

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2011 sampai dengan selesai. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengujian material
- b. Mix desain
- c. Pembuatan benda uji
- d. Perawatan benda uji
- e. Pengujian kuat tekan beton
- f. Pengujian lendutan beton

3.2 Bahan dan Peralatan

Pada penelitian ini diperlukan bahan dan peralatan untuk membuat benda uji sampai dengan uji kuat lentur balok. Bahan yang digunakan diperoleh dari sekitar kota Malang.

- a. Bahan yang digunakan untuk penelitian yaitu:
 1. Semen Portland : Tipe 1
 2. Piropilit : Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang
 3. Agregat halus : Pasir dari sekitar Kota Malang
 4. Agregat kasar : Batu pecah dari sekitar Kota Malang
 5. Air : jaringan PDAM Kota Malang
- b. Peralatan yang digunakan untuk penelitian
 1. Timbangan dan neraca
 2. Satu set saringan: 9,52 mm (3/8"); 4,75 mm (no.4); 2,36 mm (no.8); 1,18 mm (no.16); 0,6 mm (no.30); 0,3 mm (no.50); 0,15 mm (no. 100); 0,075 mm (no. 200)
 3. Mesin pengguncang saringan
 4. Oven dengan kapasitas pengatur suhu (110 ± 5)°C
 5. Talam-talam dan kuas

6. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
7. Kerucut terpancung dengan diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal ≥ 0.8 mm.
8. Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter (25 ± 3) mm.
9. Desikator
10. Cetakan silinder
11. Cetakan balok
12. Mesin mixer
13. Tongkat pemadat diameter 10 mm dan panjang 30 cm
14. Bak perendam
15. Satu set peralatan pemeriksaan Slump (kerucut Abrams)
16. Peralatan pengujian kuat tekan balok silinder adalah Mesin uji tekan beton (*Compression Testing Machine*)
17. Peralatan pengujian kuat lentur balok adalah Mesin uji lentur beton
18. Dial gauge untuk mengukur lendutan

3.3 Jenis Pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu:

- a. Pemeriksaan agregat sesuai dengan ASTM C-33 yang meliputi:
 1. Pemeriksaan gradasi agregat halus dan kasar
 2. Pemeriksaan kadar air agregat halus dan kasar
 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus
 4. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar
 5. Pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar
- b. Pemeriksaan material piropilit dilakukan sesuai dengan pemeriksaan agregat halus yaitu:
 1. Pemeriksaan gradasi
 2. Pemeriksaan kadar air
 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan
 4. Pemeriksaan berat isi
- c. Pengujian kuat tekan beton sesuai dengan SNI 1974:2011
- d. Pengujian lendutan balok beton sesuai dengan metode pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan sesuai dengan SNI 4431:2011

3.4 Metode Pengujian

3.4.1 Pengujian kuat tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan. Pada pengujian ini benda uji yang digunakan adalah beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Beton berbentuk silinder atau kubus, yang telah dirawat sampai hari pengujian yang telah ditentukan, diambil dari tempat perawatan. Lap permukaan sampel sehingga kering, masing-masing diberi tanda/nomor agar tidak saling tertukar. Benda uji yang akan ditekan dilakukan pengukuran dimensi kemudian luas penampang benda uji yang akan ditekan.

Untuk benda uji kubus pilih permukaan yang rata untuk ditekan, sedangkan benda uji silinder karena salah satu permukaannya tidak rata maka harus di capping dengan belerang terlebih dahulu permukaan yang tidak rata tersebut.

