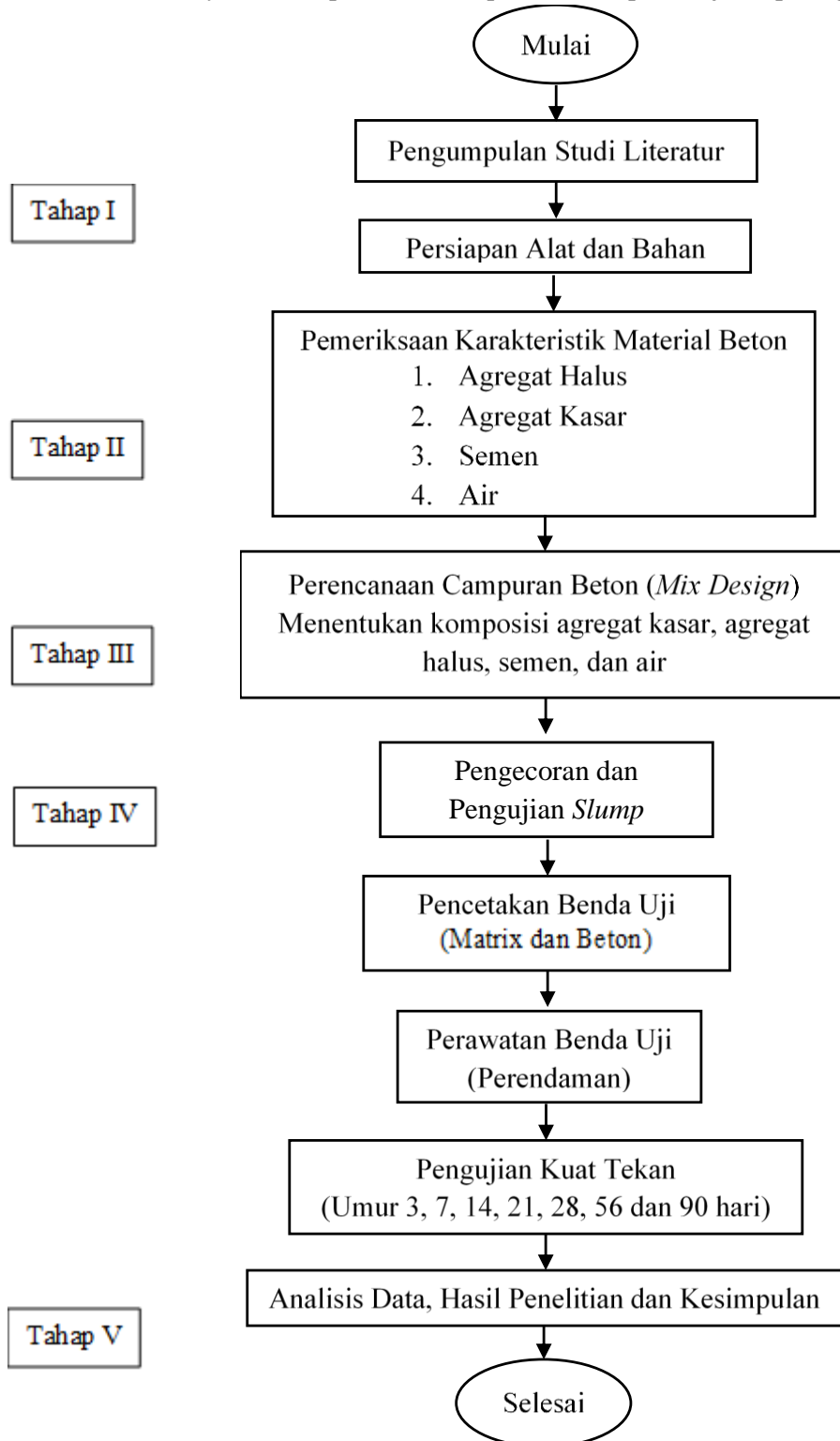


BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Diagram alur penelitian atau gambaran umum mengenai langkah-langkah pelaksanaan yang akan dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian dapat disajikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu:

Tahap I = Tahapan persiapan mencari referensi dan literatur serta mempersiapkan alat dan bahan.

