

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 UMUM

Tujuan utama dari pengujian laboratorium ini adalah untuk mendapatkan data percepatan dari struktur balok sederhana yang dijadikan benda uji. Data-data percobaan tersebut akan digunakan sebagai masukan untuk program pengolahan data yang telah tersedia sebelumnya. Dimana program ini akan didapatkan parameter-parameter berupa respons dari benda uji, frekuensi dan faktor peluruhan. Parameter-parameter tersebut akan dibandingkan antara satu dengan yang lain untuk selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik-grafik.

III.2 PERHITUNGAN CAMPURAN BETON (MIX DESIGN)

3.2.1 Perhitungan Kebutuhan Material

Untuk mengetahui besarnya karakteristik dari benda uji, maka dilakukan uji tekan dan uji modulus elastisitas, dimana pada pengujian ini digunakan sampel berbentuk silinder dengan ukuran 30 cm dan berdiameter 15 cm. Benda uji didesain dengan mutu beton K-300.

Jumlah kebutuhan sampel benda uji sebagai berikut :

Tabel III.1. Jumlah Kebutuhan Sampel Silinder

Fiber Content	Terendam	Tidak Terendam
	(buah)	(buah)
Content 1 %	5	5
Content 2 %	5	5
Content 3 %	5	5
Tanpa Fiber	5	5
Subtotal	20	20
Total	40	

Jumlah kebutuhan balok adalah sebagai berikut :

Tabel III.2. Jumlah Kebutuhan Balok

Fiber Content	Terendam	Tidak Terendam
	(buah)	(buah)
Content 1 %	3	3
Content 2 %	3	3
Content 3 %	3	3
Tanpa Fiber	3	3
Subtotal	12	12
Total	24	

Dimensi balok yang akan digunakan 5 cm x 10 cm x 120 cm.

3.2.2 Perhitungan Campuran Komposisi Material

Komposisi Mix Design :

f_c' Beton	= 250 kg/cm^2	Bj. Pasir	= 2,577 gr/cm^3
MSA	= 25 mm	FM Pasir	= 2,26 gr/cm^3
Slump	= 10 cm	Bj. CA	= 2,604 gr/cm^3
Bj.Semen	= 3,15 gr/cm^3		

Perhitungan campuran beton ini menggunakan metode “US Bereau of Reclamation”.

1). Menentukan ukuran butir agregat kasar maksimum, slump, dan fas (W/C)

- ✓ Ukuran agregat kasar maksimum (MSA) = 40 mm
- ✓ Slump = 10 cm
- ✓ Faktor air semen (W/C) = 0,45

2). Menentukan W, A, dan S/A berdasarkan ukuran butir agregat kasar maksimum

- ✓ Jumlah air adukan (W) = 186 kg
- ✓ Prosentase pasir terhadap total agregat (S/A) = 41 %
- ✓ Kandungan udara dalam beton = 1,2 %

Namun nilai-nilai diatas berlaku untuk beton yang menggunakan pasir alam dengan FM = 2,26 dan slump beton dalam mixer = 10 cm, maka dilakukan penyesuaian untuk FM dan slump yang dipakai. Penyesuaian perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Perhitungan mix design ini bertujuan untuk menentukan proporsi campuran bahan-bahan penyusun beton yang memiliki kekuatan tinggi dan masih mudah untuk dikerjakan. Terdapat beberapa metode perhitungan mix design, yaitu :

- ✚ Rancangan menurut “ROAD NO.4”
- ✚ Rancangan menurut “American Concrete Institute”
- ✚ Rancangan menurut “Cara Inggris”
- ✚ Rancangan menurut “US Bereau of Reclamation”

Dalam perhitungan mix design ini menggunakan metode “US Bereau of Reclamation”. Pada prinsipnya metode-metode yang digunakan untuk menghitung mix design bertujuan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi namun masih dalam batas mudah untuk dikerjakan.