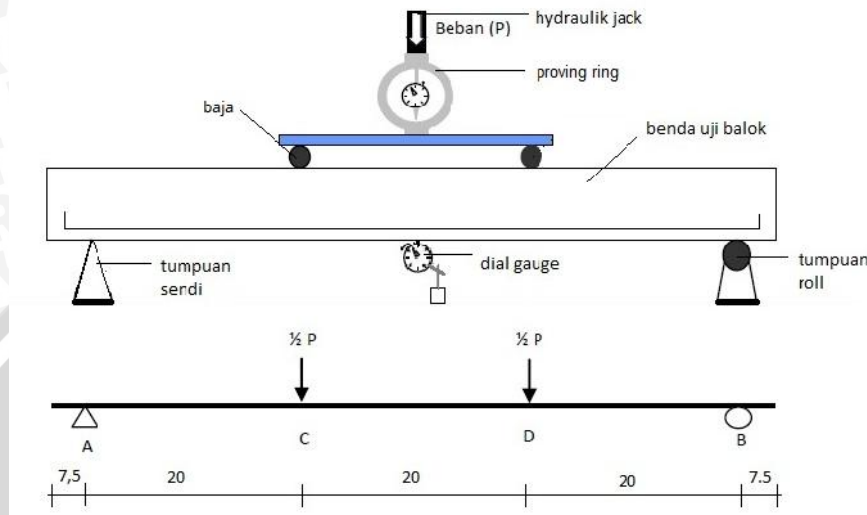
Benda uji ditimbang dan dicatat, siapkan mesin tekan dengan cara menyambungkan kabel antara bagian penekan dengan bagian kontrol mesin. Hubungkan pula kabel listrik antara mesin tekan dengan sumber arus. Atur jarum penunjuk sampai menunjukkan angka nol dengan cara memutarnya. Kemudian mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2-4 kg/cm² per detik. Setelah itu pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur. Lalu hasil beban maksimum akibat pembebanan yang terjadi (yang ditunjukkan jarum pada mesin tekan) dicatat.

3.4.2 Pengujian lendutan

Pengujian lendutan dilakukan di laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui lendutan pada balok beton dengan variasi penggantian sebagian agregat halus oleh piropilit. Pengujian dilakukan pada benda uji berupa balok tulangan tunggal dengan dimensi 100mm x 150mm x 750mm.

Sebelum melakukan pengujian terhadap lendutan, balok beton yang telah dirawat sampai hari pengujian, diambil dari tempat perawatan dan dilap/dikeringkan permukaannya. Kemudian dilakukan pengukuran panjang (p), lebar (b), dan tinggi (h) balok yang akan di uji. Pasang peralatan pengujian lentur yang akan digunakan, atur jarak dua steel rod di bagian bawah, sehingga jarak as *steel rod* dengan ujung benda uji minimum 1" (2,54 cm), dan catat jarak kedua *steel rod* (L) cm. Pada pengujian ini balok diletakkan dengan tumpuan sendi-roll. Sebelum dilakukan pembebanan perlu

dilakukan pengaturan konfigurasi terhadap *compression testing machine*, serta *proving ring*, dan *indicator-transducer* sehingga siap digunakan. Pastikan *digital indicator* pada posisi nol pada setiap awal pengujian. Pembebanan benda uji dilakukan pada posisi sentris dengan mesin penekan secara perlahan.



Gambar 3.1 *Setting up* pengujian lendutan

3.5 Analisis Data Pengujian

3.5.1 Analisis kuat tekan

Analisis kuat tekan beton dilakukan dengan cara menghitung besarnya beban maksimal hasil pengujian yang dibagi dengan luasan bidang tekan dari benda uji. Kuat tekan beton pada penelitian ini dihitung berdasar persamaan berikut:

$$\text{Kuat Tekan } (\sigma_b) = \frac{P_{max}}{A} \text{ kg/cm}^2 \text{ atau N/mm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan Rata-rata } (\sigma_{bm}) = \frac{\sum \sigma_b}{n} \text{ kg/cm}^2 \text{ atau N/mm}^2$$

dengan:

A = Luas penampang benda uji yang akan ditekan

n = Jumlah benda uji

P max = Beban maksimum yang diberikan

3.5.2 Analisis lendutan balok

Analisis lendutan pada balok dilakukan dengan membandingkan data pengujian penelitian dengan hasil perhitungan teoritis. Data penelitian didapat dari pengujian di laboratorium seperti yang telah dijelaskan pada bab 3.4 tentang pengujian lendutan balok. Sedangkan hasil perhitungan teoritis untuk menentukan lendutan balok dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan panjang bentang efektif balok, yaitu mengukur besarnya jarak antara tumpuan sendi dan tumpuan roll.
- b. Masing-masing benda uji diperiksa gaya hancurnya (P_{max}).
- c. Lentutan teoritis dihitung akibat beban kerja dan akibat beban sendiri balok.
- d. Beban kerja berupa beban terpusat dua titik simetri tiap $1/3$ panjang bentang antar tumpuan.
- e. Beban sendiri balok berupa beban merata disepanjang bentang termasuk ujung kantilever.
- f. Dalam perhitungan lentutan nilai momen inersia dipengaruhi kondisi retak pada penampang.
- g. Perhitungan lentutan dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.10 hingga 2.15.

3.6 Rancangan penelitian

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa silinder untuk uji kuat tekan dan balok untuk uji lentutan. Pembuatan benda uji dilakukan berdasar rancangan sebagai berikut:

- a. Variasi campuran piropilit adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% terhadap berat kebutuhan agregat halus.
- b. Mutu beton yang diuji sebagai standar minimal $f'_c = 22,5$ MPa.
- c. Faktor air semen 0,5.
- d. Benda uji silinder dengan diameter 150mm dan tinggi 300mm.
- e. Benda uji balok dimensi 100mm x 150mm x 750mm dengan tulangan tunggal.
- f. Tebal selimut beton 30mm.
- g. Tegangan yang dihasilkan dari benda uji menurut pengujian, setelah benda uji mencapai umur 28 hari dan telah dilakukan perawatan.
- h. Agregat yang digunakan berasal dari daerah Malang

Penelitian ini dilakukan untuk menguji lentutan yang terjadi pada balok bertulang dengan variasi kadar piropilit untuk menggantikan agregat halus dalam campuran beton. Campuran beton yang digunakan dalam penelitian merupakan *mix design* yang dilakukan berdasar hasil pengujian material sebelumnya. Pengujian dilakukan terhadap benda uji berupa balok penampang persegi. Benda uji balok direncanakan dengan dimensi 100mm x 150mm x 750mm. Balok didisain dengan tulangan diameter 8mm sebanyak 2 buah. Pemasangan tulangan dilakukan dengan

acuan benda uji sebagai elemen struktur balok beton bertulangan tunggal. Jadi penulangan hanya dilakukan pada serat tarik balok. Tulangan dipasang dengan tebal selimut beton sebesar 30mm.

Dalam tiap pengujian lendutan balok, diperlukan juga pengujian terhadap mutu beton yaitu dengan cara pegujian kuat tekan beton. Pada pengujian kuat tekan beton digunakan benda uji berupa silinder dengan tinggi 150mm dan diameter 300mm.

Pembuatan benda uji silinder dan balok disesuaikan variasi kadar piropilit. Substitusi pasir oleh piropilit dilakukan dengan kadar piropilit sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Rancangan benda uji berdasarkan variasi piropilit disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Rancangan benda uji dengan variasi piropilit

Jenis Benda Uji	Umur Beton	Variasi Piropilit				
		0%	5%	10%	15%	20%
Silinder	28	3	3	3	3	3
Balok	28	3	3	3	3	3

Dari tabel tersebut dirincikan bahwa benda uji silinder dibuat sebanyak 3 buah benda uji untuk tiap variasi kadar piropilit 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Untuk setiap variasi piropilit dibuat 3 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 hari.. Jadi total benda uji keseluruhan yang direncanakan sebanyak 30 buah, yaitu 15 buah bentuk silinder dan 15 buah berupa balok.

3.7 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua jenis variabel penelitian yaitu variabel bebas (*independent variabel*) dan variabel terikat (*dependent variabel*).

a. Variabel bebas (*independent variabel*)

Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam hal ini yang ditetapkan sebagai variabel bebas adalah variabel persentase penggantian sebagian agregat halus dengan piropilit.

b. Variabel tak bebas (*dependent variabel*)

Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel bebas. Dalam hal ini yang merupakan variabel tak bebas adalah hasil dari pengujian kuat tekan dan lendutan yang terjadi pada balok beton dengan persentase penggantian sebagian agregat halus oleh piropilit.

