

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data-Data

3.1.1 Variabel

Tabel 3.1 Variasi Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Penambahan Kadar Air Semen	Jenis Pengujian	Umur (Hari)	Ukuran Silinder (cm)	Jumlah
0%	Kuat Tekan	28	15 x 30	3
2%	Kuat Tekan	28	15 x 30	3
4%	Kuat Tekan	28	15 x 30	3
6%	Kuat Tekan	28	15 x 30	3
8%	Kuat Tekan	28	15 x 30	3

Tabel 3.2 Variasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Penambahan Kadar Air Semen	Jenis Pengujian	Umur (Hari)	Ukuran Silinder (cm)	Jumlah
0%	Kuat Tarik Belah	28	15 x 30	3
2%	Kuat Tarik Belah	28	15 x 30	3
4%	Kuat Tarik Belah	28	15 x 30	3
6%	Kuat Tarik Belah	28	15 x 30	3
8%	Kuat Tarik Belah	28	15 x 30	3

3.1.2 Material

Material atau bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah

sebagai berikut :

- | | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| 1. Semen | : Semen Gresik |
| 2. Agregat Halus (Pasir) | : Pasir Lumajang |
| 3. Agregat Kasar (Kerikil) | : Batu Pecah Pasuruan |
| 4. Air | : Air Lab Bahan Konstruksi ITN Malang |

3.1.3 Peralatan

Peralatan yang telah disediakan di laboratorium bahan konstruksi ITN Malang untuk mendukung penelitian adalah sebagai berikut:

1. Timbangan : Dengan ketelitian 0,1 gram
2. Oven : Dengan pengatur suhu (110 ± 5) °C
3. Tongkat Pemas : Diameter 15 mm dan panjang 60 cm
4. Sekop/Sendok/Cetok : Untuk mengambil material
5. Wadah Baja : Menampung Material
6. Sikat Kuningan dan Saringan : Seperangkat saringan dengan ukuran No. 3/4, No. 3/8, No. 4, No.8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200.
7. Kuas : Untuk membersihkan saringan
8. Wadah Pencuci : Untuk mencuci material
9. Talam : Sebagai wadah untuk mengeringkan contoh agregat
10. Gelas Ukur : Untuk mengukur volume agregat dan air
11. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
12. Cetakan Silinder : diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (untuk pengujian tekan dan tarik belah).
13. Bak Pengaduk Beton atau Mesin Pengaduk (Molen/Mixer).
14. Mesin Uji Tekan dan Tarik Belah : kapasitas sesuai kebutuhan.
15. Alat Uji Slump
16. Penggaris atau Meteran - untuk mengukur nilai slump dan dimensi benda uji.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan terbagi menjadi dua tahap, yaitu :

1. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah bagian penting dalam penelitian yang berfungsi untuk mengumpulkan, menganalisis, dan merangkum informasi yang relevan dari berbagai sumber yang ada. Studi pustaka membantu peneliti memahami teori-teori yang ada dan bagaimana teori tersebut relevan dengan topik penelitian yang sedang dilakukan.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental melibatkan sebuah pengujian langsung terhadap suatu objek penelitian dalam kondisi yang sudah dipersiapkan. Melalui metode ini, data diperoleh secara langsung untuk membuktikan hipotesis dan juga mengevaluasi variabel yang diteliti.

Langkah-langkah utama dalam pelaksanaan penelitian pada uji eksperimen ini secara umum adalah sebagai berikut:

a. Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan berat isi dilakukan untuk mengetahui massa jenis agregat per satuan volume dalam kondisi tertentu. Nilai berat isi digunakan untuk perhitungan proporsi campuran beton serta pengendalian mutu material. Pengujian ini dapat dilakukan pada agregat halus maupun agregat kasar, sesuai dengan metode yang mengacu pada SNI 03-4804-1998 atau standar sejenis.

Alat dan Bahan:

1. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram
2. Wadah silinder atau keranjang uji dengan volume diketahui
3. Corong atau sekop kecil untuk menuang agregat
4. Batang penusuk atau tongkat pematik
5. Agregat yang akan diuji (halus atau kasar)

Langkah Pengujian:

1. Menentukan Volume Wadah

Ukur dimensi wadah (diameter dan tinggi) atau gunakan wadah dengan volume yang telah diketahui.

2. Menimbang Wadah Kosong

Timbang wadah dalam kondisi kosong dan kering, catat sebagai W_1 (gram).

3. Mengisi Agregat ke Dalam Wadah

Untuk metode berat isi padat, agregat dimasukkan ke dalam wadah uji dalam tiga lapisan dengan ketebalan yang relatif sama. Setiap lapisan dipadatkan menggunakan tongkat pematik dengan cara memasukkan sebanyak 25 kali secara merata di seluruh permukaan lapisan. Penusukan dilakukan dengan tinggi jatuh tongkat pematik ± 5 cm dari permukaan

agregat, sehingga distribusi pemadatan merata dan rongga udara di antara butiran agregat dapat diminimalkan. Proses ini diulangi hingga wadah terisi penuh, kemudian permukaan diratakan sebelum dilakukan penimbangan. Untuk metode berat isi gembur, isi wadah tanpa pemadatan dan ratakan permukaannya.

4. Menimbang Wadah Berisi Agregat

Timbang wadah beserta agregat, catat sebagai W_2 (gram).

5. Menghitung Berat Isi

Hitung massa agregat:

$$W = W_2 - W_1$$

Hitung berat isi (BI):

$$BI = \frac{W}{V}$$

Keterangan:

BI = berat isi (kg/m^3)

W = massa agregat (kg)

V = volume wadah (m^3)

6. Mencatat dan Melaporkan Hasil

Catat hasil pengujian, lakukan minimal tiga kali pengulangan, dan ambil nilai rata-ratanya sebagai berat isi agregat.

b. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

Analisis saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butiran agregat kasar dan halus. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui gradasi agregat serta menilai kesesuaiannya dengan spesifikasi yang berlaku. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 atau SNI ASTM C136:2012.

Alat dan Bahan:

1. Susunan saringan bertingkat dengan ukuran bukaan tertentu sesuai jenis agregat (kasar atau halus).
2. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram.
3. Mesin pengayak atau alat penggetar (*sieve shaker*).
4. Wadah untuk menampung agregat.

5. Sikat kecil untuk membersihkan saringan.
 6. Agregat yang akan diuji.
- Langkah Pengujian
1. Persiapan Saringan dan Benda Uji
 - Susun saringan dari ukuran bukaan terbesar di bagian atas hingga ukuran terkecil di bagian bawah, diakhiri dengan pan penampung.
 - Untuk agregat kasar, umumnya digunakan saringan dengan ukuran 37,5 mm sampai 4,75 mm.
 - Untuk agregat halus, digunakan saringan dengan ukuran 4,75 mm hingga 0,075 mm.
 - Bersihkan saringan dari sisa material agar hasil pengujian akurat.
 2. Menimbang Benda Uji
 - Timbang agregat kering dengan berat sesuai standar (± 5000 gram untuk agregat kasar, ± 1000 gram untuk agregat halus).
 - Catat berat total sebagai W_{total} .
 3. Proses Pengayakan
 - Masukkan agregat ke dalam saringan paling atas.
 - Letakkan susunan saringan pada mesin pengayak.
 - Ayak selama ± 10 menit atau hingga tidak ada butiran signifikan yang lolos saat digetarkan.
 - Jika menggunakan ayakan manual, goyangkan saringan secara konsisten ke arah horizontal, vertikal, dan memutar untuk memastikan proses pengayakan merata.
 4. Menimbang Agregat Tertahan
 - Setelah pengayakan selesai, timbang berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.
 - Catat berat tertahan pada setiap saringan (W_{tertahan})

5. Perhitungan Persentase

- Hitung persentase berat tertahan:

$$\% \text{Tertahan} = \frac{w_{\text{tertahan}}}{w_{\text{total}}} \times 100\%$$

- Hitung persentase kumulatif tertahan dan persentase lolos untuk setiap ukuran saringan.

6. Analisis dan Pelaporan Hasil

- Susun hasil pengujian dalam tabel yang memuat ukuran saringan, berat tertahan, persentase tertahan, persentase kumulatif tertahan, dan persentase lolos.
- Plotkan grafik gradasi agregat sesuai spesifikasi SNI untuk menentukan jenis gradasi (halus, kasar, atau seragam).

c. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200

Pemeriksaan bahan lewat saringan No. 200 dilakukan untuk mengetahui persentase butiran halus, debu, dan partikel berukuran sangat kecil yang terdapat pada agregat. Kandungan bahan halus yang melebihi batas dapat memengaruhi daya rekat pasta semen, memperbesar kebutuhan air, serta menurunkan kekuatan beton. Pengujian ini mengacu pada SNI ASTM C117:2012.

Alat dan Bahan

1. Saringan No. 200 (bukaan 0,075 mm) dan saringan tambahan sesuai kebutuhan.
2. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram.
3. Wadah untuk mencuci agregat.
4. Ember atau baskom untuk menampung air pencucian.
5. Oven pengering dengan suhu 110 ± 5 °C.
6. Kuas atau sikat kecil untuk membersihkan saringan.
7. Agregat (halus atau kasar) yang akan diuji.

Langkah Pengujian

1. Menimbang sampel agregat dalam kondisi kering oven dengan berat sesuai standar yaitu sekitar 500 gram untuk agregat halus atau 1000 gram untuk agregat kasar kemudian mencatat berat awal sebagai W_1 .

2. Meletakkan sampel di atas saringan No. 200 kemudian mencuci dengan air bersih sambil menggoyangkan dan mengaduk agar partikel halus dapat lolos melalui saringan serta melanjutkan pencucian hingga air yang keluar menjadi jernih.
 3. Memindahkan agregat yang tertahan pada saringan ke dalam wadah pengering kemudian mengeringkannya dalam oven pada suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hingga beratnya konstan.
 4. Menimbang kembali sampel setelah pengeringan kemudian mencatat hasilnya sebagai W_2 .
 5. Menghitung berat partikel halus dengan mengurangi berat akhir dari berat awal yaitu $W_{\text{halus}} = W_1 - W_2$ kemudian menghitung persentase lolos saringan No. 200 dengan rumus $\% \text{Lolos} = \frac{W_{\text{halus}}}{W_1} \times 100\%$
 6. Melaporkan hasil pengujian dalam bentuk persentase lolos saringan No. 200 dan membandingkannya dengan batas maksimum yang diizinkan dalam spesifikasi SNI untuk menentukan kelayakan agregat.
- d. Pemeriksaan Bahan Organik
- Pemeriksaan bahan organik dilakukan untuk mengetahui kandungan zat organik pada agregat halus (pasir) yang dapat memengaruhi proses hidrasi semen dan menurunkan kekuatan beton. Kandungan bahan organik yang tinggi dapat menghambat ikatan antara pasta semen dan butiran agregat. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996 atau ASTM C40.

Alat dan Bahan:

1. Tabung gelas transparan berkapasitas ± 350 mL.
2. Larutan natrium hidroksida (NaOH) 3% atau larutan natrium hidroksida pekat sesuai standar.
3. Sendok pengaduk atau batang kaca.
4. Agregat halus (pasir) yang akan diuji.
5. Air bersih.

Langkah Pengujian:

1. Menyiapkan peralatan yang terdiri dari tabung gelas transparan dengan volume minimal 350 mL, larutan natrium hidroksida (NaOH) 3% larutan

standar asam tanat, gelas ukur, serta agregat halus dalam kondisi kering udara yang akan diuji

2. Mengisi tabung gelas dengan agregat halus setinggi kurang lebih 130 ml kemudian menambahkan larutan natrium hidroksida 3% hingga volume mencapai sekitar 200 ml
 3. Mengaduk campuran secara perlahan hingga seluruh permukaan agregat terbasahi sempurna oleh larutan kemudian menutup tabung untuk mencegah masuknya kotoran atau kontaminasi dari luar
 4. Membiarkan campuran tersebut dalam keadaan diam selama kurang lebih 24 jam di tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung agar proses reaksi dapat berlangsung secara optimal
 5. Menyiapkan larutan standar pembandingan dengan cara menuangkan larutan asam tanat ke dalam tabung gelas lain hingga mencapai tinggi larutan yang sama dengan tabung uji
 6. Mengamati dan membandingkan warna larutan pada tabung uji dengan warna larutan standar di mana warna yang lebih gelap pada tabung uji menunjukkan kandungan bahan organik yang melebihi batas yang diizinkan
 7. Mencatat hasil pengamatan dan menyimpulkan apakah agregat memenuhi persyaratan atau tidak kemudian mendokumentasikan hasil uji ke dalam tabel laporan pengujian.
- e. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus
- Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan partikel halus yang berukuran lebih kecil dari 0,063 mm. Kandungan lumpur yang melebihi batas dapat mengganggu ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga menurunkan kekuatan beton.

Alat dan Bahan:

1. Gelas ukur atau tabung ukur berkapasitas minimal 250 ml
2. Larutan natrium pirofosfat atau air bersih
3. Pengaduk berbahan kaca atau logam tahan karat
4. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram
5. Agregat halus dalam kondisi kering udara

Langkah pengujian

1. Menimbang agregat halus sebanyak 100 gram dalam kondisi kering udara dan mencatat beratnya sebagai berat awal benda uji
 2. Memasukkan agregat halus tersebut ke dalam gelas ukur kemudian menambahkan larutan natrium pirofosfat atau air bersih hingga volume mencapai 150 ml
 3. Mengaduk campuran dengan pengaduk secara perlahan namun merata sehingga butiran agregat terdispersi dan partikel lumpur terpisah dari permukaan butiran pasir
 4. Membiarkan campuran dalam keadaan diam selama kurang lebih 24 jam agar partikel lumpur mengendap di bagian atas agregat
 5. Mengamati lapisan lumpur yang terbentuk dan mengukur ketebalannya menggunakan skala pada gelas ukur kemudian mencatat hasil pengukuran
 6. Menghitung persentase kadar lumpur dengan membandingkan tinggi lapisan lumpur terhadap tinggi keseluruhan agregat lalu mengonversinya ke dalam persentase
 7. Mencatat dan melaporkan hasil pengujian ke dalam tabel data laboratorium serta membandingkan hasilnya dengan persyaratan yang ditetapkan oleh standar SNI untuk menentukan kelayakan agregat tersebut digunakan sebagai bahan campuran beton
- f. Pemeriksaan Kadar Air Agregat
- Pemeriksaan kadar air agregat bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air yang terdapat pada agregat. Nilai ini penting dalam perencanaan

campuran beton karena memengaruhi perbandingan air-semen (*water-cement ratio*) dan, pada akhirnya, mutu beton yang dihasilkan.

Alat dan Bahan:

1. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram
2. Wadah tahan panas yang bersih dan kering
3. Oven pengering dengan suhu sekitar $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
4. Sarung tangan tahan panas
5. Agregat yang akan diuji

Langkah Pengujian

1. Menimbang agregat yang akan diuji dalam kondisi basah atau kondisi lapangan kemudian mencatat hasil penimbangan sebagai berat awal
2. Memasukkan agregat beserta wadahnya ke dalam oven pengering yang telah diatur suhunya antara $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
3. Mengeringkan agregat di dalam oven selama kurang lebih 24 jam atau hingga beratnya konstan yang ditandai dengan selisih penimbangan kurang dari 0,1 persen antara dua kali penimbangan berturut-turut
4. Mengeluarkan agregat dari oven dengan menggunakan sarung tangan tahan panas kemudian membiarkannya pada suhu ruang hingga dingin
5. Menimbang kembali agregat yang telah kering dan mencatat hasil penimbangan sebagai berat kering
6. Menghitung kadar air agregat dengan menggunakan rumus perbandingan selisih antara berat awal dan berat kering terhadap berat kering kemudian mengalikan hasilnya dengan seratus persen
- g. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
Menentukan berat jenis agregat kasar dalam kondisi jenuh permukaan (SSD) sebagai dasar perhitungan proporsi campuran beton. Menentukan nilai penyerapan air agregat kasar yang diperlukan untuk koreksi kandungan air pada perencanaan campuran beton.

Alat dan Bahan:

1. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram
2. Oven pengering yang dapat diatur pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
3. Wadah atau baskom untuk perendaman air yang cukup besar agar sampel dapat terbenam seluruhnya
4. Alat gantung atau keranjang logam untuk menimbang benda uji dalam air agar dapat memperoleh berat terendam
5. Kain lap atau handuk bersih untuk menghilangkan air permukaan saat mencapai kondisi SSD
6. Air bersih pada suhu ruang dan pengaduk bila diperlukan
7. Sampel agregat kasar yang representatif dengan massa secukupnya, direkomendasikan antara 2 hingga 5 kg per pengulangan
8. Sarung tangan dan alat pelindung sesuai prosedur laboratorium

Langkah Pengujian:

1. Menentukan dan menyiapkan sampel agregat kasar yang representatif kemudian membersihkan sampel dari kotoran organik atau material halus yang jelas terlihat sebelum pengujian
2. Menimbang wadah kosong bila digunakan atau langsung menimbang massa awal agregat pada kondisi basah jika pengambilan sampel dilakukan di lapangan kemudian mencatat sebagai data pendahuluan
3. Menempatkan sampel agregat ke dalam oven yang telah dipanaskan pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ kemudian mengeringkan hingga mencapai massa konstan yang ditandai dengan selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,1 persen atau sesuai kriteria laboratorium yang berlaku
4. Mendinginkan sampel yang telah kering dalam desikator atau di ruang bersih hingga mencapai suhu ruang lalu menimbang massa kering oven dan mencatatnya sebagai W_d atau massa kering
5. Merendam sampel kering tersebut dalam air bersih pada suhu ruang selama sekurang-kurangnya 24 jam agar butiran mencapai kondisi jenuh permukaan pori namun tidak berair pada permukaan luar

6. Mengangkat sampel dari rendaman dan menghilangkan air permukaan dengan cara menggelindingkan butiran pada kain lap bersih atau dengan menyeka ringan sehingga permukaan butiran tampak tidak mengkilap oleh air namun pori-pori tetap jenuh lalu menimbang massa pada kondisi jenuh permukaan dan mencatatnya sebagai W_{ssd}
7. Menimbang massa terendam dengan meletakkan sampel pada keranjang gantung yang tergantung di dalam bejana berisi air sehingga memperoleh berat terendam W_{sub} atau W_t terendam dan memastikan tidak terdapat gelembung udara terperangkap di permukaan agregat saat pengukuran
8. Menghitung berat jenis bulk pada kondisi SSD menggunakan rumus $G_b = \frac{W_{ssd}}{W_d - W_{sub}}$ dan menghitung penyerapan air dalam persen menggunakan rumus $P_{ssd} (\%) = \frac{(W_{ssd} - W_d)}{W_d} \times 100$

h. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis kering, berat jenis kering permukaan jenuh, dan berat jenis semu agregat halus, serta menentukan persentase penyerapan air oleh agregat halus. Nilai tersebut penting untuk perhitungan campuran beton agar proporsi air dan semen sesuai dengan kebutuhan teknis.

Alat dan Bahan:

1. Timbangan digital dengan ketelitian minimal 0,1 gram
2. Keranjang kawat atau saringan dengan ukuran bukaan sesuai standar
3. Wadah perendaman (ember atau bak)
4. Lap atau kain penyeka lembut
5. Oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$
6. Termometer
7. Agregat halus sebagai benda uji

Langkah-langkah:

1. Siapkan agregat halus dalam jumlah yang cukup, kemudian cuci untuk menghilangkan kotoran dan debu yang menempel
2. Rendam agregat halus dalam air bersih selama kurang lebih 24 jam hingga tercapai kondisi jenuh air

3. Setelah perendaman, tiriskan air dan keringkan permukaan agregat dengan cara menempatkannya di atas kain peneka hingga tercapai kondisi kering permukaan jenuh (SSD), ditandai dengan tidak adanya air bebas di permukaan butiran
4. Timbang agregat dalam kondisi SSD, catat hasilnya sebagai berat SSD
5. Masukkan agregat ke dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat konstan, kemudian timbang dan catat hasilnya sebagai berat kering oven
6. Timbang pula berat agregat halus dalam keadaan terendam air menggunakan keranjang kawat untuk mendapatkan berat terendam
7. Lakukan perhitungan nilai berat jenis kering, berat jenis SSD, berat jenis semu, serta persentase penyerapan air sesuai rumus yang berlaku

i. Pengujian Keausan Agregat (Abrasi Test) Dengan Menggunakan Alat Los Angeles

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan aus agregat kasar terhadap gesekan dan benturan, yang akan mempengaruhi kekuatan dan daya tahan beton pada saat digunakan dalam konstruksi.

Alat dan Bahan:

Alat yang digunakan meliputi mesin Los Angeles, bola baja dengan berat dan jumlah sesuai standar, ayakan dengan ukuran tertentu untuk pemisahan agregat, timbangan digital dengan ketelitian tinggi, serta wadah penampung agregat. Bahan yang digunakan adalah agregat kasar kering dengan ukuran sesuai ketentuan pengujian.

Langkah Pengujian:

1. Menyiapkan agregat kasar yang telah dikeringkan di udara bebas hingga mencapai kondisi kering permukaan kemudian menimbangya sesuai dengan berat yang ditentukan untuk pengujian.
2. Memasukkan agregat yang telah ditimbang ke dalam drum mesin Los Angeles bersama sejumlah bola baja sesuai standar yang berlaku.
3. Menutup rapat penutup drum mesin untuk memastikan agregat dan bola baja tidak keluar selama proses pengujian berlangsung.

4. Menyalakan mesin Los Angeles dan memutar drum sebanyak jumlah putaran yang telah ditentukan berdasarkan prosedur standar pengujian.
5. Setelah putaran selesai, membuka penutup drum dan mengeluarkan campuran agregat dan bola baja dengan hati-hati.
6. Memisahkan bola baja dari agregat kemudian mengayak agregat menggunakan ayakan yang telah ditentukan untuk memisahkan bagian yang aus dan hancur.
7. Menimbang agregat yang tertahan pada ayakan dan menghitung persentase keausan agregat berdasarkan perbedaan berat sebelum dan sesudah pengujian.

j. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis semen, yang digunakan sebagai dasar perhitungan perbandingan campuran beton serta untuk memastikan semen memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan.

Alat dan Bahan:

Alat yang digunakan meliputi piknometer atau botol ukur yang memiliki tutup rapat dengan kapiler kecil, timbangan digital dengan ketelitian tinggi, gelas ukur, dan corong kecil. Bahan yang digunakan adalah semen yang akan diuji serta air suling atau cairan kerosin sebagai media pengisi piknometer.

Langkah Pengujian:

1. Membersihkan piknometer dan memastikan alat dalam kondisi kering lalu menimbang berat piknometer kosong
2. Mengisi piknometer dengan air suling atau kerosin hingga penuh kemudian menimbang kembali untuk mendapatkan berat piknometer terisi cairan
3. Mengosongkan sebagian isi piknometer kemudian memasukkan sejumlah semen yang telah ditimbang sebelumnya melalui corong hingga jumlah semen sesuai ketentuan pengujian
4. Mengisi kembali piknometer dengan cairan pengisi hingga penuh sambil memastikan tidak ada gelembung udara yang terjebak di dalamnya

5. Menutup rapat piknometer dan membersihkan bagian luar alat kemudian menimbang kembali untuk mendapatkan berat total piknometer berisi semen dan cairan
6. Menghitung berat jenis semen dengan membandingkan volume cairan yang tergeser akibat penambahan semen terhadap massa semen yang digunakan sehingga diperoleh nilai berat jenis sesuai rumus perhitungan
- k. Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Hidrolis
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah air yang diperlukan agar pasta semen mencapai konsistensi normal. Nilai ini penting untuk proses pengujian sifat-sifat semen selanjutnya seperti waktu ikat dan kekuatan, serta memastikan pencampuran semen di lapangan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Alat dan Bahan:

Alat yang digunakan meliputi alat Vicat lengkap dengan jarum dan cincin cetakan, pelat kaca atau pelat logam datar, pengaduk atau sendok semen, stopwatch, serta timbangan digital dengan ketelitian tinggi. Bahan yang digunakan adalah semen yang akan diuji dan air bersih dengan suhu ruangan.

Langkah Pengujian

1. Membersihkan semua peralatan pengujian dan memastikan alat Vicat, cincin cetakan, serta pelat alas dalam keadaan kering dan bebas kotoran
2. Menimbang semen sesuai ketentuan standar kemudian meletakkannya pada permukaan pelat kaca untuk proses pengadukan
3. Menambahkan air bersih dengan jumlah perkiraan awal lalu mengaduk semen dan air hingga tercampur merata dengan waktu pencampuran yang tidak melebihi ketentuan standar
4. Memasukkan pasta semen ke dalam cincin cetakan yang telah diletakkan di atas pelat kaca sambil memadatkan secara perlahan agar tidak terbentuk rongga udara di dalam adonan
5. Meratakan permukaan atas pasta semen menggunakan penggaris atau alat perata sehingga permukaannya sejajar dengan tepi cincin cetakan

6. Meletakkan cincin cetakan di bawah jarum Vicat kemudian menurunkan jarum secara perlahan hingga menyentuh permukaan pasta semen lalu melepaskannya secara bebas
7. Mengamati kedalaman penetrasi jarum Vicat yang idealnya mencapai jarak antara 5 sampai 7 milimeter dari dasar cetakan
8. Mengulangi proses dengan menyesuaikan jumlah air pada adonan baru apabila penetrasi jarum terlalu dalam atau terlalu dangkal hingga diperoleh hasil sesuai batas konsistensi normal yang dipersyaratkan

1. Penentuan Waktu Pengikatan Semen Hidrolis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu pengikatan awal dan akhir semen hidrolis, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan beton atau mortar di lapangan agar proses pengerjaan berlangsung dengan efektif sebelum campuran mengeras.

Alat dan Bahan:

Peralatan yang digunakan meliputi alat Vicat lengkap dengan jarum pengikat awal dan akhir, cetakan berbentuk kerucut terpancung, pelat kaca atau permukaan datar yang kedap air, stopwatch, serta spatula pencampur. Bahan yang digunakan adalah semen hidrolis dan air bersih sesuai dengan perbandingan yang ditentukan.

Langkah Kerja:

Pertama, disiapkan pasta semen dengan konsistensi normal yang telah ditentukan sebelumnya melalui uji konsistensi normal. Setelah itu, pasta dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk kerucut terpancung yang diletakkan di atas pelat kaca, lalu diratakan permukaannya sehingga padat dan bebas rongga udara. Selanjutnya, cetakan segera dilepas secara perlahan agar pasta tidak terganggu bentuknya.

Pengujian waktu pengikatan awal dilakukan dengan menempatkan jarum Vicat berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm tepat di atas permukaan pasta, kemudian dilepaskan secara vertikal hingga menyentuh permukaan. Waktu yang dicatat adalah sejak air mulai dicampurkan dengan semen hingga jarum tidak mampu

menembus permukaan pasta dengan jarak tertentu sesuai standar SNI, yang menandakan tercapainya waktu pengikatan awal.

Pengujian waktu pengikatan akhir dilanjutkan dengan mengganti jarum pengikat awal dengan jarum berbentuk cincin atau jarum pengikat akhir. Jarum ini ditekan secara perlahan pada permukaan pasta, dan waktu pengikatan akhir ditentukan ketika jarum hanya mampu meninggalkan bekas pada permukaan tanpa meninggalkan lekukan di bagian dalam pasta. Waktu tersebut dihitung sejak pencampuran awal hingga kondisi tersebut tercapai.

m. Penetapan Variabel Perencanaan & Perhitungan Komposisi Unsur Beton

Proses ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter perencanaan campuran beton serta menghitung kebutuhan masing-masing bahan penyusun agar diperoleh beton dengan mutu sesuai target kuat tekan rencana berdasarkan ketentuan SNI yang berlaku.

Alat dan Bahan:

Peralatan yang digunakan meliputi kalkulator atau perangkat lunak pengolahan data, timbangan digital, alat ukur volume, serta dokumen acuan SNI terkait perencanaan campuran beton. Bahan yang digunakan mencakup semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, air bersih, serta bahan tambahan (*admixture*) apabila diperlukan.

Langkah-langkah penetapan adalah sebagai berikut:

1. Tentukan Standar Deviasi

Tabel 3.3 Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2. Tentukan kuat tekan rata-rata dengan rumus:

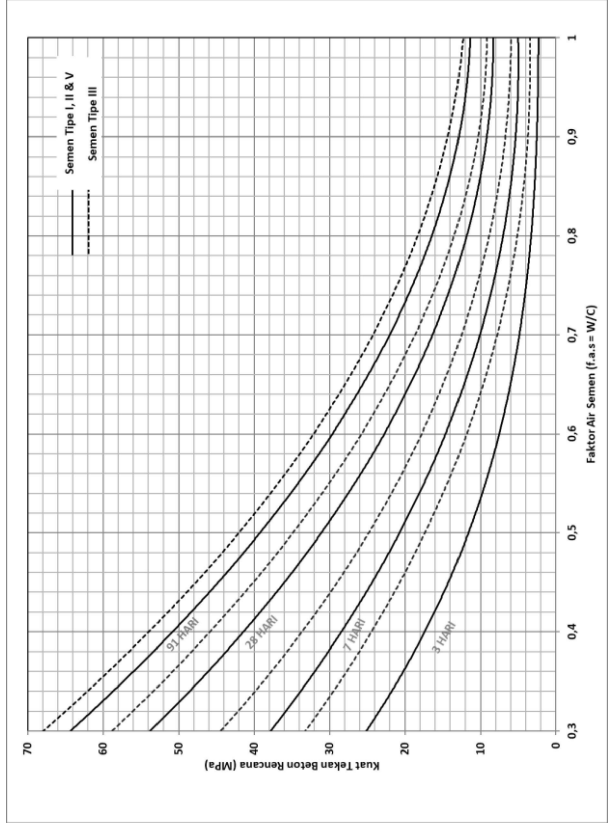
$$f_{cr} = f_c + 1,64 \times S$$

3. Tentukan faktor air-semen (f.a.s) dengan merujuk pada gambar yang relevan.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (Mpa)				
		Umur (Hari)			Bentuk	
		3	7	28	95	Bentuk Uji
Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari tabel 3.4, maka dapat masuk ke grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (W/C)



Gambar 3.1 Grafik Kurva Hubungan Antara Kuat Tekan dengan F.A.S
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

4. Hitung jumlah air bebas
 Dengan menggunakan tabel yang dibuat untuk agregat gabungan alami (tidak dipecah) serta agregat yang dipecah. Untuk agregat gabungan yang merupakan campuran antara pasir alami dan kerikil (batu pecah).

Tabel 3.5 Perkiraan Jumlah Air Bebas

AIR BEBAS							
AG MAX	SLUMP (mm)						
	0-10		10-30		30-60		60-180
(mm)	Wh	Wk	Wh	Wk	Wh	Wk	Wk
10	150	180	180	205	205	230	225
20	135	170	160	190	180	210	195
25	130	171	155	186	175	205	190
40	115	175	140	175	160	190	175
							205

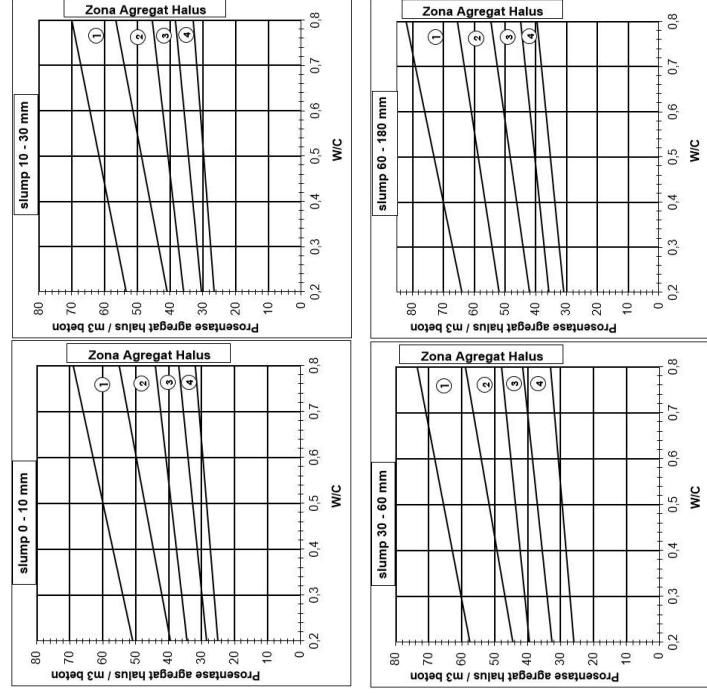
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

5. Tentukan jumlah semen Portland dengan rumus:

Jumlah Semen PC = jumlah air bebas / f.a.s = W / f.a.s

Jika W/C yang diperoleh dari kurva lebih kecil daripada nilai W/C menurut tabel, maka ambil nilai terkecil. Pastikan jumlah semen memenuhi persyaratan minimum berdasarkan tabel.

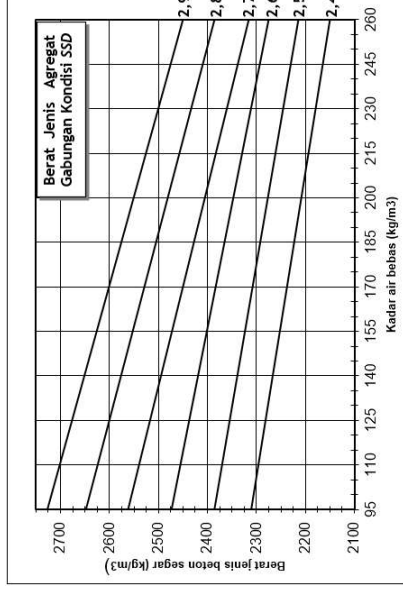
6. Tentukan persentase agregat halus dengan menggunakan grafik yang didasarkan pada zona pasir, f.a.s, nilai slump, dan diameter agregat maksimum, yang akan memberikan hasil akhir berupa persentase pasir.



Gambar 3.2 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

7. Hitung berat jenis beton segar dengan menggunakan data jumlah air bebas W dan specific gravity gabungan G_s gab untuk memperkirakan berat jenis beton segar D .



Gambar 3.3 Grafik Perkiraan Berat Jenis Beton Segar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

8. Tentukan jumlah agregat dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry):

Jumlah total agregat = berat jenis beton segar - jumlah semen - jumlah air bebas.

Jumlah agregat halus = persentase agregat halus dikalikan dengan berat total agregat.

Jumlah agregat kasar = persentase agregat kasar dikalikan dengan berat total agregat.

9. Untuk menentukan komposisi campuran dalam kondisi lapangan, konversikan semua agregat dari keadaan SSD ke keadaan asli.

Langkah-langkah:

1. Penentuan kuat tekan rencana beton dilakukan terlebih dahulu dengan mempertimbangkan mutu yang diinginkan, beban yang akan diterima konstruksi, serta faktor keamanan sesuai standar.
2. Nilai deviasi standar ditetapkan berdasarkan data uji mutu beton sebelumnya atau menggunakan nilai default yang tercantum pada SNI apabila data historis tidak tersedia.
3. Faktor keandalan dihitung untuk menyesuaikan kuat tekan rencana terhadap variasi mutu produksi di lapangan, sehingga diperoleh kuat tekan target.

4. Rasio air terhadap semen (w/c ratio) ditentukan berdasarkan tabel hubungan kuat tekan dan faktor air-semen yang terdapat pada SNI, dengan memperhatikan jenis semen dan kondisi lingkungan.
 5. Penentuan kebutuhan air dilakukan dengan melihat ukuran maksimum agregat kasar dan tingkat workability yang diinginkan, merujuk pada tabel SNI yang mengatur jumlah air per meter kubik beton.
 6. Kadar semen dihitung dari perbandingan antara kebutuhan air dan nilai w/c ratio yang telah ditentukan sebelumnya.
 7. Proporsi agregat halus terhadap agregat total ditetapkan berdasarkan gradasi, bentuk butiran, dan zona kehalusan pasir sesuai ketentuan SNI.
 8. Massa agregat kasar dihitung dengan mempertimbangan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan persentase agregat halus yang telah dipilih.
 9. Perhitungan dilakukan untuk memperoleh massa masing-masing komponen per meter kubik beton, meliputi semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan admixture bila digunakan.
 10. Seluruh hasil perhitungan dirangkum dalam tabel proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyesuaian terhadap kondisi kelembaban agregat di lapangan agar takaran aktual sesuai rencana.
- n. Pencampuran dan Pembuatan Benda Uji
- Proses pencampuran dan pembuatan benda uji bertujuan untuk menghasilkan campuran beton segar yang homogen dengan komposisi sesuai rancangan, serta membentuk benda uji yang memenuhi standar mutu sehingga dapat digunakan dalam pengujian sifat mekanik beton.

Alat dan Bahan:

Peralatan yang digunakan meliputi molen atau mesin pengaduk beton, ember takar, cetakan silinder beton berukuran sesuai SNI, batang penusuk baja, sekop, sendok aduk, serta alat pelumas cetakan. Bahan yang digunakan adalah semen, agregat halus, agregat kasar, dan air sesuai dengan perhitungan rancangan campuran beton.

Langkah-langkah:

Proses dimulai dengan menyiapkan seluruh peralatan dan memastikan cetakan benda uji dalam kondisi bersih serta dilapisi pelumas tipis agar beton mudah dilepaskan setelah mengeras. Selanjutnya, seluruh bahan ditimbang sesuai dengan komposisi campuran beton yang telah direncanakan. Proses pencampuran dilakukan dengan memasukkan agregat kasar dan agregat halus terlebih dahulu ke dalam molen kemudian diikuti dengan semen. Air dimasukkan secara bertahap sambil mesin pengaduk beroperasi sehingga seluruh bahan tercampur secara merata dan menghasilkan beton segar dengan konsistensi yang diinginkan. Setelah tercampur, beton segar dimasukkan ke dalam cetakan silinder secara bertahap dalam tiga lapis. Setiap lapisan dipadatkan dengan batang penusuk sebanyak dua puluh lima kali tusukan secara merata di seluruh permukaan. Setelah lapisan terakhir selesai dipadatkan, permukaan beton diratakan dengan sendok aduk sehingga rata dan halus. Cetakan kemudian disimpan di tempat yang terlindung dari panas langsung, hujan, dan getaran hingga proses perawatan beton dapat dilakukan sesuai prosedur.

o. Pengujian Tekan dan Tarik Belah Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang telah dibuat, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi mutu beton sesuai standar yang berlaku.

Alat dan bahan:

Peralatan yang digunakan meliputi mesin uji tekan yang memiliki kapasitas beban sesuai kebutuhan, pelat tekanan baja, pelat bantalan untuk uji tarik belah, mistar ukur, serta peralatan bantu lainnya. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran dan umur sesuai persyaratan SNI, umumnya berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm atau ukuran lain yang ditentukan.

Langkah Pengujian Kuat Tekan Beton:

Benda uji yang telah mencapai umur rencana diambil dari tempat perendaman kemudian permukaan air yang menempel dibersihkan. Setelah itu, benda uji diletakkan pada mesin uji tekan dengan posisi tegak lurus terhadap pelat

penekan. Penekanan dilakukan secara merata dengan kecepatan pembebanan yang konstan sesuai ketentuan SNI hingga benda uji mengalami keruntuhan. Nilai beban maksimum yang terbaca pada mesin uji dicatat kemudian dihitung kuat tekannya dengan membagi beban maksimum terhadap luas penampang benda uji.

Langkah Pengujian Kuat Tarik Belah Beton:

Benda uji yang akan diuji tarik belah juga diambil dari perendaman dan dibersihkan dari air yang menempel. Benda uji silinder kemudian diletakkan mendatar di antara dua pelat bantalan pada mesin uji tekan. Pembebanan diberikan secara bertahap dan merata hingga benda uji retak dan pecah akibat gaya tarik tidak langsung. Beban maksimum yang tercatat kemudian digunakan untuk menghitung kuat tarik belah dengan rumus yang tercantum pada SNI, yaitu berdasarkan perbandingan antara dua kali beban maksimum dengan hasil perkalian panjang dan diameter benda uji dikalikan π .

3.3 Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Institut Nasional Malang. Waktu penelitian diperkirakan berlangsung sekitar 4 bulan dan 24 hari dimulai dari penentuan judul proposal hingga presentasi atau seminar hasil dari penelitian. Berikut adalah tabel rencana tahapan waktu penelitian:

Tabel 3.6 Rencana Tahapan Waktu Penelitian

No	Nama Kegiatan	Waktu																								
		2024																				2025				
		September					Oktober					November					Desember					Januari				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Studi Literatur																									
2	Penyusunan Proposal Penelitian																									
3	Seminar Proposal																									
4	Pemilihan Alat & Material																									
5	Pengujian Material																									
6	Pembuatan Mix Design																									
7	Pengecoran Benda Uji																									
8	Perawatan (Curing) Hari Ke-28																									
9	Pengujian Kuat Tekan Beton																									
10	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton																									
11	Pengeolahan Data Hasil Pengujian																									
12	Pembahasan Hasil Pengujian (BAB IV & V)																									

3.5 Diagram Alir Penelitian