Langkah pertama yang dilakukan untuk menghitung mix design dengan metode “US Bereau of Reclamation” adalah menentukan ukuran butir agregat kasar maksimum, slump, dan fas (W/C). Berdasarkan ukuran butir agregat kasar maksimum dengan menggunakan tabel III.3 dibawah ini :

Hasil yang diinginkan	Penyesuaian	
	S/A	W
FM = 2,26	$= 41 + \frac{(2,26-2,8) \times 0,5}{0,1}$ $= 38,3$	Tidak ada koreksi
Slump = 10 cm	Tidak ada koreksi	$= 175 + 1,2\% \times (10-8) \times 165$ $= 179,2 \text{ kg}$
Crushed Ca/batu pecah	$4 + 38,3$ $= 42,3$	$12 + 179,2$ $= 191,2 \text{ kg}$
S/A	Tidak ada koreksi	$= 191,2 + (1,5 \times (42,3-41))$ $= 193,15 \text{ kg}$

dapat ditentukan :

- ✓ Jumlah air adukan (W), satuan Kg.
- ✓ Prosentase pasir terhadap total agregat (S/A).
- ✓ Kandungan udara dalam beton (entrapped air) terhadap volume beton, dalam %.

Selanjutnya dengan didapatnya jumlah air (W) dan fas (W/C), jumlah semen (C) dapat ditentukan.

Langkah selanjutnya yaitu menghitung volume total agregat. Dengan didapat S/A dan Ag maka dapat dihitung volume pasir (S) dari agregat kasar (Ca), setelah itu dihitung volume cetakan beton (bekisting) yang hasilnya akan dikalikan dengan masing-masing bahan penyusun beton (air adukan, pasir, semen, dan agregat kasar), dari perhitungan mix design didapat (untuk per m³) :

- 1) Jumlah air adukan = 193,15 kg
- 2) Jumlah semen = 384,53 kg
- 3) Jumlah pasir = 730,064 kg

4) Jumlah agregat kasar = 1006,45 kg

III.3 TEST MATERIAL

3.3.1 Kuat Tekan Silinder ^[11]

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat, kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi di dalam pengerasan beton; kelebihan air akan meningkatkan kemampuan pengerjaan (mudahnya beton untuk dicor) akan tetapi menurunkan kekuatan. Suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan *slump*. Suatu cetakan logam yang berbentuk kecurut terpancung dengan tinggi 12 *inci* (300 *mm*) diisi dengan beton segar, kemudian cetakan diangkat, dan pengukuran dilakukan atas merosotnya ketinggian puncak beton yang basah dari kedudukan semula sebelum cetakan diangkat. Lebih kecil *slump*, lebih kaku dan lebih sukar pengerjaan dari beton tersebut. Di dalam pelaksanaan konstruksi, *slump* sebesar 3 sampai 4 *inci* (75 sampai 100 *mm*) adalah umum. Penggetaran dan campuran beton akan meningkatkan mudahnya pengerjaan.

Keterangan mengenai perbandingan dari campuran beton tersedia di dalam ACI Standard 211.1 untuk beton normal, beton berat, dan beton massif. ACI Standard 211.2 untuk beton struktur ringan, dan ACI Standard 211.3 untuk beton tanpa *slump*.

Kekuatan beton di Amerika Serikat dinyatakan dengan f_c' , yaitu kekuatan tekan beton di dalam lb/in^2 (MPa untuk satuan SI) dari pengetesan benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 6 *inci* (150 *mm*) x 12 *inci* (300 *mm*) pada hari ke 28 setelah benda uji dibuat. Selain itu, banyak negara yang lazim menggunakan benda uji standard berupa kubus biasanya dengan ukuran sisi 200 *mm*.

Sifat tegangan-regangan dari beton adalah tergantung dari kekuatan, umur pada saat pembebanan, kecepatan pembebanan, sifat dari agregat dan semen, dan jenis dan ukuran dari benda uji.

Dapat diperhatikan bahwa beton dari beton yang berkekuatan lebih rendah mempunyai kemampuan deformasi (daktilitas) yang lebih tinggi dari beton yang berkekuatan tinggi, dan tegangan maksimum dicapai pada regangan tekan di antara 0,002 dan 0,0025. Regangan ultimit pada saat hancurnya beton berkisar antara 0,003 sampai 0,008; akan tetapi harga regangan maksimum yang dapat dipakai adalah 0,003-0,004. Menurut ACI menyatakan (ACI-10.2.3) bahwa “Regangan maksimum yang dapat dipakai pada serat tekan ekstrim beton harus diambil sama dengan 0,003”. Regangan maksimum menurut ACI sebesar 0,003 boleh jadi tidak konservatif untuk beton berkekuatan tinggi dengan f_c' di dalam batas 55 sampai 83 MPa.