3.8 Analisis Statistik

Setelah data-data uji kuat lentur beton diperoleh maka dilanjutkan dengan analisa secara statistik yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh persentase pencampuran kadar piropilit terhadap kuat lentur beton. Adapun proses analisisnya adalah sebagai berikut:

3.8.1 Pengujian hipotesis

Pengujian hipotesis merupakan suatu analisis yang penting karena dari pengujian ini akan diketahui apakah suatu pernyataan mengenai populasi itu benar atau tidak. Untuk mengetahui perbedaan antara 2 (dua) kelompok yang saling bebas atau independen, analisa komparatifnya menggunakan *test* dua sampel.

Prosedur uji statistikya adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan formulasi hipotesis

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata sampel antara kelompok dicampur dan tidak dicampur piropilit)

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ (ada perbedaan rata-rata sampel antara kelompok dicampur dan tidak dicampur piropilit)

- b. Uji – t sampel bebas

Statistik uji:

$$t_{hit} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nilai S dihitung dengan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

dengan:

\bar{X}_1 = rata-rata kelompok perlakuan dengan pencampuran piropilit

\bar{X}_2 = rata-rata kelompok perlakuan tanpa pencampuran piropilit

n_1 = rata-rata sampel kelompok perlakuan dengan pencampuran piropilit

n_2 = rata-rata sampel kelompok perlakuan tanpa pencampuran piropilit

S_1 = simpangan baku kelompok perlakuan dengan pencampuran piropilit

S_2 = simpangan baku kelompok perlakuan tanpa pencampuran piropilit

c. Pengambilan keputusan

Untuk menarik kesimpulan (apakah H_0 diterima atau ditolak), digunakan *table student's-t* dengan derajat bebas ($n_1 + n_2 - 2$) dan tingkat signifikansi α .

H_0 ditolak, jika: $|t_{hit}| > t_{tabel}$

3.8.2 Analisis regresi

Analisis regresi digunakan terutama untuk tujuan peramalan, yaitu untuk mengetahui hubungan di antara dua variabel numerik atau lebih. Dalam analisis regresi akan dikembangkan suatu persamaan regresi dengan mencari nilai variabel terikat dari variabel bebas yang diketahui. Dalam penelitian ini, variabel-variabel penyusun persamaan regresi terdiri atas satu variabel terikat dan satu variabel bebas sehingga dipilih persamaan regresi berganda dengan rumus umum sebagai berikut:

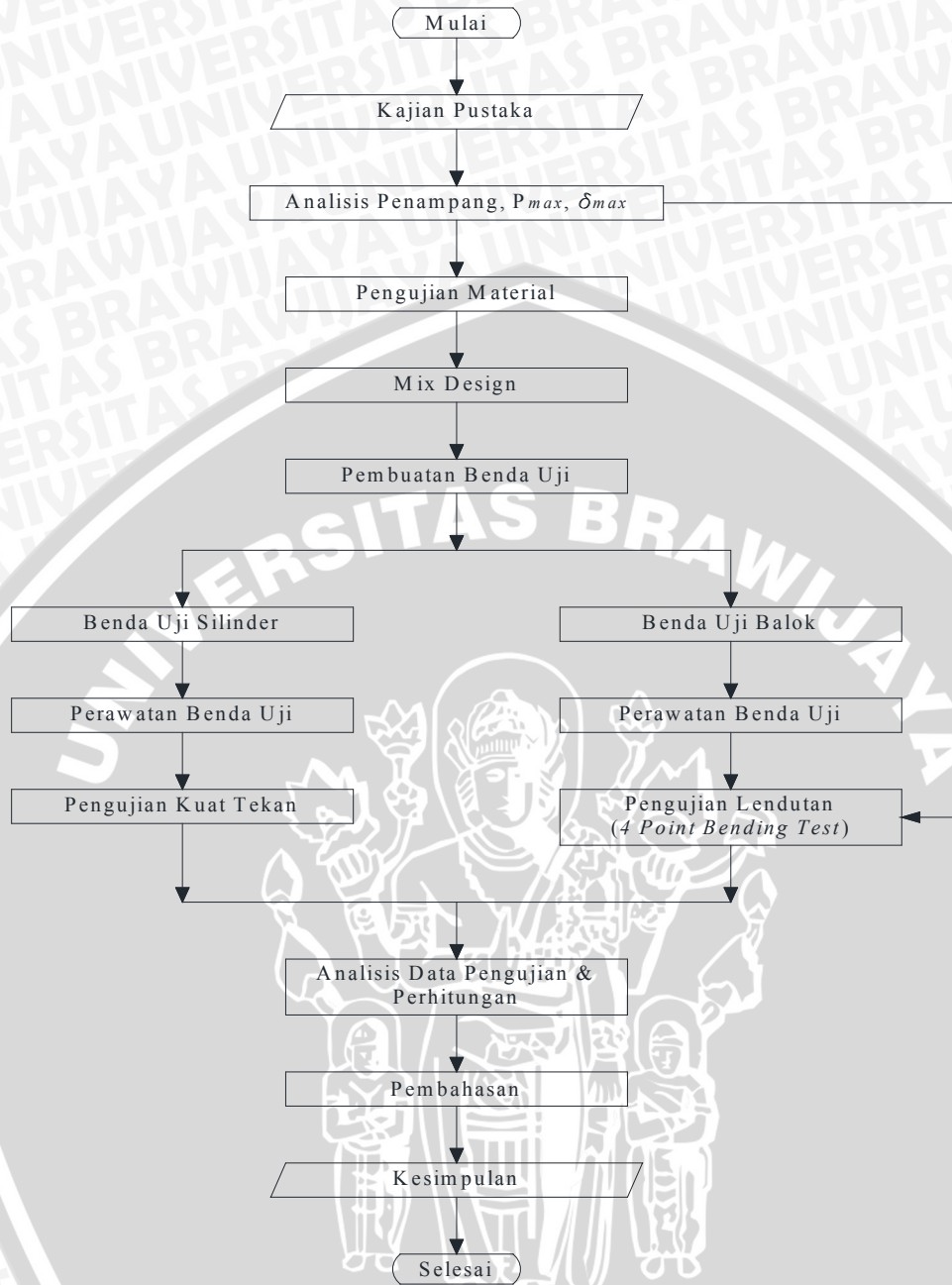
$$y_i = a_1 x + a_2$$

dengan:

- y_i = nilai – nilai yang diukur (variabel respon)
- x = variasi kadar piropilit (variabel penjelas)
- a_1, a_2 = parameter yang dicari

3.9 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian tentang pengaruh piropilit sebagai pengganti agregat halus terhadap lendutan balok beton bertulang dilakukan dengan beberapa tahapan. Penelitian diawali dengan pengumpulan materi yang berhubungan dengan topik penelitian dan dilakukan desain penampang balok berdasar kajian teoritis yang telah dilakukan. Dari desain penampang dapat dilakukan analisis terhadap besar gaya P_{max} yang dapat ditahan oleh balok. Hasil perhitungan P_{max} ini digunakan sebagai acuan besarnya gaya yang akan dibebankan pada benda uji di laboratorium. Kemudian dilakukan persiapan alat dan bahan sebelum proses pembuatan benda uji. Setelah alat dan bahan tersedia dilakukan pemeriksaan material guna menentukan mix desain. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai dengan hasil desain dari penampang dan campuran betonnya. Benda uji beton yang mengeras dirawat dalam rendaman air dan dilakukan uji tekan dan lendutan setelah umur 28 hari. Dari data pengujian dilakukan analisis dan pembahasan sehingga mendapatkan sebuah sebuah hasil penelitian. Dari pembahasan tersebut dapat dihasilkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Untuk lebih jelasnya tahapan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian