

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Pendahuluan

Dalam penelitian setiap pengumpulan data, harus ditentukan dahulu elemen atau obyek yang akan diteliti, elemen yang akan diteliti adalah silinder beton. Tujuan dari pengumpulan data tersebut adalah untuk mengetahui sifat-sifat atau hal-hal yang berhubungan dengan beton, dalam hal ini adalah kuat desak dan modulus elastisitas beton. Ukuran kuat desak beton sebagai benda uji mencerminkan mutu standart yang seragam dari sifat-sifat lain dari beton, seperti kuat tarik dan lentur, kuat geser, modulus elastisitas, rayapan, penyusutan kering, sifat awet, sifat kedap air, dan lain-lain.

Dalam penelitian ini variabel yang mempengaruhi kuat desak dan modulus elastisitas beton adalah variasi penambahan *bentonite* pada campuran beton. Sedangkan faktor lain seperti susunan gradasi, bentuk dan ukuran gradasi, kekerasan, perawatan selama proses pengerasan, cara pemadatan digunakan cara-cara standard agar pengaruhnya kecil terhadap kuat mesak dan modulus elastisitas beton.

Tahapan-tahapan pokok dalam penelitian ini dapat diuraikan melalui beberapa tahap berikut :

1. Pengujian terhadap bahan yang akan digunakan yaitu agregat halus, agregat kasar,
2. perhitungan rencana campuran dan pembuatan sampel,

3. perawatan benda uji selama 28 hari,
4. pengujian kuat desak dan modulus elastisitas (regangan) beton, dan
5. analisa data dan pembahasan.

Dari rangkaian percobaan pada penelitian ini akan diperoleh data. Data ini akan diolah guna membuktikan dasar teori yang ditetapkan. Untuk memperoleh data yang baik harus dilakukan secara cermat mulai dari persiapan, pembuatan sampel, pengujian dan pengolahan data hasil pengujian.

4.1.1. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan harus terlebih dahulu dipersiapkan, agar dalam pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

Bahan :

1. Semen Portland Pozolan merk Nusantara kemasan 40 kg jenis A,
2. agregat kasar dan halus yang berasal dari sungai Progo,
3. *bentonite* yang berasal dari PT. Indobent Wijaya Mineral, Pacitan,
4. air diambil dari Laboratorium BKT UII Yogyakarta.

Alat :

1. Oven untuk pengeringan agregat,
2. piring agregat untuk menampung agregat didalam oven,
3. mesin *Siever* untuk mengayak agregat halus maupun kasar,
4. ayakan untuk menyaring agregat,
5. timbangan untuk meninbang bahan-bahan,
6. gelas ukur untuk menakar air,

7. ember untuk menampung agregat,
8. kerucut *Abrams* untuk pengujian *slump*,
9. *mixer* listrik untuk pengadukan beton,
10. sekop besar untuk mengambil agregat yang jatuh dari *mixer* dan dimasukkan lagi ke dalam *mixer*,
11. sekop kecil untuk memasukkan adukan ke dalam cetakan,
12. penggaris untuk mengukur *slump*,
13. tongkat penumbuk untuk memadatkan benda uji,
14. cetakan silinder untuk tempat mencetak benda uji,
15. kaliper untuk mengukur benda uji,
16. kolam penampungan untuk perawatan beton,
17. mesin uji desak merk “control” untuk tes desak beton, dan
18. “compressometer” untuk mengetahui besarnya regangan.

4.1.2. Perhitungan Kebutuhan Campuran Adukan Beton

Sebelum pembuatan benda uji kita laksanakan, kita harus menghitung terlebih dahulu kebutuhan air, semen, pasir, kerikil. Untuk perhitungannya harus kita sesuaikan dengan kebutuhan yang akan kita buat.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Campuran yang kita pakai telah ditetapkan yaitu 1: 2: 3, dan nilai FAS 0.6, *slump* kita perkirakan 7-10 cm. Untuk mengetahui kebutuhan air per m^3 , dilihat dari tabel 4.1. (berdasarkan buku “Teknologi Beton”, Tjokrodimulyo, 1992).

Tabel 4.1. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai *slump* ukuran maksimum agregat (liter)

<i>Slump</i> (mm)	Ukuran maksimum agregat(mm)		
	10	20	40
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai *slump* dan ukuran maksimum agregat. Sedangkan kita memakai ukuran agregat 38 mm. Setelah dihitung dengan perbandingan segitiga atau interpolasi didapat 183 liter atau 0,183 m³ per m³. Sehingga kita dapat menghitung kebutuhan semen.

$$\text{kebutuhan.semen} = \frac{\text{kebutuhan.air}}{\text{FAS}} = \frac{0.183}{0.6} = 0.305 \text{ m}^3 \text{ atau } 305 \text{ kg per m}^3$$

Sehingga diperlukan kebutuhan per m³ nya adalah air : semen : pasir : kerikil yaitu 183 : 305 : 610 : 915 (kg). Tetapi kita hanya membutuhkan per satu adukan molen sebesar 7x isi dari cetakan silinder. $0.25 \times \pi \times 0.15^2 \times 0.30 \times 7 = 0.03711 \text{ m}^3$. Jadi campuran yang hanya kita butuhkan adalah (183x0.0371) : (305x0.0371) : (610x0.0371) : (915x0.0371) = 6.8 : 11.32 : 22.64 : 34 (kg) per molen.

4.2. Sampel Penelitian

Untuk memperkuat pemahaman ilmiah atas realita dan dapat diterima oleh akal sehat perlu didukung dengan bukti empirisnya yaitu dengan membuat sampel. Sebagian dari populasi yang bersifat dan ciri-cirinya akan diselidiki dan dianggap mewakili dari keseluruhan populasi yang disebut sampel.

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini maka sampel penelitian dibuat tiga jenis beton yaitu :

- a) Beton normal untuk dilakukan uji standard kuat desak dan modulus elastisitas (regangan) beton dengan faktor air semen 0.6,
- b) beton *bentonite*, beton dengan penambahan *bentonite* 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0% 4.25%, 4.5%, 4.75%, 5%, 5.25%, 5.5% (terhadap berat semen) untuk pengujian kuat desak dan modulus elastisitas beton.

Dari kedua macam benda uji tersebut diatas dilakukan perawatan selama 28 hari, jumlah masing-masing pada tiap variasi penambahan *bentonite* ada yang 6 dan 5 buah. Pengujian terhadap benda uji dilakukan terhadap semua benda uji yaitu :

- a) Uji kuat desak dan uji modulus elastisitas (regangan) standard tanpa penambahan *bentonite* pada waktu beton berumur 28 hari (6 sampel)
- b) Uji kuat desak dan modulus elastisitas beton dengan penambahan *bentonite* pada waktu beton berumur 28 hari (77 sampel)

Jadi jumlah total populasi sampel silinder beton ukuran diameter (ϕ) = 15 cm dan tinggi (h) = 30 cm adalah : $6 + 77 = 83$ sampel

Dari pengujian kuat desak dan modulus elastisitas tadi akan dibandingkan antara beton standard dengan beton *bentonite* (beton dengan penambahan *bentonite*).

4.3. Pemeriksaan dan Pengujian Benda Uji

Sebelum bahan penyusun beton digunakan untuk campuran beton terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah bahan layak digunakan atau tidak. Pengujian bahan hanya diterapkan pada agregat (halus dan kasar) bahan-bahan lain seperti semen, *bentonite* sudah diperoleh datanya dari produsen. Adapun standard yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ASTM, PBI '71 dan SKSNI.

4.3.1. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus sesuai dengan ASTM dan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI '71. Standard pengujian terhadap agregat halus sebagai berikut :

- a) Pengujian kadar lumpur dalam agregat halus,
- b) pengujian *specific gravity* dan *absorpsi* agregat halus, dan
- c) pemeriksaan gradasi agregat halus.

4.3.1.a. Pengujian Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Pasir adalah salah satu bahan dasar beton yang berfungsi sebagai agregat halus, untuk itu mutu dari material ini akan berpengaruh pada beton yang dihasilkan. Salah satu persyaratan yang harus dipenuhi yaitu kandungan lumpur dalam agregat halus disyaratkan tidak boleh lebih dari 5 % dari berat keringnya. Pengertian lumpur disini adalah bagian dari pasir yang lolos dari ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci sebelum digunakan dalam campuran beton. Hal ini diatur dalam PBI '71 (PBI NI – 2 – 1971).

1. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian kadar lumpur dalam agregat halus untuk mengetahui besar kecilnya kandungan lumpur dalam pasir.

2. Alat dan Bahan

Alat : - Gelas ukur 250 cc - Cawan
 - Timbangan neraca - Pipet
 - Oven

Bahan : - Pasir 100 gram
 - Air bersih

3. Pelaksanaan Pengujian :

- a) Mengambil agregat halus kering yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu 110°C seberat 100 gram (G_1),
- b) Mencuci pasir dengan air bersih yaitu dengan memasukkan pasir kedalam gelas ukur 250 cc dan menambahkan air bersih hingga permukaan air setinggi 12 cm di atas muka pasir, kemudian dikocok-kocok 10 kali kemudian didiamkan selama kurang lebih 2 menit. Air yang kotor dibuang tanpa ada pasir yang ikut terbang, langkah ini dilakukan sampai air tampak jernih,
- c) Menuangkan pasir ke dalam cawan, kemudian membuang sisa air dengan pipet, setelah itu pasir dikeringkan dalam oven bersuhu 110°C selama 24 jam,
- d) Mengambil pasir yang telah kering oven, dan dibiarkan dingin hingga mencapai suhu kamar, kemudian pasir tersebut ditimbang (G_2),
- e) Menghitung prosentase kadar lumpur dalam pasir dengan rumus :

$$X = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100 \% \quad (4.1)$$

Dimana x = Prosentase kadar lumpur pasir 5% maka pasir harus dicuci sebelum digunakan dalam campuran beton.

4.3.1.b. Pengujian *Specific Gravity* Agregat Halus

Untuk mengetahui mutu dari suatu agregat halus perlu diadakan pengujian *specific gravity* agregat halus :

1. Tujuan

- a) Untuk mengetahui harga *bulk specific gravity* yaitu berat jenis pasir dalam keadaan kering dengan volume keseluruhan,
- b) Untuk mengetahui *specific gravity* SSD yaitu berat jenis pasir dalam kondisi jenuh air kering permukaan atau harga perbandingan berat pasir jenuh kering permukaan dengan volume pasir total,
- c) Untuk mengetahui *apparent specific gravity* yaitu harga perbandingan berat pasir kering dengan volume pasir kering,
- d) Untuk mengetahui *absorpsi* yaitu besarnya air yang diserap oleh pasir.

2. Alat dan Bahan

- Alat : - *Volumetrik flash* - *Conical mould* - *Oven*
 - Neraca/timbangan - Pematat
- Bahan : - Agregat halus (pasir)
 - Air bersih

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Disiapkan pasir kering sebanyak 1000 gram,

- b) Pemeriksaan kondisi SSD (jenuh kering permukaan), pasir yang telah dibasahi air secukupnya dimasukkan kedalam conical mould 1/3 bagian ditumbuk 10 kali, tambahkan pasir hingga 2/3 bagian ditumbuk 10 kali, kemudian ditambah lagi pasir hingga penuh dan ditumbuk 10 kali. Angkat *conical mould* dan ukur penurunan pasir yang terjadi. Kondisi SSD tercapai bila kondisi penurunan pasir yang terjadi mencapai 1/2 dari tinggi *conical mould*,
- c) Bila pasir belum dalam kondisi SSD, maka pasir perlu diangin-anginkan terlebih dahulu dan kemudian diadakan pengujian lagi seperti diatas.
- d) Bila pasir sudah dalam kondisi SSD, ambil sebanyak 500 gram dan masukkan kedalam *volumetrik flash* dan direndam selama 24 jam,
- e) Setelah 24 jam, timbang berat *volumetrik flash* + pasir + air, pasir diambil dan ditimbang berat *volumetrik flash* + air. Kemudian pasir dioven selama 24 jam dan setelah itu ditimbang beratnya.
- f) Menganalisa hasil percobaan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{Bulk Specific Gravity Pasir} : \frac{C}{B+D-A} \quad (4.2)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} : \frac{D}{B+D-A} \quad (4.3)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} : \frac{C}{C+B-A} \quad (4.4)$$

$$\text{Absorpsi} : \frac{D-C}{C} \times 100\% \quad (4.5)$$

Keterangan :

A = Berat air + *Volumetrik flash* + pasir - C = Berat pasir Kering

B = Berat air + *Volumetrik flash*

- D = Berat pasir SSD

4.3.1.c. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Sifat kohesi dari campuran sangat ditentukan oleh gradasi agregat halus, kemudahan pengerjaan dan pemakaian semen juga ditentukan oleh gradasi ini.

1. Tujuan

Untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir, prosentase modulus kehalusannya

2. Alat dan Bahan

Alat : - Satu set saringan, dengan variasi diameter lobang 9,5 mm ; 4,75 mm ; 2,36 mm ; 1,18 mm ; 0.85 mm ; 0,30 mm ; 0,15 mm dan pan
 - Neraca/timbangan
 - Mesin penggetar

Bahan : - Pasir kering oven

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Menyiapkan pasir \pm 2000 mm,
- b) Memasang saringan dengan susunan sesuai urutan besar diameter lubang dan yang terbawah adalah pan,
- c) Menumpah pasir kedalam saringan teratas kemudian tutup rapat-rapat,
- d) Susunan saringan dipasang pada mesin penggetar lalu digetarkan selama 5 menit, lalu diangkat,
- e) Memindahkan pasir yang tertinggal dalam saringan kedalam cawan dan ditimbang,

f) Menganalisa modulus kehalusan pasir dengan rumus :

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir} : \frac{a-b}{c} \times 100 \% \quad (4.6)$$

Keterangan : a = Σ Prosentase berat pasir yang tertinggal komulatif

b = Berat pasir dalam pan

c = Σ Prosentase berat pasir yang tertinggal

4.3.2. Pengujian Agregat kasar

Pengujian terhadap agregat kasar berdasarkan ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI '71. Pengujian terhadap agregat kasar antara lain :

- a) Pengujian *Specific gravity* dan *absorpsi*,
- b) Pengujian gradasi kerikil (agregat kasar),
- c) Pengujian keausan kerikil (agregat kasar),

4.3.2.a. Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Kasar

Untuk mengetahui mutu dari agregat kasar perlu diadakan pengujian *specific gravity* agregat kasar. Dimana mutu kuat tekan beton juga ditentukan oleh kualitas agregat kasar.

1. Tujuan

Untuk mengetahui : a) *Bulk specific gravity*

b) *Specific gravity SSD*

c) *Apparent specific gravity*

2. Alat dan Bahan :

- Alat : - Bak air - *Container*
 - Neraca/timbangan - Cawan
 - Oven
- Bahan : - Batu pecah/kerikil
 - Air PDAM

3. Cara Pelaksanaan Pengujian

- a) Disiapkan sampel agregat kasar (kerikil) ± 3000 gram,
- b) Sampel dicuci dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam,
- c) Sampel diambil dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar, kemudian ditimbang ± 3000 gram,
- d) Sampel ditimbang dalam air selama 24 jam,
- e) Menimbang agregat kasar dalam *container* yang terendam dalam bak air, dimana *container* tergantung pada neraca,
- f) Mengeringkan permukaan kerikil (keadaan SSD) dengan kain lap dan ditimbang beratnya,
- g) Menimbang berat *container* dalam air,
- h) Mencatat hasil penimbangan,
- i) Menganalisa hasil percobaan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{Bulk Specific Gravity Kerikil} : \frac{A}{B-C} \quad (4.7)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} : \frac{B}{B-C} \quad (4.8)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} : \frac{A}{A-C} \quad (4.9)$$

$$\text{Absorpsi} \quad : \quad \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (4.10)$$

Keterangan : A = Berat agregat kasar kering oven

B = Berat Kerikil dalam keadaan SSD

C = Berat kerikil dalam air

4.3.2.b. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Agregat kasar sebagai bahan campuran pembuatan beton, sangat mempengaruhi mutu beton, semakin banyak agregat kasar akan semakin mempengaruhi mutu beton. Agregat kasar dapat berupa kerikil kasar hasil disintegrasi alami atau berupa pecahan batu (*split*) yang dipecah dengan alat pemecah batu.

1. Tujuan Pengujian

Untuk memeriksa dan menentukan susunan dari variasi diameter agregat kasar.