Tahap II = Pemeriksaan karakteristik material agregat halus, agregat kasar, semen dan air.

Tahap III = Menghitung perencanaan campuran beton (*mix design*).

Tahap IV = Pengecoran dan pengujian *slump* dilakukan sebagai acuan dalam pembuatan beton, namun jika nilai *slump* tidak memenuhi maka akan dilakukan perencanaan *mix design* ulang atau dilakukan perubahan pada faktor air semen (fas). Jika nilai *slump* telah memenuhi kemudian dilanjutkan dengan pencetakan benda uji, perawatan benda uji dengan cara perendaman dan pengujian kuat tekan.

Tahap V = Analisa data hasil pengujian dan kesimpulan penelitian.

2.2 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan suatu penelitian di laboratorium, peneliti menggunakan sebuah metode yaitu metode eksperimen atau melakukan suatu percobaan dari sebuah bahan penyusun pembuatan beton berupa agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air alkali kangen water pH 9,5 sebagai pembanding air normal pH 7,0, yang nantinya akan dilakukan pengolahan yang dapat menghasilkan benda uji sebagai penelitian untuk mengetahui hasil kuat tekan beton terhadap variasi umur pada beton tersebut. Selain melakukan metode eksperimen peneliti juga menggunakan metode pengumpulan data yaitu studi literatur berupa mengumpulkan beberapa informasi dari penelitian sebelumnya, jurnal, buku, internet, maupun referensi lainnya.

2.2.1 Alat dan Bahan

A. Alat

Adapun peralatan utama yang digunakan dalam proses melakukan penelitian pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital dengan ketelitian 0,1 gram digunakan untuk menimbang bahan dan benda uji.

2. Oven

Dalam penelitian ini, oven digunakan untuk menguji material sebagai alat untuk mengeringkan material pada suhu tertentu.

3. Saringan

Saringan atau ayakan digunakan untuk mendapatkan ukuran butiran agregat yang tertahan. Saringan dilengkapi dengan mesin penggetar yang memungkinkan saringan untuk bergetar.

4. Mesin Ayakan Agregat

Mesin ini digunakan untuk menguji gradasi agregat kasar dan halus serta digerakkan dengan menggunakan tenaga listrik.

5. Piknometer

Piknometer digunakan untuk mengukur massa jenis dan penyerapan agregat halus.

6. Gelas Ukur

Gelas ukur memiliki ketelitian yang bervariasi dan digunakan untuk menakar zat cair dengan volume tertentu yang berkapasitas 100 ml untuk penakaran air.

7. Bejana

Bejana digunakan untuk pengujian material pada berat jenis agregat kasar.

8. Alat Vicat

Alat vicat merupakan alat yang digunakan untuk pengujian sifat fisik semen.

9. Mesin Keausan *Los Angeles*

Mesin keausan *Los Angeles* adalah alat uji abrasi yang digunakan untuk mengetahui tingkat keausan atau gradasi agregat kasar dilakukan dengan 500 putaran dan memiliki 11 bola baja.