3.3.2 Modulus Elastisitas ^[12]

Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran benda uji. Selanjutnya, karena beton memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban yang kecil, ada beberapa macam definisi untuk modulus elastisitas.

Dalam kurva tegangan-regangan untuk beton, diperlihatkan modulus awal, modulus tangen (tangent modulus), dan modulus sekan (secant modulus). Biasanya modulus sekan pada 25 sampai 50 % dari kekuatan tekan f_c' diambil sebagai modulus elastisitas.

Sebagai suatu hasil dari analisa statistik dari data-data yang tersedia, maka rumus empiris yang diberikan untuk satuan SI :

$$E_c = 0,043W_c^{1,5} \sqrt{f_c'} \quad (\text{ACI 318-83M}) \quad (\text{III.1})$$

Dimana W_c dalam kg/m^3 dan E_c dan f_c' dalam MPa.

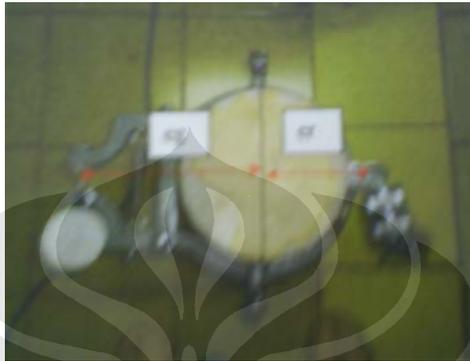
Persamaan regresi linier yang digunakan :

$$y = ax + b \quad (\text{III.2})$$

Persamaan regresi linier tersebut dapat dianalogikan menjadi :

$$\sigma = (E \times \varepsilon) + \text{Reg. plastis pada siklus 1/sebelumnya} \quad (\text{III.3})$$

Untuk pembacaan dial regangan lateral, terdapat koreksi sesuai dengan posisi alat :



Gambar III.1. Modulus Elastisitas

Keterangan :

$$d = g \cdot er + (er + eg)$$

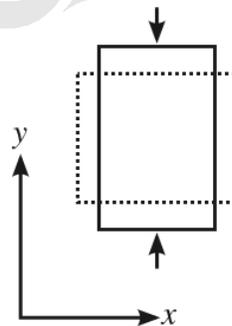
d = deformasi total benda uji

g = hasil yang terbaca pada alat ukur

er = eksentrisitas batang indikator

eg = eksentrisitas alat ukur deformasi dari sumbu benda uji

3.3.3 Poisson Ratio ^[13]



Gambar III.2. Specimen rectangular akibat gaya tekan aksial

Ketika material benda uji ditekan di satu arah, maka di dua sisi lainnya akan mengecil. Poisson's ratio (ν) merupakan ratio regangan relatif antara regangan transversal terhadap regangan longitudinal (aksial).

Diasumsikan material diberi gaya tekan dalam arah aksial :

$$\nu = -\frac{\epsilon_{\text{trans}}}{\epsilon_{\text{aksial}}} = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_y} \quad (\text{III.4})$$

Dimana :

- ν = Poisson Ratio
- ϵ_{trans} = Regangan transversal ((-) untuk aksial tarik, (+) untuk aksial tekan)
- ϵ_{aksial} = Regangan aksial ((+) untuk aksial tarik, (-) untuk aksial tekan)

Umumnya, material memiliki Poisson's ratio (ν) antara 0 – 0,5.

Untuk material isotropik, berdasarkan Generalisasi Hukum Hooke, menyatakan deformasi material pada satu arah sumbu, akan menghasilkan deformasi material pada tiga arah sumbu lainnya pada struktur 3D. Maka dapat digunakan persamaan :

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu (\sigma_y + \sigma_z)] \quad (\text{III.5})$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu (\sigma_x + \sigma_z)] \quad (\text{III.6})$$

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu (\sigma_x + \sigma_y)] \quad (\text{III.7})$$

Dimana :

- ν = Poisson Ratio
- $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ = regangan dalam arah sumbu x, y, dan z
- $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ = tegangan dalam arah sumbu x, y, dan z
- E = modulus elastisitas

Terjadi perubahan relatif volume akibat gaya tarik atau tekan yang diberikan pada material dapat dihitung dengan persamaan (hanya untuk deformasi kecil) :

$$\frac{\Delta V}{V} = (1 - 2\nu) \frac{\Delta L}{L} \quad (\text{III.8})$$

Dimana :

