

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah banner dan molase terhadap sifat mekanis beton. Eksperimen dilakukan dengan membuat benda uji beton menggunakan variasi campuran tertentu, kemudian dilakukan pengujian untuk memperoleh data kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton.

Tahapan penelitian meliputi persiapan bahan dan alat, perancangan campuran beton (mix design), pembuatan benda uji, proses perawatan (curing), pengujian, serta analisis data hasil pengujian.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Beton, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian direncanakan berlangsung selama kurang lebih 3 bulan, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan bahan dan alat: ± 1 minggu
2. Pembuatan benda uji: ± 1 minggu
3. Perawatan (curing): 28 hari
4. Pengujian dan analisis data: ± 2 minggu

3.3 Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Metode ini dipilih karena penelitian dilakukan dengan cara membuat campuran beton dengan variasi tertentu, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah banner dan molase terhadap sifat mekanis beton.

Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, dimana data yang diperoleh berupa nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton yang kemudian dianalisis secara numerik untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- Variasi persentase serat limbah banner terhadap berat beton segar
- Persentase molase terhadap berat semen

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- Kuat tekan beton
- Kuat tarik belah beton
- Kuat lentur beton

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi:

- Jenis semen yang digunakan
- Jenis agregat halus dan kasar
- Faktor air semen (FAS)
- Metode pencampuran
- Nilai slump beton
- Metode perawatan beton

Metode eksperimen ini dilakukan secara sistematis mulai dari pembuatan benda uji hingga pengujian di laboratorium sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.4 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Agregat Halus (Pasir) : Pasir Lumajang
2. Agregat Kasar (Kerikil) : Batu Pecah Pasuruan
3. Air : PDAM Kota Malang
4. Semen Portland : Semen Gresik tipe 1

5. Serat Limbah Banner

6. Molase (Tetes Tebu) : PT. Molindo Raya Industrial

3.5 Variasi Campuran Beton

Variasi campuran dalam penelitian ini didasarkan pada persentase penambahan serat limbah banner dan molase terhadap berat semen.

3.5.1 Variasi serat *banner*

Variasi campur serat banner:

- 0%
- 0,1%
- 0,2%
- 0,3%

Tabel 3. 1 Variasi Kombinasi Campuran Beton

No	Kode Campuran	Serat Banner dan Molase (% berat semen)
1.	BN	0% & 0%
1.	BM1	0% & 0,54%
2.	BM2	0,1% & 0,54%
3.	BM3	0,2% & 0,54%
4.	BM4	0,3% & 0,54%

3.6 Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Silinder Beton
Diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah.
- Balok Beton
Ukuran 15 cm × 15 cm × 64 cm, digunakan untuk pengujian kuat lentur.

3.6.1 Jumlah benda uji

Setiap variasi campuran dibuat beberapa benda uji untuk setiap jenis pengujian, dengan umur pengujian 2 variasi. Jumlah total benda uji dalam penelitian ini disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. 2 Jumlah benda uji

Jenis Pengujian	Jumlah variasi	Jumlah benda uji	Umur uji (hari)	Total
Kuat Tekan	5	3	21	15
Tarik Belah	5	3	28	15
Kuat Lentur	5	2	28	10
Total				40

3.7 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Ayakan atau saringan
2. Timbangan digital dengan ketelitian 0,3 gram
3. Mesin *Los Angeles*
4. Oven
5. Piknometer dan gelas ukur
6. Gunting atau *cutter*
7. *Mixer*, pengaduk beton untuk mencampur bahan-bahan pengaduk beton agar dapat membentuk campuran yang homogen
8. Kerucut Abrams untuk pengujian keenceran adukan beton (nilai *slump*).
9. Cetakan benda uji silinder
10. Cetakan benda uji balok
11. Bak tempat perendaman beton
12. *Compression testing machine* (alat uji tekan).
13. *Digital Hydraulic Concrete Beam* (alat uji lentur).
14. Peralatan tambahan seperti loyang, ember, kuas, sendok semen, dan alat-alat penunjang lainnya

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Persiapan Bahan

Seluruh bahan diperiksa terlebih dahulu, termasuk pengujian agregat, penyiapan serat banner dan molase sesuai ukuran yang telah ditentukan.

3.8.2 Perancangan campuran beton

Perancangan campuran beton dilakukan berdasarkan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa dengan mengacu pada standar SNI.

3.8.3 Pembuatan Benda Uji

- Bahan ditimbang sesuai komposisi
- Campuran diaduk menggunakan mixer
- Serat dan molase ditambahkan sesuai variasi
- Beton dituangkan ke dalam cetakan
- Dilakukan pemadatan
- Benda uji didiamkan selama 24 jam

3.8.4 Perawatan beton (curing)

Benda uji direndam dalam air untuk menjaga kelembaban dan mendukung proses hidrasi semen hingga umur pengujian.

3.8.5 Pengujian beton

Pengujian dilakukan sesuai standar sebagai berikut:

1. Kuat Tekan Beton
Mengacu pada SNI 1974:2011
2. Kuat Tarik Belah Beton
Mengacu pada SNI 2491:2014
3. Kuat Lentur Beton
Mengacu pada SNI 4431:2011

3.9 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan melalui serangkaian pengujian laboratorium terhadap material penyusun beton, beton segar, dan beton keras. Seluruh data diperoleh secara bertahap sesuai prosedur penelitian dan mengacu pada standar SNI yang digunakan. Data hasil pengujian selanjutnya

dicatat, dihitung, serta dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah banner dan molase terhadap sifat mekanis beton.

Adapun teknik pengambilan data dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan berikut:

1. Pengambilan Data Material Penyusun Beton

Data material diperoleh melalui pemeriksaan dan pengujian agregat halus maupun agregat kasar sebelum proses pencampuran beton dilakukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material agar sesuai dengan syarat campuran beton normal. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Gradasi agregat
- Kadar air agregat
- Berat jenis agregat
- Berat isi agregat
- Kadar lumpur agregat halus
- Nilai keausan agregat kasar (Los Angeles)
- Material yang lolos saringan No. 200
- Kandungan organik agregat halus

2. Pengambilan Data Beton Segar (*Fresh Concrete*)

Data beton segar diperoleh dari hasil pengujian slump pada setiap variasi campuran beton. Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) campuran beton setelah penambahan molase dan serat limbah banner. Nilai slump yang diperoleh kemudian dicatat sebagai data penelitian untuk melihat pengaruh bahan tambah terhadap konsistensi campuran beton.

3. Pengambilan Data Beton Keras (*Hardened Concrete*)

Data beton keras diperoleh melalui pengujian benda uji setelah mencapai umur 28 hari. Pengujian dilakukan terhadap seluruh variasi campuran beton untuk mengetahui sifat mekanis beton yang dihasilkan. Data yang diperoleh dari pengujian meliputi:

- Beban maksimum pada pengujian kuat tekan
- Beban maksimum pada pengujian kuat tarik belah
- Beban maksimum pada pengujian kuat lentur
- Nilai kuat tekan beton
- Nilai kuat tarik belah beton
- Nilai kuat lentur beton

4. Pencatatan dan Pengolahan Data

Seluruh hasil pengujian dicatat ke dalam tabel berdasarkan jenis pengujian dan variasi campuran beton. Data hasil pengujian kemudian dihitung menggunakan persamaan sesuai standar SNI yang berlaku untuk memperoleh nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton.

5. Analisis Data Penelitian

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode kuantitatif dengan membandingkan hasil setiap variasi campuran terhadap beton normal. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat limbah banner dan molase terhadap perubahan sifat mekanis beton, serta menentukan variasi campuran yang menghasilkan kinerja beton paling optimum. Hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan pembahasan agar mempermudah interpretasi hasil penelitian.

3.9.1 Uji Kuat Tekan Beton

1. Bahan

- a. Benda uji berupa beton silinder berukuran 15 cm x 30 cm berumur 7 hari
- b. Bubuk belerang

2. Alat

- a. *Compression test machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
- b. Timbangan
- c. Kompor
- d. Satu set alat *capping*

3. Pelaksanaan

- a. Menimbang dan mencatat berat benda uji
Panaskan bubuk belerang dengan suhu 100°C hingga bubuk menjadi cair, kemudian tuangkan ke alat capping. Angkat benda uji beton dan letakkan secara tegak lurus pada alat *capping* dan pastikan cairan belerang tersebar secara merata, tambahkan cairan lewat samping jika dirasa kurang rata. Tunggu hingga belerang mengering lalu angkat dan lepas benda uji dari alat capping. Hal ini dilakukan agar ketika benda uji beton diuji, permukaan sama rata sehingga beban tersebar dengan rata dan mendapatkan hasil yang baik.
- b. Diamkan benda uji hingga belerang benar-benar kering dan siap diuji
- c. Letakkan benda uji pada *compression test machine* dengan kondisi benda uji berdiri
- d. Jalankan *compression test machine* dengan penambahan beban yang konstan
- e. Hentikan pengujian jika benda uji telah hancur dan catatlah beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji selama pengujian benda uji beton

3.9.2 Uji Kuat Tarik Belah

1. Bahan
Benda uji berupa beton silinder berukuran 15 cm x 30 cm berumur 7 hari.
2. Alat
 - a. *Compression test machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
 - b. Timbangan
 - c. Spidol
 - d. Penggaris
 - e. Pelat dasar dengan permukaan datar
3. Pelaksanaan
 - a. Menimbang dan mencatat berat benda uji

- b. Memberi tanda pada sisi atas dan sisi bawah benda uji berupa garis diameter pada setiap akhir specimen sehingga garis diameter berada pada aksial yang sama
- c. Letakkan pelat dasar tepat pada tengah mesin uji sebagai tumpuan perletakkan benda
- d. Lakukan pembebanan hingga keruntuhan tarik terjadi
- e. Catatlah hasil beban maksimum benda uji selama pengujian selama pengujian berlangsung
- f. Perjelas pola retakan dengan spidol

3.9.3 Uji Kuat Tarik Lentur

1. Bahan

Benda uji yang digunakan berupa Balok berukuran 15 x 15 x 64 cm berumur 28 hari

2. Alat

- a. Alat uji kuat lentur
- b. Timbangan digital
- c. Spidol
- d. Penggaris

3. Pelaksanaan

- a. Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- b. Timbang dan catatlah berat benda uji
- c. Letakkan benda uji pada mesin lentur
- d. Jalankan mesin uji lentur
- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji patah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji patah

3.10 Teknik Analisis Data

3.10.1 Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar molase pada campuran beton yang mengandung serat banner terhadap kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur beton. Pengujian ini bertujuan untuk

menentukan apakah perbedaan hasil pengujian pada setiap variasi campuran terjadi akibat pengaruh penambahan molase atau hanya disebabkan oleh variasi pengujian.

Analisis hipotesis dilakukan menggunakan metode statistik pada tingkat signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi perbedaan rata-rata hasil pengujian antar variasi campuran beton yang diteliti.

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. H_0 (Hipotesis Nol): Variasi kadar molase pada campuran beton yang mengandung serat banner tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur beton.
2. H_1 (Hipotesis Alternatif): Variasi kadar molase pada campuran beton yang mengandung serat banner memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur beton.

Dasar pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan nilai signifikansi (p-value) yang diperoleh dari hasil analisis statistik, dengan kriteria sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi (p-value) $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang menunjukkan bahwa variasi kadar molase tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diuji.
2. Jika nilai signifikansi (p-value) $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang menunjukkan bahwa variasi kadar molase memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diuji.

Hasil pengujian hipotesis digunakan sebagai dasar untuk menilai efektivitas penggunaan molase pada campuran beton yang mengandung serat banner serta untuk menentukan variasi campuran yang menghasilkan kinerja optimum berdasarkan parameter yang ditinjau dalam penelitian.

3.10.2 Analisa Regresi

Analisis regresi eksponensial digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat yang memiliki kecenderungan perubahan secara eksponensial. Dalam penelitian ini, analisis regresi

diterapkan untuk memodelkan pengaruh variasi campuran serat banner dan molase terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur beton. Melalui pemodelan ini dapat diperoleh persamaan regresi yang menggambarkan pola hubungan antarvariabel, sehingga dapat digunakan untuk menganalisis kecenderungan peningkatan atau penurunan nilai kuat beton akibat perubahan variasi campuran.

Bentuk umum persamaan regresi eksponensial yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y = a \times e^{bx}$$

Persamaan diatas diubah ke dalam bentuk ln:

$$\ln y = \ln a e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx \ln e$$

$$\ln e = 1 \quad \ln y = \ln a + bx$$

Dimana:

Y = Variabel dependent adalah kuat tekan, tarik belah dan tarik lentur rata rata beton pada kombinasi serat banner dan molase (MPa)

X = Variabel independent adalah variabel bebas yang dianalisis terhadap kuat tekan, tarik belah dan tarik lentur, misalnya variasi campuran serat banner dan molase, tergantung pasangan data yang sedang dimodelkan

a = Konstanta intersep (saat $x = 0$)

b = Koefisien laju pertumbuhan/peluruhan

e = Bilangan *euler*

3.10.3 Uji Korelasi

Uji korelasi digunakan untuk menganalisis hubungan antara variasi kadar molase pada campuran beton yang mengandung serat banner dengan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton. Melalui analisis ini dapat diketahui apakah perubahan kadar molase memiliki keterkaitan dengan perubahan sifat

mekanik beton yang dihasilkan, serta seberapa kuat hubungan yang terjadi antara variabel-variabel tersebut.

Pada penelitian ini, analisis korelasi dilakukan menggunakan metode Korelasi Pearson apabila data memenuhi asumsi distribusi normal. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh digunakan untuk menunjukkan arah dan tingkat kekuatan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Nilai koefisien korelasi berada pada rentang -1 hingga +1. Nilai positif menunjukkan hubungan yang searah, sedangkan nilai negatif menunjukkan hubungan yang berlawanan arah.

Hipotesis yang digunakan dalam uji korelasi adalah sebagai berikut:

1. H_0 (Hipotesis Nol): Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variasi kadar molase pada campuran beton yang mengandung serat banner dengan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton.
2. H_1 (Hipotesis Alternatif): Terdapat hubungan yang signifikan antara variasi kadar molase pada campuran beton yang mengandung serat banner dengan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton.

Perhitungan koefisien korelasi Pearson dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Dengan:

- r = koefisien korelasi;
- X = variabel bebas (kadar molase)
- Y = variabel terikat (kuat tekan atau kuat lentur beton)
- n = jumlah data pengamatan.

Penentuan keputusan dilakukan berdasarkan nilai signifikansi (p-value) yang diperoleh dari hasil analisis statistik dengan tingkat kepercayaan 95% atau taraf signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Kriteria pengambilan keputusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi (*p-value*) lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kadar molase dengan kuat tekan maupun kuat lentur beton.
2. Jika nilai signifikansi (*p-value*) lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kadar molase dengan kuat tekan maupun kuat lentur beton.

Untuk memudahkan interpretasi hasil analisis, tingkat hubungan berdasarkan nilai koefisien korelasi dapat diklasifikasikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 3.3 Uji Korelasi

Koefisien Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Hasil uji korelasi selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keterkaitan antara variasi kadar molase dan perubahan nilai kuat tekan maupun kuat lentur beton yang mengandung serat banner. Temuan dari analisis ini dapat menjadi pendukung dalam menjelaskan kecenderungan pengaruh molase terhadap performa mekanik beton serta memperkuat interpretasi hasil penelitian yang diperoleh.

3.11 Bagan Alir Penelitian