10. Mesin Pengaduk (Molen)
Mesin pengaduk digunakan untuk mengaduk campuran beton agar pada saat proses pengadukan menjadi lebih merata.
11. Mixer
Pada penelitian ini mixer kapasitas 5 kg digunakan untuk mencampur semua bahan dalam pembuatan benda uji matrix.
12. Satu Set Alat *Slump Test*
Alat uji slump test berupa kerucut abrams, tongkat besi rojokan, palu karet, dan talam yang berfungsi untuk mengukur tingkat *slump* pada beton segar.
13. Cetakan Benda Uji
Dalam penelitian ini, digunakan cetakan yang berbeda – beda untuk pembuatan pencetakan benda uji. Untuk campuran beton, digunakan cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30, sedangkan cetakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm digunakan pada pembuatan benda uji matrix.
14. Tempat Perendaman
Tempat perendaman berperan dalam merawat beton yang telah dicetak, dimana beton akan direndam selama umur perencanaan dengan menggunakan air dari PDAM.
15. Alat *Capping* Silinder Beton
Alat *capping* digunakan untuk meratakan permukaan bagian atas atau bawah benda uji beton. Untuk melakukan ini, digunakan belerang yang dicairkan.
16. Mesin kuat tekan
Mesin kuat tekan atau *Compression Testing Machine* digunakan untuk memuji kekuatan tekan beton. Mesin ini dilengkapi dengan manometer dan digunakan untuk memberikan beban secara menerus pada benda yang akan diuji.
17. Meteran
Alat ini digunakan untuk mengukur perbedaan tinggi pada pengujian menentukan nilai *slump test*.
18. Alat pH Meter
Pada penelitian ini alat yang digunakan ada 3 jenis yaitu kertas lakmus, pH meter digital dan cairan pH. Alat pH Meter berfungsi untuk mengidentifikasi kadar pH yaitu keasaman atau basa pada suatu cairan.

B. Bahan

Bahan yang harus dipersiapkan sebelum memulai penelitian adalah sebagai berikut:

1. Semen
Semen yang digunakan semen Portland Tipe 1 merek Semen Tiga Roda digunakan dengan kemasan isi 50 kg.
2. Agregat Kasar
Agregat kasar menggunakan batu pecah jenis palu dengan ukuran lolos saringan 1,2 – tertahan 4.
3. Agregat Halus
Agregat halus menggunakan jenis pasir palu yang sebelum digunakan telah disaring untuk mengidentifikasi zona pasir.
4. Air
Air yang digunakan yaitu air Kangen Water sebagai pembanding pada campuran beton menggunakan pH 9,5 dan air bersih kran PDAM Ph 7,0 dari laboratorium Teknik Sipil UMKT digunakan untuk pembuatan benda uji dan tempat perendaman.
5. Belerang
Belerang digunakan untuk proses *capping* pada pengujian kuat tekan beton. *Capping* dilakukan untuk menutupi permukaan atas beton yang tidak merata.

2.2.2 Prosedur Analisa

Pada prosedur analisa ini penulis melakukan beberapa tahapan untuk mempermudah dan tersruktur agar mendapatkan hasil yang maksimal. Prosedur analisa atau tahapan pada penelitian ini meliputi:

1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan dimana peneliti melakukan pengumpulan bahan referensi dan studi literatur untuk persiapan sebelum melakukan proses penelitian di laboratorium.

2. Pemeriksaan Karakteristik Material

A. Analisa Agregat Halus

1) Pengujian kadar lumpur

Penelitian ini mengacu pada SK SNI S-04-1989-F untuk melakukan pengujian kandungan lumpur pada agregat halus. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar lumpur pada agregat halus, kadar lumpur yang ijin maksimal 5%. Jika kandungan lumpur pada agregat halus lebih dari ketentuan, maka sebelum digunakan sebagai campuran beton harus dicuci terlebih dahulu. Pengujian dilakukan dengan metode kocokan selama 30 menit menggunakan gelas ukur berisi 60 ml agregat halus dan air hingga mencapai 100 ml, kemudian didiamkan selama 24 jam lalu diamati dan dihitung kadar lumpurnya dengan rumus :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{T_2}{(T_1 + T_2)} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

T_1 = Ketinggian pasir (mm)

T_2 = Ketinggian lumpur (mm)

2) Pengujian analisa saringan

Penelitian ini mengacu pada standar SNI ASTM C136:2012 untuk melakukan analisis saringan. Pengujian dilakukan dengan tujuan mengevaluasi distribusi ukuran butiran agregat halus, yang kemudian direpresentasikan dalam bentuk grafik zona. Agregat halus yang dianalisis memiliki ukuran kurang dari 5 mm (lolos saringan No. 4). Analisa saringan agregat halus dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Persentase kumulatif lolos} = 100\% - \% \text{ kumulatif tertahan} \quad (2)$$

$$\text{Persentase agregat halus} = \frac{\text{berat agregat halus tertinggal pada saringan}}{\text{berat total agregat halus}} \times 100\% \quad (3)$$