V = Volume material

ΔV = Perubahan volume

L = Panjang awal

ΔL = Perubahan panjang : $\Delta L = L_{\text{old}} - L_{\text{n}}$

III.4 PENYETELAN PERANGKAT KERAS YANG DIGUNAKAN

3.4.1 PC/komputer mikro ^[14]

Komputer yang digunakan adalah komputer mikro kompatibel jenis PC AT *processor* 386 tipe DX-33 dengan kemampuan memori empat *Megabyte*. Untuk dapat berkomunikasi dengan osiloskop digital maka ditambahkan satu *card interface* GPIB/IEEE.

3.4.2 Osciloskop ^[15]

Osciloskop yang digunakan dalam percobaan ini adalah jenis *combiscope* PM 3335 Fluke-PHILLIPS. *Osciloskop* tersebut selain dapat beroperasi sebagai *osciloskop* analog, dapat juga berfungsi sebagai suatu *Digital Storage Oscilloscope* (DSO). Dalam hal ini, jenis PM 3335 mempunyai memori akuisisi 8 K dan resolusi vertikal 8 bit, serta terdapat 2 (dua) kanal dengan maksimum frekuensi yang dapat disimpan adalah 2 MHz. Untuk dapat berkomunikasi, alat ini harus dilengkapi dengan *interface* tambahan dari jenis RS232C atau GPIB/IEEE.

3.4.3 Coupler ^[16]

Coupler yang digunakan adalah *piezotron coupler* tipe 5112 dari KISTLER. Kegunaan dari *coupler* adalah untuk mengalirkan gaya eksitasi konstan yang sedang berlangsung ke *piezotron transducer* dan selanjutnya meletakkan sinyal dari *transducer* tersebut pada bagian keluaran (*readout equipment*). Sinyal tersebut bisa searah (AC) ataupun 2 (dua) arah (DC), tergantung pada tipe *coupler* yang digunakan. Pada alat ini juga dapat ditemui tambahan yang bervariasi, sumber konstanta yang dapat disesuaikan, serta alat penyaring. Pada *piezotron transducer* harus

digunakan arus sebesar 2-18 mA dari *coupler*. Besarnya konstanta *piezotron* yang ada menyatakan panjang kabel yang dapat digunakan. *Coupler tipe 5112* ini dilengkapi dengan 3 (tiga) buah baterai transistor 9 volt dan dapat dioperasikan pada arus sebesar 2 mA.

3.4.4 Accelerometer^[17]

Accelerometer yang akan digunakan dalam penelitian ini diproduksi oleh KISTLER. *Accelerometer* ini dapat digunakan untuk mengukur getaran pada struktur dengan kemampuan frekuensi yang cukup tinggi. Alat ini dapat mengukur getaran pada struktur segera setelah suatu percepatan terjadi pada struktur.

Pada pengujian ini digunakan *accelerometer* tipe 8602. Seperti kebanyakan *accelerometer*, sensitivitas dari tipe ini menyatakan suatu angka perbandingan (ratio) antara keluaran elektrik (*electrical output*) dan percepatan yang diberikan, yaitu 9,3 mV/g.

3.4.5 Benda uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 24 variasi balok yang terbuat dari mortar ditambah agregat kasar dengan mutu K-300 dicampur dengan variasi kandungan metal fiber per m³ balok adalah 0%, 1%, 2%, dan 3%. Untuk menguji karakteristik benda uji, dilakukan test tekan dan modulus elastisitas untuk setiap tipe dari benda uji silinder.