2. Alat dan Bahan

- Alat :
- Ayakan satu set, dengan variasi diameter lubang 25 mm, 19 mm, 12.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, pan
 - Neraca/timbangan
 - Mesin penggetar
 - Kuas
 - Sikat

Bahan : - Agregat kasar (kerikil)

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Menyiapkan kerikil sampel sebanyak ± 3000 mm,
- b) Menyiapkan ayakan sesuai standard,
- c) Menumpahkan kerikil dalam ayakan lalu diayak dengan mesin penggetar selama 5 menit,

- d) Menimbang berat agregat yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan,
 e) Menghitung harga modulus halus butir kerikil dengan rumus :

$$\text{Modulus Butir Kerikil} = \frac{a-b}{c} \times 100 \% \quad (4.11)$$

Keterangan : a = Σ Prosentase berat butir kerikil yang tertinggal komulatif

b = Σ Prosentase berat butir kerikil yang tertinggal

4.3.2.c. Pengujian Abrasi Agregat Kasar

Salah satu syarat penggunaan agregat kasar sebagai bahan pembuat beton, yaitu harus dilakukan pengujian keausan akibat gesekan. Standard ini dapat diketahui dengan pengujian menggunakan bejana *Los Engeles*. Agregat kasar harus tahan terhadap daya aus, disyaratkan kehilangan karena gesekan lebih kecil dari 50 %.

1. Tujuan

Maksud dan tujuan pengujian ini untuk mengetahui daya tahan agregat kasar terhadap gesekan.

2. Alat dan Bahan

Alat : - Bejana *Los Engeles* dan bola-bola baja
 - Saringan dan neraca

Bahan : - agregat kasar/kerikil

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Menyiapkan agregat kasar dengan diameter dan berat berdasarkan pada tabel susunan butir contoh yang telah diuji, jumlah bola yang dipakai dan jumlah putaran mesin tiap pengujian,

- b) Mencuci kerikil lalu dioven dengan suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam kemudian ditimbang (a),
- c) Memasukkan benda uji kedalam bejana *los engeles* bersama bola gesek baja sebanyak 12 butir, bejana ditutup dan diputar dengan kecepatan putaran per menit putaran dilakukan sebanyak 1000 putaran,
- d) Mengeluarkan benda uji, kemudian disaring dengan saringan 2.36 mm. Sisa benda uji diatas saringan 2,36 mm dicuci dan dioven selama 24 jam dengan suhu 110° C,
- e) Menimbang benda uji yang telah kering oven dengan ketelitian mencapai gram (b),
- f) Menganalisa prosentase berat sampai yang hilang dengan rumus :

$$\text{Prosentase berat sampel yang hilang} = \frac{a}{b} \times 100 \% \quad (4.12)$$

4.4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan 80 benda uji berbentuk silinder beton, dengan rancangan variasi penambahan *bentonite* yang digunakan adalah berdasarkan atas tes awal yang dilakukan, yang mana tes awal tersebut dimaksudkan untuk memperoleh gambaran secara kasar besarnya penambahan *bentonite* yang optimal pada masing-masing percobaan.

Adapun rancangan komposisi campuran beton untuk masing-masing percobaan adalah sebagai berikut :

- a) Uji Kuat Desak Beton

Perbandingan nominal Semen ; Pasir ; Kerikil adalah 1 ; 2 ; 3, dengan FAS = 0.6 dan prosentase penambahan *bentonite* adalah 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1,2%, 2.0%, 3.0%, 4.0%, 4.25%, 4.50%, 4.75%, 5%, 5.25%, 5.50% (terhadap berat semen), masing-masing prosentase adalah 6 sampel.

Tabel 4.2. Rancangan Hasil Penelitian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Untuk Beton Normal

Jenis Beton	Variasi Bentonite	Nama Kode	A (cm ²)	V (cm ³)	Jumlah
V _I	0,00	V _I	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,20	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,40	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,60	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,80	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	1,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	2,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	3,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	4,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	4,25	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	4,50	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	4,75	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	5,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	5,25	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	5,50	V _{II-n}	176,71	5301,3	5
			2650,7	79519,5	83

Dimana V_I adalah penelitian untuk beton normal.

V_{II} adalah penelitian untuk beton dengan bahan tambah.

Setelah dilakukan pencampuran , nilai slump diukur dan dicatat dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dari masing-masing campuran beton tersebut. Selanjutnya campuran tersebut dimasukkan kedalam cetakan silinder, setelah berlangsung kurang lebih 24 jam beton dikeluarkan dari cetakan. Dan agar benda uji tidak tertukar, masing-masing benda uji diberi tanda.

4.5. Perawatan Benda Uji

Perawatan disini, adalah perawatan beton yang umumnya banyak dilaksanakan dilapangan dan mudah dilakukan tanpa mengeluarkan biaya tambahan yang tinggi, yaitu perawatan beton dengan air. Air yang digunakan adalah air yang memenuhi syarat air bersih.

Akibat dari keadaan geografis pada daerah tropis adalah mempunyai suhu rata-rata tinggi, disertai sifat angin kering sehingga mengakibatkan penguapan air yang tinggi pula. Selama penyusunan dan pengerasan beton, panas akan ditimbulkan dari reaksi hidrasi semen dan air, dan hal ini akan mengakibatkan meningkatnya temperatur pada beton. Oleh karena itu selama periode penyusunan beton dijaga kelembabannya yaitu dengan perawatan. Tujuan dari perawatan beton yaitu :

- a) Untuk melindungi meningkatnya temperatur pada beton dari reaksi hidrasi yang berkembang selama proses pengerasan beton,
- b) Untuk melindungi pengeringan beton yang mungkin akan berakibat atau menyebabkan retak-retak pada beton.

Perawatan beton yang baik akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton juga lebih tahan terhadap aus karena lalulintas. Kondisi perawatan beton dengan air pada umumnya yaitu dengan membasahi permukaan beton terus menerus dan merendam/menggenangi permukaan beton dengan air, sistem perawatan ini lebih mudah dikerjakan dan lebih ekonomis.

4.6. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan pada semua benda uji silinder beton, dimaksudkan untuk mengetahui sifat dari masing-masing benda uji.

Adapun pengujian dalam penelitian ini ada dua macam yaitu sebagai berikut :

- a) Pengujian Kuat Desak Silinder Beton, dan
- b) pengujian Modulus Elastisitas Beton.

4.6.1. Pengujian Kuat Desak Silinder Beton

Pengujian kuat desak beton ini untuk mengetahui besarnya kuat desak beton pada umur 28 hari. Pengujian kuat desak silinder beton dilakukan dengan mesin uji desak merk *Control Milano, Italy* kapasitas maksimum 2000 kN. Adapun langkah-langkah pengujian kuat desak silinder beton adalah sebagai berikut :

- a) Hidupkan mesin uji desak beton dan panaskan terlebih dahulu sebelum digunakan,
- b) siapkan silinder beton yang akan diuji, terlebih dahulu sebelumnya ditimbang beratnya dan dicatat hasilnya,
- c) letakkan silinder beton pada mesin desaknya,
- d) laksanakan pengujian, maka jarum penunjuk akan bergerak sesuai dengan besarnya kekuatan yang bekerja. Jarum penunjuk terdiri dari dua buah yang berimpitan, pada saat beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton terlampaui maka silinder beton akan retak dan hancur. Pada saat itulah salah satu

jarum penunjuk akan berhenti menunjuk pada angka beban maksimum tersebut dan jarum penunjuk yang lain kembali ke titik nol,

- e) catat angka beban Maksimum (dalam satuan kN) dan pengujian dilaksanakan pada benda uji silinder beton yang lain sampai semua benda uji selesai diuji desak
- f) Untuk mengetahui kuat desak dalam satuan luas maka data yang ada harus ditransfer dengan rumus :

$$\text{Kuat Desak Silinder Beton } f_c = P : A \quad (4.13)$$

Dimana : f_c = Kuat desak (Mpa)
 P = Angka pada jarum penunjuk setelah beton hancur (kN)
 A = Luas permukaan yang dibebani (mm^2)

4.6.2. Pengujian Modulus Elastisitas (Regangan) Silinder Beton

Pengujian modulus elastisitas (regangan) silinder beton ini untuk mengetahui besarnya perpendekkan silinder beton akibat pembebanan pada umur 28 hari. Pengujian regangan arah longitudinal menggunakan alat *Compresometer* dan mesin uji desak (*Compression Testing Machine*) dengan kapasitas maksimum 100 ton. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a) Siapkan silinder beton yang akan diujikan, ditimbang beratnya dan dicatat hasilnya,
- b) pasang alat *Compresometer* pada silinder beton pada posisi yang tepat dan stel jarum penunjuk regangan pada posisi nol,
- c) letakkan silinder beton yang telah terpasang alat *compresometer* pada mesin uji desak, lalu lepaskan *pivot rod*-nya,

- d) laksanakan pengujian, pengujian dilakukan dengan memberikan beban pada kecepatan yang konstan dan dicatat penurunannya setiap 10 kN. Pada saat beban maximum yang mampu ditahan oleh silinder beton terlampaui, maka silinder beton akan retak dan hancur, kemudian diuji silinder yang lain dan seterusnya,
- e) untuk mengetahui besarnya Modulus elastisitas beton maka data harus diolah dengan rumus :

$$\text{Modulus Elastisitas } (E) : 4700\sqrt{f'_c} \quad (4.14)$$

$$\text{Modulus Elastisitas Chord } (E_c) : \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.00005} \quad (4.15)$$

Dimana :

- S_2 = Tegangan sebesar 40 % f'_c
- S_1 = Tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal sebesar 0.00005
- ϵ_2 = Regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Atau mempergunakan rumus perhitungan batas sebanding, dimana yang telah diajarkan dalam perkuliahan. Adapun rumus tersebut pernah diajarkan oleh Bapak Prof. Ir. Antono (Soal dan Penyelesaian Bahan konstruksi Teknik) sebagai berikut :

$$E_c = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \quad (4.16)$$

dimana ; E_c = Modulus Elastisitas

σ_p = Tegangan proporsional (MPa)

ϵ_p = Regangan proporsional (10^{-3})

4.7. Metodologi Pembahasan

Perhitungan hasil kuat desak rata-rata yang diisyaratkan ($f'c$) diperoleh dari hasil uji kuat desak beton, dimana dari perhitungan tersebut dapat diketahui mutu beton tersebut.

$$f'c = f'c_r - k.s_d \quad (4.17)$$

Dimana ; $k = 1.64$, diperoleh dari tata cara penggunaan campuran beton.

$f'c$ = Kuat desak yang diisyaratkan (Mpa)

$f'c_r$ = Kuat desak rata-rata, dengan S tertulis di bawah ini.

S = Standard deviasi

$$= \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'cn)^2}{n-1}} \quad (4.18)$$

n = Jumlah data

Untuk membuktikan bahwa kelompok benda-benda uji dari satu jenis terdiri dari benda-benda uji dari populasi normal.

Untuk mencari hubungan kuat desak beton dengan prosentase penambahan *bentonite*, tegangan dengan regangan beton pada masing-masing penambahan *bentonite* serta hubungan modulus elastisitas dengan prosentase penambahan *bentonite*, menggunakan analisa statistik regresi dan korelasi yang mana persamaan regresi ini dapat menggambarkan perilaku hasil pengujian.

Regresi adalah garis yang membentuk suatu fungsi yang menghubungkan titik-titik data dengan kedekatan semaksimal mungkin. Korelasi merupakan ukuran

kecocokan suatu model regresi yang digunakan dengan data. Bila hubungan kedua peubah linier (keduanya disebut kolinier) maka harga mutlak korelasinya satu.

Besarnya nilai korelasi dilambangkan dengan r . Apabila besarnya $r = 0$ berarti tidak ada kecocokan sama sekali antara model yang digunakan dengan data yang dianalisis, sebaliknya bila nilai $r = \pm 1$ maka antar data yang dianalisa dengan model yang digunakan sama sekali tidak meleset

Persamaan garis regresi mempunyai berbagai bentuk baik linier maupun non linier. Untuk menganalisa data dalam percobaan ini dipilih bentuk persamaan yang mempunyai penyimpangan kuadrat terkecil.

Terdapat banyak kurva non linier yang dapat digunakan untuk menyatakan hubungan antara dua variabel atau lebih, maka dalam analisa hasil suatu penelitian ditentukan terlebih dahulu kurva yang paling tepat untuk mengeksperimenkan data hasil penelitian. Penentuan regresi ini didapat dari pengalaman maupun informasi dari sumber pustaka, kurva mana yang paling logis dibandingkan dengan kurva yang lain. Dalam hal ini penentuan persamaan regresi dengan menggunakan bantuan Program Microsoft Exel.