3) Pengujian berat jenis dan penyerapan air

Pengujian ini berdasarkan pedoman SNI 1970:2008, pengujian ini bertujuan untuk mengukur massa jenis curah, massa jenis kering permukaan jenuh, massa jenis semu, dan daya serap air pada agregat halus. Pengujian dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + S - Bt} \quad (4)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{S}{B + S - Bt} \quad (5)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (6)$$

$$\text{Penyerapan air} = \left(\frac{S - Bk}{Bk} \right) \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

Bk = Bobot benda uji kering oven (gram)

B = Bobot piknometer berisi air (gram)

Bt = Bobot piknometer + benda uji + air (gram)

S = Bobot benda uji dalam keadaan SSD (gram)

4) Pengujian berat isi

Dalam penelitian ini, penentuan berat isi agregat halus mengikuti pedoman yang terdapat dalam SNI 03-1973-2008. Standar tersebut menetapkan bahwa batas minimal nilai berat isi pada agregat halus berkisar antara 1,6 hingga 1,9 kg/m³. Berat isi terdiri dari 2 jenis metode dengan metode rojokan dan tanpa rojokan. Berat volume agregat kasar dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Volume wadah} = \pi \times r^2 \times t \quad (8)$$

$$\text{Berat isi} = \frac{(B - Bu)}{V} \quad (9)$$

Keterangan :

B = Bobot wadah silinder (gram)

Bu = Bobot benda uji kering oven (gram)

V = Volume wadah silinder 15 x 30 cm (kg/cm³)

5) Pengujian kadar air

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan pedoman yang tercantum dalam SNI 03-1971-1990 dan dilaksanakan pada sampel benda uji yang masih dalam keadaan asli, yaitu agregat halus yang diambil langsung tanpa proses pencucian dan pengeringan sebelumnya. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh nilai kadar air dari dalam agregat halus dan berguna dalam koreksi ketika menghitung kebutuhan agregat halus, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan :

W₁ = Bobot benda uji awal (gram)

W₂ = Bobot benda uji kering oven (gram)

B. Analisa Agregat Kasar

1) Pengujian kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan sesuai dengan pedoman SK SNI S-04-1989-F. Tujuan utama pengujian ini adalah mengidentifikasi tingkat kandungan lumpur agregat kasar, dengan batas maksimum kandungan lumpur diizinkan sebesar 1%. Jika kandungan lumpur dalam agregat kasar melebihi angka ini, maka perlu dilakukan pencucian sebelum agregat tersebut digunakan dalam campuran beton. Kelebihan kandungan lumpur dalam campuran beton dapat mengurangi daya lekat antara agregat dan semen serta mengurangi kekuatan beton, sehingga kualitas beton rencana tidak tercapai. Nilai kadar lumpur dapat dihitung dengan rumus :

$$W_1 = W_k - W_f \quad (11)$$

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1}{W_k} \times 100\% \quad (12)$$

Keterangan :

W₁ = Bobot lumpur (gram)

W_k = Bobot agregat sebelum dicuci (gram)

W_f = Bobot agregat sesudah dicuci (gram)

2) Pengujian analisa saringan

Dalam penelitian ini sesuai pada pedoman SNI ASTM C136:2012. Tujuan pengujian ini untuk mengidentifikasi gradasi ukuran butiran dalam agregat kasar dengan menggunakan metode penyaringan dan sesuai dengan syarat – syarat spesifikasi yang berlaku, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Persentase kumulatif lolos} = 100\% - \% \text{ kumulatif tertahan} \quad (13)$$

$$\text{Persentase agregat kasar} = \frac{\text{berat agregat kasar tertinggal pada saringan}}{\text{berat total agregat kasar}} \times 100\% \quad (14)$$

3) Pengujian berat jenis dan penyerapan air

Pengujian ini dilakukan sesuai standar SNI 1969:2008. Tujuan dari pengujian ini untuk menghitung perbedaan berat agregat saat berada di udara terbuka dengan berat agregat ketika berada di dalam air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{S - A} \quad (15)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering SSD} = \frac{Bj}{S - A} \quad (16)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - A} \quad (17)$$

$$\text{Penyerapan air} = \left(\frac{S - Bk}{Bk} \right) \times 100\% \quad (18)$$

Keterangan :

Bk = Bobot benda uji kering oven (gram)

A = Bobot benda uji di dalam air (gram)

Bj = Bobot benda uji keadaan kering SSD (gram)

4) Pengujian berat isi

Dalam penelitian ini, penentuan berat isi agregat kasar mengikuti pedoman yang terdapat dalam SNI 03-1973-2008. Standar tersebut menetapkan bahwa batas minimal nilai berat isi untuk agregat kasar berkisar antara 1,6 hingga 1,9 kg/m³. Berat isi terdiri dari 2 jenis metode dengan metode rojokan dan tanpa rojokan, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Volume wadah} = \pi \times r^2 \times t \quad (19)$$

$$\text{Berat isi} = \frac{(B - Bu)}{V} \quad (20)$$

Keterangan :

B = Bobot wadah silinder 15 x 30 cm (gram)

Bu = Bobot benda uji (gram)

V = Volume wadah silinder (gram)

5) Pengujian kadar air

Pengujian ini mengikuti pedoman dari SNI 03-1971-1990 dan dilakukan pada sampel benda uji agregat kasar yang belum mengalami proses pencucian atau pengeringan sebelumnya. Tujuannya adalah untuk menentukan nilai kadar air dalam agregat kasar yang digunakan dalam penelitian, serta untuk koreksi saat menghitung proporsi agregat kasar, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(K_1 - K_2)}{K_2} \times 100\% \quad (21)$$

Keterangan :

K₁ = Bobot benda uji awal (gram)

K₂ = Bobot benda uji kering oven (gram)

6) Pengujian keausan

Pengujian ini menggunakan mesin abrasi *Los Angeles* sesuai pedoman pada SNI 2417:2008. Pengujian keausan bertujuan untuk mengidentifikasi daya ketahanan agregat kasar pada erosi atau pengikisan karena benturan bola-bola baja yang lolos saringan No. 12 atau 1,7 mm terhadap berat bahan awal semula. Nilai persyaratan pada keausan agregat kasar maksimum 40%, dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Keausan} = \frac{(c - d)}{c} \times 100\% \quad (22)$$

Keterangan :

c = Bobot benda uji awal (gram)

d = Bobot benda uji tertahan saringan No. 12 atau 1,70 mm (gram)

C. Analisa Semen

1) Pengujian berat isi

Berat isi semen yang dilakukan mengacu pada SNI 03-1973-2008. Batas minimum nilai pada berat isi untuk semen adalah 1,6 – 1,9 kg/m³. Berat isi terdiri dari 2 jenis metode dengan metode rojokan dan tanpa rojokan. Berat isi agregat kasar dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat isi} = \frac{(A - B)}{V} \quad (23)$$

Keterangan :

A = Bobot wadah silinder (gram)

B = Bobot benda uji (gram)

V = Volume wadah silinder (gram)

2) Pengujian konsistensi normal

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-6826-2002 dengan menggunakan alat Vicat. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui berapa persentase air yang diperlukan untuk mencapai konsistensi normal pada semen Portland. Persentase air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi sekitar 25% dari berat semen. Air mempengaruhi kekuatan, keawetan dan sifat *workability* campuran beton. Nilai konsistensi normal dapat didapatkan dengan rumus:

$$\text{Konsistensi Normal} = \frac{Ba}{Bu} \times 100\% \quad (24)$$

Keterangan :

Ba = Bobot air (gram)

Bu = Bobot benda uji (gram)

3) Pengujian waktu ikat

Penelitian ini menggunakan metode jarum vicat untuk menentukan awal dan akhir ikat semen berdasarkan SNI 03-6827-2002. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui berapa lama waktu ikat yang digunakan untuk mengukur kualitas semen portland. Penentuan nilai awal ikat semen berdasarkan grafik penetrasi waktu rasio jarum vicat mencapai nilai 25 mm. Syarat penentuan nilai pada awal ikat semen adalah 25 ± 1 mm dan penentuan waktu akhir sampai jarum vicat tidak dapat menembus semen.

D. Air

Dalam penelitian ini, campuran air mengikuti standar SNI 7974:2013, di mana air memainkan peran krusial dalam menentukan kualitas campuran beton. Penggunaan air berkisar antara 25–30% dari berat semen yang diperlukan. Sebagai perbandingan, air Kangen Water dengan pH 9,5 dan air PDAM dengan pH 7,0 digunakan dalam pembuatan benda uji beton. Kadar pH diukur menggunakan kertas lakmus dan diuji sebanyak 3 kali untuk memastikan sesuai dengan spesifikasi. Pengujian ini menilai tingkat keasaman atau basa cairan, yang krusial dalam persiapan pembuatan beton.

3. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton, yang dikenal sebagai *mix design*, adalah proses teoritis yang bertujuan menentukan jumlah tiap komponen yang diperlukan dalam campuran beton. Tujuannya adalah memastikan proporsi bahan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan, sesuai dengan pedoman yang tercantum dalam SNI 03-2834-2000. Dalam penelitian ini direncanakan mutu beton dengan f_c' 25 MPa berdasarkan pedoman pada SNI 7656-2012. Campuran beton melibatkan

penggunaan agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Sebagai variasi, air yang digunakan adalah Kangen Water berpH 9,5, sebagai perbandingan dengan air normal pH 7,0 dari PDAM, untuk campuran pembuatan benda uji.

4. Pengecoran dan Pengujian *Slump*

Pengecoran dan pengujian *slump* adalah salah satu pengujian yang digunakan untuk mengukur konsistensi beton segar agar memperoleh tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton sesuai dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 1972:2008. Komposisi campuran, kondisi fisik, dan jenis bahan campuran mempengaruhi tingkat konsistensi beton segar. Beton dengan nilai *slump* tinggi akan bersifat cair dan mudah dikerjakan, sedangkan beton dengan nilai *slump* rendah akan bersifat kaku dan sulit untuk dikerjakan. Beton yang memiliki nilai *slump* tinggi akan bersifat cair dan mudah dikerjakan, apabila beton dengan nilai *slump* rendah, maka akan bersifat kaku dan sulit untuk dikerjakan (Supriadi, 2021). Umumnya, kisaran nilai *slump* yang digunakan berkisar 80 – 120 mm, namun jika nilai *slump* tidak memenuhi maka akan dilakukan perencanaan *mix design* ulang atau melakukan perubahan pada faktor air semen (fas). Jika pada pengujian *slump* terlalu cair maka dapat diperbaiki dengan ditambah semen dan jika *slump* terlalu kental dapat ditambah air. Pengujian *slump* dilakukan sebelum beton dimasukkan ke dalam cetakan benda uji yaitu ketika beton selesai diaduk dengan mesin pengaduk. Nilai *slump* didapatkan dengan membalikkan kerucut abrams dan diukur dengan meteran menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.

5. Pencetakan Benda Uji

Pencetakan benda uji melibatkan pencetakan dari campuran beton yang telah diuji untuk tingkat konsistensi beton segar dengan melakukan pengujian *slump* sesuai dengan SNI 2493:2011. Proses pencetakan benda uji melibatkan dua tahap, yaitu pembuatan matrix dan beton. Pencetakan benda uji matrix dilakukan menggunakan cetakan kubus dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm dengan campuran semen dan air. Sementara itu, pencetakan benda uji beton dilakukan pada tahap akhir dengan campuran yang terdiri dari bahan pengikat semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Air yang digunakan bervariasi, dengan menggunakan Kangen Water berpH 9,5 sebagai variasi dan air PDAM normal berpH 7,0 sebagai pembanding. Cetakan yang digunakan untuk beton adalah cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Jumlah total benda uji yang diperlukan dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kebutuhan Jumlah Benda Uji

Benda Uji		Jumlah Benda Uji (Hari)							Total
		3	7	14	21	28	56	90	
Matrix (5 cm x 5cm)	n	3	3	3	3	3	3	3	21
	kw	3	3	3	3	3	3	3	21
Beton (15 cm x 30 cm)	n	3	3	3	3	3	3	3	21
	kw	3	3	3	3	3	3	3	21
Jumlah Total Benda Uji									84

Keterangan :

n = air normal PDAM pH 7,0

kw = air alkali Kangen Water pH 9,5

Jumlah benda uji pada matrix dan beton dibuat masing-masing 3 buah dalam setiap umur. Bertujuan untuk mengestimasi rata-rata dan variasi yang lebih akurat sertaantisipasi adanya masalah pada saat pengujian kuat tekan.

6. Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Proses perawatan pada benda uji dilakukan dengan merendamnya setelah pembongkaran cetakan sesuai prosedur yang mengacu pada SNI 2493-2011. Tujuan perawatan benda uji adalah

untuk memastikan bahwa proses hidrasi semen berjalan dengan optimal, mencegah retak pada permukaan beton, dan mencapai mutu sesuai dengan rencana. Kelembaban permukaan benda uji juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap cuaca dan kedap air. Perawatan benda uji dilakukan selama umur rencana 3, 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 hari dengan menggunakan air normal pH 7,0 dan dikeluarkan dua hari sebelum pengujian kuat tekan.

7. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengidentifikasi mutu dari suatu struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan yang diinginkan untuk struktur tersebut, maka semakin tinggi juga mutu beton yang harus dihasilkan. Pengujian kuat tekan benda uji silinder sesuai pada pedoman yang tercantum dalam SNI 1974:2011. Proses pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin pengujian kuat tekan atau CTM (*Compresion Testing Machine*). Nilai kekuatan tekan pada umur 3, 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 hari ditentukan dari skala pembebanan selama pengujian. Puncak beban maksimum menunjukkan ketika tekanan mencapai nilai tertinggi, biasanya diikuti oleh timbulnya retakan dan kerusakan pada benda uji. Nilai kuat tekan matrix dan beton dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \tag{25}$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

8. Konversi Kuat Tekan Terhadap Umur Beton 28 Hari

Dalam Pedoman Beton Indonesia 1971 (PBI 1971), terdapat metode untuk mengubah kekuatan beton pada umur tertentu menjadi nilai setara pada umur 28 hari menggunakan faktor konversi, pada penelitian ini menggunakan Semen Portland Biasa, seperti disajikan pada tabel dibawah ini.

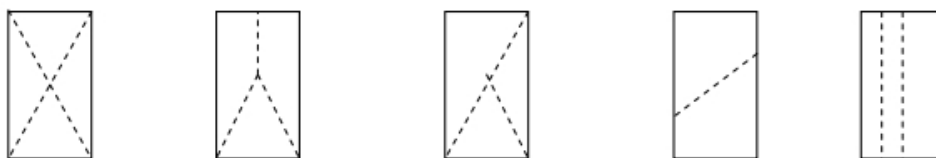
Tabel 2.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur

Umur Beton (Hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan Kekuatan Awal Tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber : *Peraturan Beton Indonesia Tahun 1971*)

9. Pola Kehancuran Beton

Jenis pola kehancuran berdasarkan dengan SNI 1974:2011 terdiri dari 5 jenis pola kehancuran, yaitu bentuk kehancuran kerucut, kerucut dan pecah, kerucut dan geser, geser, dan sejajar sumbu tegak (*columnar*), dapat dilihat pada sketsa gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Sketsa Gambar Tipe Kehancuran Beton

(Sumber : *SNI 1974:2011*)