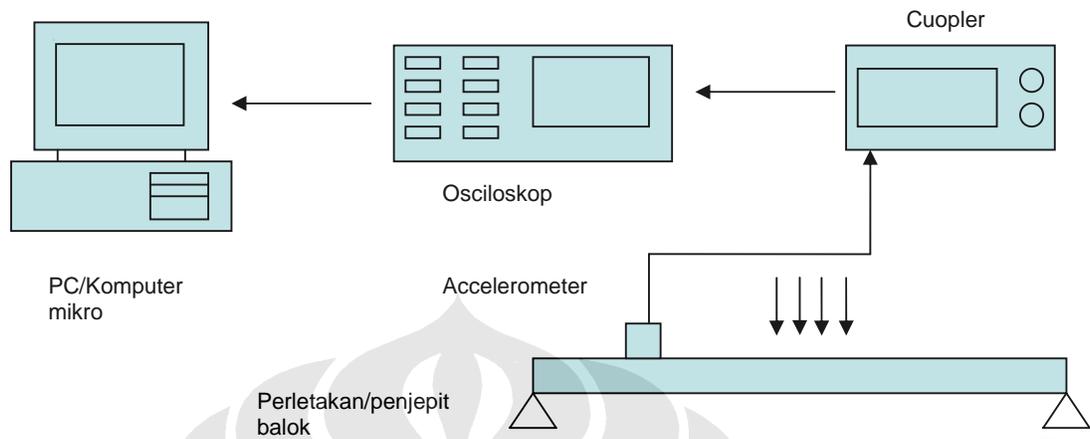
Secara umum, gambaran perjalanan penelitian adalah kedua ujung dari balok diberi perletakan sendi-rol kemudian diberikan beban jatuh/tumbukan berulang terbagi merata di tengah bentang.

3.4.6 Program Akuisisi^[18]

Program ini dibuat dalam bahasa HT-BASIC dengan kemampuan membaca dan merekam data yang berasal dari osiloskop PHILIPS sehingga dapat dibaca oleh komputer mikro (PC) untuk penggunaan lebih lanjut. Disini terdapat pilihan untuk jumlah kanal osiloskop yang digunakan, yaitu dua atau empat kanal, serta pilihan konfigurasi dari perekaman data.

III.5 PENGUJIAN DINAMIK BENDA UJI BALOK

3.5.1 Set-up Pengukuran Alat



Gambar III.3. Instrumentasi alat yang digunakan

3.5.2 Tahap Pengujian

Tujuan dari pengujian adalah untuk mendapatkan data sinyal percepatan dari benda uji. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan *accelerometer* tepat pada titik seperempat bentang dari benda uji. Alasan diletakkannya *accelerometer* pada lokasi ini adalah agar sinyal yang didapat, dapat mewakili keadaan yang sebenarnya.

Untuk mendapatkan sinyal percepatan dari balok, dilakukan pembebanan berupa beban tumbukan pada titik tengah bentang dari ujung balok. Beban tumbukan yang bekerja pada balok merupakan beban berulang tumbukan yang dihasilkan oleh beban jatuh terbagi merata di tengah bentang hingga balok mengalami keruntuhan (*failure*).

Sinyal percepatan yang dihasilkan oleh balok akan diambil oleh *accelerometer*, kemudian dikondisikan oleh *coupler* dan ditransfer ke *oscilloskop*. Sinyal tersebut akan terekam di dalam *oscilloskop* dalam satuan *volt*. Setelah itu, sinyal tersebut diakuisisi ke dalam komputer dengan bantuan program akuisisi agar dapat direkam sebagai data percepatan. Sedangkan lamanya waktu yang ditempuh oleh beban jatuh akan mulai terekam pada *oscilloskop* ketika saklar mulai tersambung.

Rekaman waktu terhenti bersamaan dengan munculnya data percepatan. Besarnya selang waktu sebelum munculnya percepatan inilah yang merupakan waktu jatuh beban tumbukan tepat pada balok.

3.5.3 Tahap Pengambilan Data

Setelah semua peralatan diset dengan tepat, maka pengujian siap dilaksanakan. Pengujian dilaksanakan dengan cara mengamati respons struktur pada titik tengah dari balok beton tersebut akibat beban berulang tumbukan terbagi merata yang dihasilkan oleh beban jatuh dengan massa beban dan tinggi jatuh yang konstan.

Ketika beban terbagi merata jatuh di balok, kemudian dilakukan uji frekuensi dengan menggunakan palu elektrik setiap 10 tumbukan sehingga membangkitkan osciloskop untuk bekerja dan merekam sinyal percepatan dari balok.

Setelah sinyal-sinyal terlihat pada *osciloskop*, maka dilakukan akuisisi data dengan menggunakan komputer mikro, kemudian data-data tersebut disimpan dalam disket untuk proses pengolahan data. Rekaman dalam bentuk percepatan pada balok digunakan sebagai data masukan (input data) pada program yang telah ada untuk mendapatkan frekuensi dari balok uji tersebut.