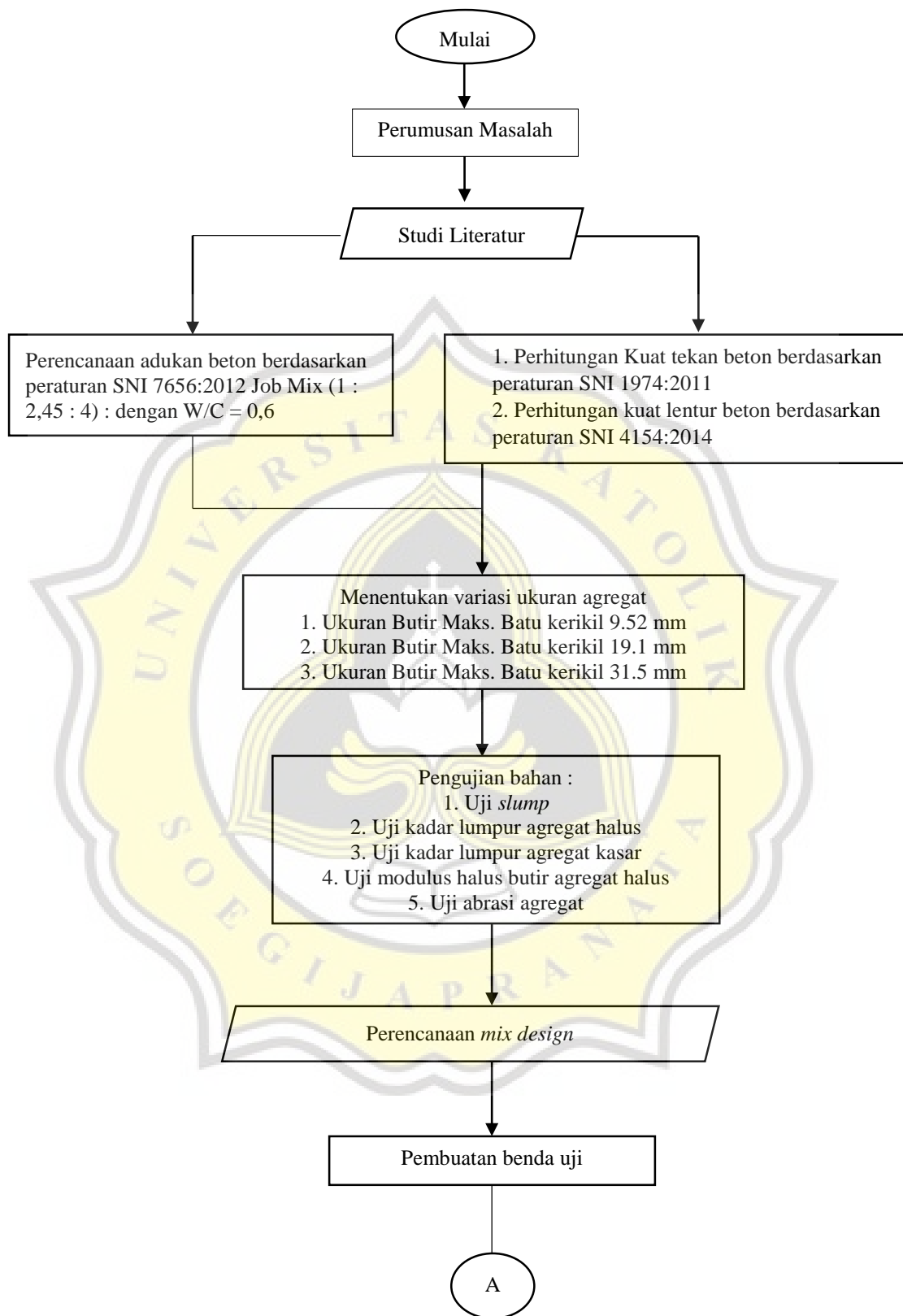


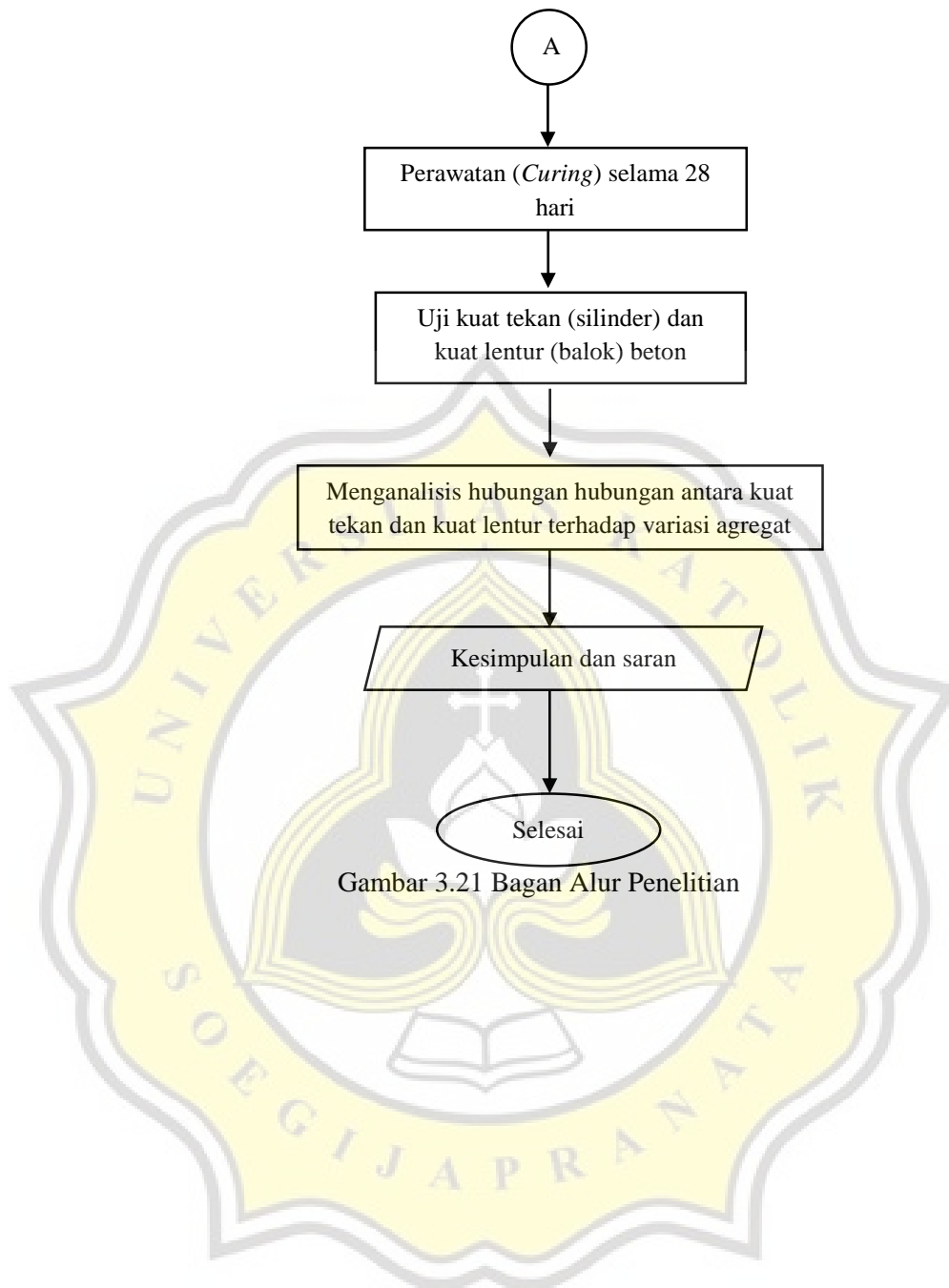
adalah tahap-tahap pengujian kuat lentur beton berdasarkan SNI 4154:2014 :

1. Uji lentur dari spesimen yang telah dirawat lembab harus dilakukan segera setelah dipindahkan dari ruang perawatan lembab. Pengeringan permukaan spesimen akan menghasilkan pengurangan modulus runtuh yang terukur.
2. Letakkan spesimen uji pada tempatnya seperti posisi pada saat dicetak dan pasang di tengah blok tumpuan. Pasang sistem pembebanan di tengah terkait dengan gaya yang bekerja. Letakkan blok beban sampai menyentuh permukaan specimen di tengah bentang dan terapkan beban antara 3% dan 6% dari estimasi beban ultimit. Dengan menggunakan *feeler gages* tipe daun berukuran 0,10 mm dan 0,4 mm, tentukan apakah ada celah antara specimen dan blok beban atau blok tumpuan yang lebih besar atau lebih kecil dari setiap *gages* sepanjang 25 mm atau lebih. Gerinda, tutup, atau gunakan lapisan bantalan (*shim*) dari bahan kulit pada permukaan kontak specimen untuk menghilangkan setiap celah yang lebih dari 0,10 mm. Bantalan (*shim*) kulit tersebut harus memiliki ketebalan yang seragam sebesar 6 mm, lebar 25 mm sampai 50 mm, dan harus membentang selebar specimen. Celah yang melebihi 0,40 mm harus dihilangkan dengan kaping (*capping*) atau gerinda. Penggerindaan pada permukaan lateral harus diminimalisir karena dapat merubah karakteristik fisik dari specimen. *Capping* harus sesuai dengan ASTM C617.
3. Bebani specimen secara terus menerus dan tanpa kejutan. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan sampai runtuh. Berikan beban hingga tegangan maksimum pada permukaan tarik bertambah pada kecepatan antara 0,9 MPa/menit dan 1,2 MPa/menit [125 psi/menit dan 175 psi/menit].

3.14 Bagan Alur Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dibuat bagan alur penelitian. Penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alur penelitian “Pengaruh Ukuran Nominal Maksimum Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur” pada Gambar 3.21.





Gambar 3.21 Bagan Alur Penelitian