

TUGAS AKHIR

**PERILAKU BREKSI BATUAPUNG SEBAGAI BAHAN
STRUKTUR BETON RINGAN**



MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UJI YOGYAKARTA

DISUSUN OLEH :

HARJANTO SINARKORO
No. Mhs. : 93310050
Nirm : 930051013114120049

IWAN SUTARWANTO
No. Mhs. : 93310210
Nirm : 930051013114120207

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001

Lembar Pengesahan
Tugas Akhir

PERILAKU BREKSI BATUAPUNG SEBAGAI BAHAN
STRUKTUR BETON RINGAN

Disusun oleh :

HARJANTO SINARKORO

No. Mhs. : 93310050

Nirm. : 930051013114120049

IWAN SUTARWANTO

No. Mhs. : 93310210

Nirm. : 930051013114120207

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS

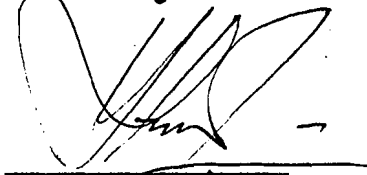
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Ilman Noor, MSCE

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 9 - 11 - 2001



Tanggal : 09/11 - 2001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Tujuan dan Sasaran Penelitian	3
1.3	Manfaat Penelitian	3
1.4	Batasan Masalah	3
1.5	Metode Penelitian	12

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Konsep Dasar Struktur Beton.....	14
2.2	Beton Ringan.....	14
2.3	Beton Breksi Batuapung	18
2.4	Material Pembentuk Beton.....	18
	2.4.1 Semen Portland	19
	2.4.2 Agregat.....	21
	2.4.3 Air	22
2.5	Ferencanaan Campuran Beton	25

BAB III LANDASAN TEORI

3.1	Tinjauan Umum	26
3.2	Kuat Desak dan Tarik Beton.....	26
	3.2.1 Uji Kuat Desak Beton	27
	3.2.2 Uji Kuat Tarik Beton.....	28
3.3	Analisis Balok Persegi Terlentur	28

3.4	Analisis dan Perencanaan Balok Persegi Tulangan Sebelah	31
3.5	Perilaku Lentur dengan Pembebanan.....	33
3.6	Rawatan Beton dan Perencanaan Campuran Beton.....	34
3.7	Pengujian Kuat Lentur Balok Beton	37
3.8	Analisa Tegangan Geser Pada Balok Persegi	37
3.9	Perencanaan Tulangan Geser	40
3.10	Defleksi Balok.....	42
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN		
4.1	Perencanaan Campuran Beton	45
4.2	Pelaksanaan Penelitian.....	45
	4.2.1 Persiapan Bahan dan Alat	45
	4.2.2 Proses Pembuatan dan Perawatan Beton	46
4.3	Pengujian Silinder dan Balok Uji.....	48
	4.3.1 Pengujian Kuat Desak Beton	48
	4.3.2 Pengujian Kuat Tarik Beton.....	49
	4.3.3 Pengujian Kuat Lentur	49
	4.3.4 Pengujian Kuat Geser.....	50
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
5.1	Kuat Tarik Baja Tulangan.....	52
5.2	Kuat Desak Beton	53
5.3	Kuat Tarik Belah Beton	54
5.4	Hasil Pengujian Lentur dan Geser Balok.....	54
5.5	Grafik Momen Kelengkungan.....	55
5.6	Pembahasan.....	67
	5.6.1 Kuat Desak dan Tarik Belah Beton.....	68
	5.6.2 Perilaku dan Kuat Lentur Balok.....	68
	5.6.3 Perilaku Kuat Geser Balok.....	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	72

6.2	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA	74
	LAMPIRAN	

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT. Karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana.

Tugas Akhir ini kami susun berdasarkan penelitian di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, serta dari buku bacaan terkait. Adapun obyek yang kami gunakan adalah beton ringan yang menggunakan breksi batuapung sebagai agregat, dengan judul **“Perilaku Breksi Batuapung Sebagai Struktur Beton Ringan”**.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini telah diusahakan secara maksimal agar laporan akhir dapat tersusun dengan hasil terbaik. Namun demikian diharapkan juga segala kritik dan saran yang bersifat mendukung kesempurnaan laporan ini. Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengajaran, bimbingan serta bantuan selama pelaksanaan penelitian dari awal hingga terselesainya penulisan Tugas Akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. Munadhir, MS ,selaku ketua jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku dosen Pembimbing I dan Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku dosen Pembimbing II dan Penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Kasam, MT, selaku dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Bapak-bapak Staff Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Seluruh keluarga dan rekan-rekan sekalian yang telah memberikan do'a dan dorongan serta bantuan selama penelitian Tugas Akhir ini

Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, penyusun mohon maaf apabila dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat kesalahan yang tidak kami sengaja.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta 16 Oktober 2001

Penyusun

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rencana Sampel Balok.....	4
Gambar 1.2 Uji Balok Geser.....	8
Gambar 3.1 Uji Tarik Belah.....	28
Gambar 3.2 Analisa Tegangan Balok Persegi Tulangan Sebelah.....	31
Gambar 3.3 Diagram Gaya-gaya.....	37
Gambar 3.4 Distribusi Tegangan Geser.....	38
Gambar 3.5 Deformasi Segmen Balok Lentur.....	42
Gambar 3.6 Lendutan.....	44
Gambar 5.1 Balok Uji Lentur.....	56
Gambar 5.2.a Grafik Hubungan Beban-Defleksi Sampel 1 (lentur).....	57
Gambar 5.2.b. Grafik Hubungan Beban-Defleksi Sampel 2 (lentur).....	57
Gambar 5.3 Pola Retak Lentur.....	58
Gambar 5.4 Balok Uji Geser.....	60
Gambar 5.5 a Grafik Hubungan Beban-Defleksi Sampel 1 (geser).....	60
Gambar 5.5.b Grafik Hubungan Beban-Defleksi Sampel 2 (geser).....	61
Gambar 5.6 Pola Retak Geser.....	61
Gambar 5.7 Grafik Momen-Kelengkungan Sampel 1 (geser).....	63
Gambar 5.8 Grafik Momen-Kelengkungan Sampel 2 (geser).....	65
Gambar 5.9 Grafik Momen-Kelengkungan Sampel 1 (lentur).....	66
Gambar 5.10 Grafik Momen-Kelengkungan Sampel 2 (lentur).....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Material yang dipakai.....	45
Tabel 4.2 Peralatan yang digunakan dalam penelitian.....	46
Tabel 5.1 Kuat Tarik Baja Tulangan Diameter 16 mm.....	52
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton.....	53
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Trik Belah Beton.....	54
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Lentur.....	55
Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian Geser.....	58
Tabel 5.6 Hubungan Momen-Kelengkungan Sampel 1 (geser).....	62
Tabel 5.7 Hubungan Momen-Kelengkungan Sampel 2 (geser).....	63
Tabel 5.8 Hubungan Momen-Kelengkungan Sampel 1 (lentur).....	65
Tabel 5.9 Hubungan Momen-Kelengkungan Sampel 2 (lentur).....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam memenuhi tuntutan arsitek dalam merancang bentuk bangunan yang mempunyai banyak struktur sebagai hiasan dan hanya menahan beban mati berat sendiri. Untuk menghemat biaya diupayakan penggunaan beton ringan dalam hal ini dipakai Breksi Batuapung sebagai agregat dalam campuran beton dan diharapkan beton mempunyai Berat Jenis yang lebih kecil dari beton umumnya dengan kemampuan sebagai struktur seperti yang diharapkan.

Breksi Batuapung dalam penggunaannya sebagai struktur mempunyai banyak keuntungan. Keuntungan tersebut adalah karena berat sendirinya kecil sehingga dapat mereduksi efek gempa terutama pada gedung tingkat tinggi. Selain itu juga dapat mengurangi beban yang diterima struktur dibawahnya, sehingga dapat mengurangi biaya pendimensian struktur dibawahnya.

Breksi Batuapung saat ini ditambang dan diolah secara tradisional padahal cadangan yang tersedia sangat banyak terutama di sekitar Pulau Jawa yang merupakan daerah garis pegunungan penghasil Breksi Batuapung.

Data-data dari Dinas Pertambangan DIY menunjukkan, breksi batuapung merupakan batuan sedimen pembentuk utama dari Formasi Semilir borselingan

dengan batupasir tufan, batu lanau tufan serta serpih. Di lapangan dijumpai dalam bentuk berlapisan batuan dengan ketebalan dari beberapa meter sampai puluhan meter, berwarna putih abu-abu (warna fragmen putih kelabu dan masa dasarnya lebih gelap abu-abu kehitaman).

Disamping unggul terhadap kuat tekan, breksi batuapung juga mempunyai sifat unggulan untuk bahan bangunan yang mempunyai berat jenis yang rendah sehingga sangat menguntungkan. Karena dalam berat yang sama dapat diangkut jumlah bahan bangunan yang lebih banyak, sehingga memungkinkan menjangkau daerah pemasaran yang lebih luas.

Breksi batuapung juga merupakan bahan penghantar panas yang jelek, bersifat asam dan kaya unsur silika dan alumina. Sehingga sangat tahan terhadap asam atau air garam sehingga menjadikan suatu struktur ringan yang terbuat dari breksi batuapung akan mempunyai umur relatif panjang atau tetap awet meski di daerah pantai.

Breksi batuapung terendapkan dalam jumlah yang sangat besar, kurang lebih 6 miliar meter kubik tersebar mulai dari Kabupaten Sleman bagian tenggara, Kabupaten Bantul bagian timur, melebar ke arah Timur meliputi kecamatan Patuk bagian tengah, Gedangsari bagian tengah, Nglipar bagian utara Ngawen bagian utara dan Semin bagian utara.

Potensi breksi batuapung tercermin dari hasil Pemetaan Mikro Bahan Galian Golongan C di Kecamatan Piyungan Bantul, yang menunjukkan bahwa di wilayah tersebut memiliki cadangan sebesar 57.304.687 meter kubik.

1.2 Tujuan dan Sasaran Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemakaian breksi batuapung sebagai bahan struktur yang akan digunakan pada bagian struktur beton ringan yang menahan beban sendiri. Sasaran penelitian untuk mengetahui:

- kuat desak
- kuat tarik belah
- kuat lentur dan geser

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan beton yang mempunyai berat struktur yang ringan dan memiliki kekuatan sebagai beton struktural. Penelitian ini juga diharapkan mampu menambah masukan dalam perencanaan beton serta pemanfaatan khususnya dari Breksi Batuapung itu sendiri.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian maka batasan penelitian dapat diuraikan secara umum sebagai berikut :

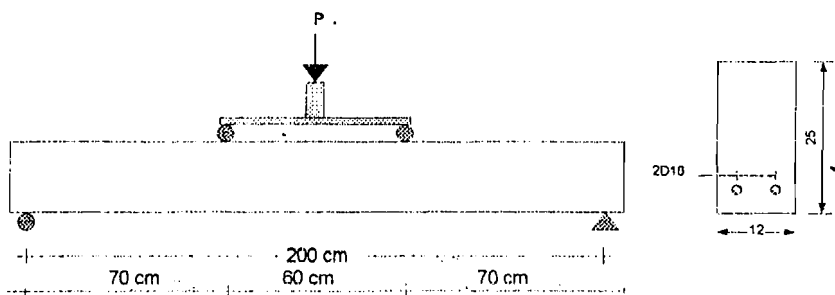
1. Mutu beton yang digunakan untuk semua sampel diharapkan mempunyai kekuatan tekan minimum $f_c' = 17,5$ Mpa,
2. Mutu baja rencana $F_y = 350$ Mpa, nilai yang pasti sesuai dari hasil uji tarik baja,

3. Agregat yang digunakan adalah agregat halus/pasir dan agregat kasar dengan kriteria lolos saringan 9,5 mm 15%, dan 19,0 85% dari kebutuhan total agregat kasar,
4. Semen yang dipakai merk Nusantara tipe I, air diambil dari sumber lokal (Lab. BKT FTSP-UII),

Secara khusus batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Uji kuat lentur

Uji kuat lentur beton menggunakan benda uji dengan balok beton tampang persegi dengan ukuran panjang 220 cm, lebar 12 cm, tinggi 25 cm, balok menggunakan tulangan sebelah 2D16, pengujian sampel dilakukan pada umur 28 hari. (lihat gambar 1.1)



Gambar 1.1 Rencana Sampel Balok

Untuk menghindari kegagalan geser saat pengujian maka kapasitas geser harus lebih besar dari pada kapasitas lentur tampang balok. Karena itu perlu dihitung kapasitas lentur dan kapasitas geser balok sebagai pembandingan agar memenuhi persyaratan pengujian (kegagalan lentur).

$$f_c' = 17,5 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$F_y = 350 \text{ MPa}$$

$$A_s = 2.1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 2.1/4 \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio tulangan: } \rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{401,92}{120 \cdot 206} = 0,0161$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 17,5 \cdot 0,85}{350} \cdot \left(\frac{600}{600 + 350} \right) = 0,0228$$

$$\text{Syarat: } \rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0228 = 0,017111$$

$$\rho = 0,0161 < \rho_{\max} \quad (\text{OK})$$

Pada keadaan *balanced*, $C = T$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = f_y \cdot A_s$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{401,92 \cdot 350}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 120} = 78,808 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{78,808}{0,85} = 92,71 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{350}{200000} = 0,00175$$

$$\epsilon_s = \frac{d - x}{x} \cdot \epsilon_{cu} = \frac{184 - 92,71}{92,71} \cdot 0,003 = 0,00295 > \epsilon_y$$

Saat beton mencapai regangan hancur (0,003), regangan baja tulangan telah mencapai regangan 0,00295, dengan demikian akan terjadi lendutan yang cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas tampang: } M_n &= T.Z = A_s.f_y.(d - a/2) \\ &= 401,92.350.(206 - 78,808/2).10^{-6} \\ &= 23,435 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{1}{2} P_n.a + \frac{1}{8} W.D.L^2$$

WD = berat sendiri

$$WD = 120.250.10^6.19,5 = 0,585 \text{ kN/m}$$

$$M_n = \frac{1}{8}.0,585.4 + \frac{1}{2} P_n.0.70$$

$$23,435 = 0,292 + 0,35P_n$$

$$P_n = 66,121 \text{ kN} = 6,7 \text{ t (lentur)}$$

Menghitung Inersia balok

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa,}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{17,5} = 19661,51$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200.000}{19661,51} = 10,1722 \text{ dipakai } 10$$

$$12.1/2y^2 = 10.2.1/4.\pi.(1,6)^2.(25 - 3 - y)$$

$$y^2 + 6,702y - 147,44 = 0$$

$$y_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= 8,9 \text{ cm}$$

$$I_t = \frac{1}{12}(12)(25)^3 + (12.25)(3,6)^2 + 4,0192(10)(13,1)^2$$

$$= 26410,35 \text{ cm}^4$$

Perhitungan sengkang:

Dipakai diameter (D) = 6 mm

Gaya geser max pada ujung batang

$$V_u = \frac{1}{2} w_u \cdot L + \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} 0,585 \cdot 2 + \frac{1}{2} 66,121 = 33,96 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{17,5} \cdot 120 \cdot 206 = 17235 \text{ N}$$

$$= 17,235 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 17,235 = 14,3625 \text{ kN}$$

$V_u > V_c$; perlu tulangan sengkang

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{33,96}{0,6} - 14,3625 = 42,237 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 6^2 = 56,52 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{56,52 \cdot 350 \cdot 206}{42,237}$$

$$= 96,56 \text{ mm}$$

dipakai sengkang $\emptyset 6 - 90 \text{ mm}$

Kontrol lendutan balok (Δ)

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

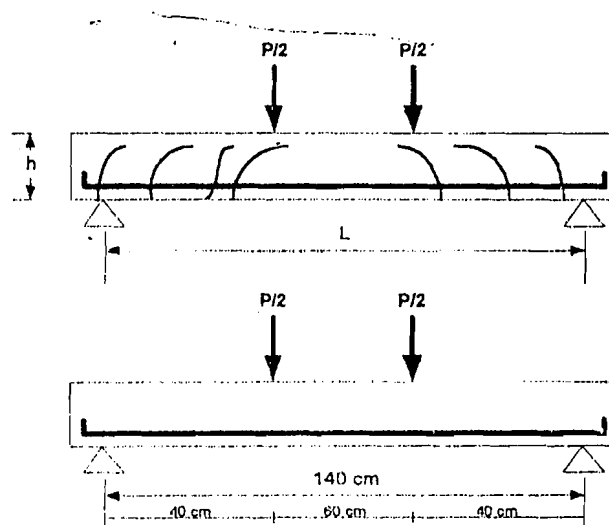
$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} = 4700 \cdot \sqrt{17,5} = 19661,51$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200.00}{19661,51} = 10,1722$$

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{total}} &= \frac{5W_u L^4}{384.EI} + \frac{P.a}{48.EI} (3.L^2 - 4.a^2) \\ &= \frac{5.0,585.(2000)^4}{384.19661,51.26450,35.10^4} + \frac{66,121.10^4.700}{48.19661,51.26450,35.10^4} (3.(2000)^2 - 4.(700)^2) \\ &= 18,793 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Uji kuat geser

Menggunakan sampel balok dengan dimensi sama seperti pada uji lentur, memakai tulaangan seperti gambar 1.2.



Gambar 1.2 Uji Balok Geser

a. Kapasitas Geser (V_c)

$$f_c' = 17,5 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$F_y = 350 \text{ MPa}$$

$$A_s = 2.1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 2.1/4 \cdot 3.14 \cdot 16^2 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{17,5} \cdot 120 \cdot 206 = 17235 \text{ N}$$

$$= 17,235 \text{ kN} = 1,723 \text{ t}$$

b. Kapasitas Lentur

$$f_c' = 17,5 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$F_y = 350 \text{ MPa}$$

$$A_s = 2.1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 2.1/4 \cdot 3.14 \cdot 16^2 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio tulangan: } \rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{401,92}{120 \cdot 206} = 0,0161$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{350} = 0,04$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{F_y} = \frac{0,85 \cdot 17,5 \cdot 0,85}{350} = 0,0235$$

$$\text{Syarat: } \rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0235 = 0,017669$$

$$\rho = 0,0161 < \rho_{\max} \quad (\text{OK})$$

Pada keadaan *balanced*, $C = T$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = f_y \cdot A_s$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{401,92 \cdot 350}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 120} = 78,808 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{78,84}{0,85} = 92,762 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{350}{200000} = 0,00175$$

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \cdot \varepsilon_u = \frac{184-92,762}{92,762} \cdot 0,003 = 0,00295 > \varepsilon_y$$

Saat beton mencapai regangan hancur (0,003), regangan baja tulangan telah mencapai 0,00295, dengan demikian akan terjadi lendutan yang cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tampang: } M_n &= T \cdot Z = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) \\ &= 401,92 \cdot 350 \cdot (206 - 78,808/2) \cdot 10^{-6} \\ &= 23,435 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$M_u = M_n$ (karena bukan perencanaan, dimensi sudah diketahui)

$$M_u = \frac{1}{2} P_u \cdot e + \frac{1}{8} W_u \cdot L^2$$

W_D = berat sendiri

$$W_D = 120 \cdot 250 \cdot 10^6 \cdot 19,5 = 0,585 \text{ kN/m}$$

$$W_u = 0,585 \text{ kN/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot 0,585 \cdot 1,4^2 + \frac{1}{2} P_n \cdot 0,40$$

$$23,435 = 0,1433 + 0,20 P_n$$

$$P_n = 116,4585 \text{ kN (lentur)}$$

Perhitungan tulangan geser (sejangkang)

$$\text{Diameter } (\Gamma) = 6 \text{ mm}$$

Gaya geser pada tumpuan balok

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L + \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 0,585 \cdot 1,4 + \frac{1}{2} \cdot 116,45 = 58,637 \text{ kN}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{17,5} \cdot 120 \cdot 206 = 17235 \text{ N}$$

$$= 17,235 \text{ kN}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = 58,637/0,6 - 17,235$$

$$V_s = 41,4025 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 6^2 = 56,52 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{56,52 \cdot 350 \cdot 206}{4,4025}$$

$$= 98,43 \text{ mm}$$

Diambil jarak 150 mm dimaksudkan agar balok tidak terlalu kuat menahan geser.

Jadi digunakan sengkang $\phi 6$ -150.

Kontrol lendutan balok (Δ)

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} = 4700 \cdot \sqrt{17,5} = 19661,51$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200.000}{19661,51} = 10,1722$$

$$\Delta \text{ total} = \frac{5 \cdot W_u \cdot L^4}{384 \cdot EI} + \frac{P \cdot a}{48 \cdot EI} (3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2)$$

$$= \frac{5 \cdot 0,585 \cdot (1400)^4}{384 \cdot 19661,51 \cdot 26450,35 \cdot 10^4} + \frac{116,458 \cdot 10^4 \cdot 400}{48 \cdot 19661,51 \cdot 26450,35 \cdot 10^4} (3 \cdot (1400)^2 - 4 \cdot (400)^2)$$

$$= 9,784 \text{ mm}$$

Untuk pengujian geser diusahakan tidak terjadi kegagalan lentur sehingga pada penulangan geser digunakan jarak penulangan sengkang $\emptyset 6 - 150$ mm.

3. Uji kuat desak dan kuat tarik belah beton

Sampel beton diambil bersamaan pada pembuatan kedua sampel uji diatas, dicetak dalam silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah uji laboratorium. Bagian ini terdiri dari rencana pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan dan prosedur pelaksanaan .

a. Rencana Pelaksanaan.

Pelaksanaan penelitian di laboratorium diusahakan sesuai jadwal yang ditetapkan, dengan menyediakan segala sarana dan prasarana yang menunjang seperti penyediaan serta prosedur dan hasil yang diharapkan.

b. Alat dan bahan

Pada penelitian ini digunakan alat-alat:

1. timbangan,
2. cetakan silinder 30 cm X 15 cm²,
3. alat uji slump,
4. mesin pengaduk beton ("concrete mixer"),
5. mesin uji desak beton,
6. mesin uji lentur/geser beton,

7. peralatan tambahan, ember, sekop, penggaris, pemadat dan lain-lain.

Bahan-bahan yang digunakan:

1. semen portland tipe I merk Nusantara,
2. agregat halus berasal dari sungai Krasak,
3. agregat kasar (batu pecah) breksi batuapung berasal dari gunung sekitar daerah Berbah, Sleman, Yogyakarta,
4. tulangan pokok berdiameter 16 mm dan sengkang berdiameter 6 mm,
5. air diambil dari Laboratorium BKT, UII.

c. Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan penelitian diuraikan secara singkat sebagai berikut:

1. campuran adukan beton menggunakan perbandingan standar "mix design",
2. adukan beton setelah tercapai "slump" yang direncanakan dituangkan ke bak penampungan yang selanjutnya dicetak dalam cetakan,
3. perataan dan pemadatan campuran dalam cetakan dilakukan dengan menumbuk dan mengetuk bagian sisi luar cetakan,
4. perawatan benda uji dilakukan sampai umur 14-28 hari,
5. pengujian yang dilakukan kuat desak, lentur, tarik belah dan geser
6. hasil penelitian dicatat kemudian diolah menjadi data, gambar dan grafik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Struktur Beton

Beton terbentuk dari pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), campuran tambahan diberikan apabila dikehendaki suatu campuran khusus. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat desak yang lebih tinggi dari kuat tariknya, diperkirakan kuat tariknya hanya 9% - 15% dari kuat tekannya. Oleh karena itu untuk menanggulangi kegagalan tarik dan geser penguatan diberikan pada daerah tarik pada penampang balok.

Beton dan tulangan harus dapat bekerja sama secara komposit, sehingga diperlukan komposisi yang optimal. Jika unsur pembentuk beton direncanakan dengan baik maka menjadi bahan yang kuat dan tahan lama bila dikombinasikan dengan baja tulangan sehingga dapat menjadi elemen utama pada suatu sistem struktur.

2.2. Beton Ringan

Ilmu teknologi beton dikenal istilah jenis beton ringan (*lightweight concrete*), (Neville, 1975 dan Gambhir, 1986). Pembuatan beton ringan dapat dibagi menjadi tiga cara, yaitu:

1. Pemakaian agregat ringan, dengan agregat kasar yang ringan, agregat halus yang ringan atau keduanya.
2. Beton dibuat tanpa pasir sehingga terdapat banyak rongga diantara agregat kasarnya.

Struktur beton dengan agregat ringan dapat diproduksi dengan kekuatan yang lebih besar daripada 30 N/mm^2 dan bahkan kekuatan yang lebih besar lagi telah tercapai pada beberapa hal tertentu, meskipun kerugiannya berupa kenaikan kepadatannya. Agregat yang dipergunakan meliputi lelehan tepung abu bakar yang mengeras, batu tulis, tanah liat yang diregangkan, sisa bara yang berbusa, batu apung. Karena sebagian besar agregat menghisap sejumlah besar air (sampai 80% menurut volumenya), pengaruh terhadap workabilitas selama beberapa menit pencampuran campuran yang basah menjadi sedemikian kering untuk dikerjakan. Oleh karena itu agregat perlu dibasahi tetapi jangan sampai penuh air sebelum dicampur.

Berat jenis beton dengan agregat ringan yang kering udara sangat bervariasi, tergantung pada pemilihan agregatnya. Berat jenis sebesar 1850 kg.m^3 dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan yang sebenarnya meskipun kadang-kadang melebihi. Secara kasar beton ringan menurut berat jenisnya dapat dibagi menjadi 3 kelompok (Neville, 1975), yaitu :

1. Beton ringan dengan berat jenis antara $0,30 \text{ gr/cm}^3$ dan $0,80 \text{ gr/cm}^3$ yang biasanya dipakai sebagai bahan isolasi.
2. Beton ringan dengan berat jenis $0,8 \text{ gr/cm}^3$ dan $1,40 \text{ gr/cm}^3$ yang dipakai untuk struktur ringan.

3. Beton ringan dengan berat jenis antara $1,40 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,00 \text{ gr/cm}^3$ yang dipakai untuk struktur sedang.

Beton ringan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Gambhir, 1986) :

1. Ringan, berat jenis beton biasanya sekitar 2300 kg/m^3 , sedangkan beton ringan mempunyai berat jenis dari 300 kg/m^3 sampai 1200 kg/m^3 . Beton yang sangat ringan biasanya baik untuk bahan isolasi.
2. Tidak menghantarkan panas. Beton ringan mempunyai nilai isolasi sebesar 3 sampai 6 kali bata dan sekitar 10 kali beton biasa. Dinding tembok dengan tebal 200 mm yang terbuat dari beton ringan dengan berat jenis 800 kg/m^3 mempunyai tingkat isolasi sama dengan dinding bata dengan tebal 400 mm dan berat jenis 1600 kg/m^3 .
3. Tahan api. Beton ringan mempunyai sifat yang baik sekali dalam menahan panas. Sifat beton ringan yang tidak menghantarkan panas membuat beton ringan sangat baik untuk melindungi bagian struktur dari pengaruh api.
4. Mudah dikerjakan. Beton ringan dapat dengan mudah digergaji, dipotong, dibor atau dipaku. Oleh karena itu beton ringan mudah dibuat, perbaikan setempat juga mudah dilakukan tanpa merusak bagian lain yang tidak diperbaiki.
5. Keawetan. Beton ringan biasanya bersifat tidak kedap air, maka beton ini tidak bisa mencegah karat pada baja tulangnya sebagaimana terjadi pada beton biasa, karena itu maka baja tulangan yang dipakai perlu diberi lapisan khusus untuk mencegah terjadinya korosi.

6. Kecepatan pembuatan. Beton ringan dapat dengan mudah dibuat di pabrik, maka sangat mungkin merancang struktur dengan dasar konsep koordinasi modul yang lebih cepat pembuatannya.
7. Harga murah, karena beratnya dan nilai banding antara kuat tekan dan berat jenisnya kecil, pemakaian beton jenis ini akan membuat pemakaian baja tulangan yang sedikit. Struktur plat komposit yang memakai blok beton yang dicetak di pabrik tanpa baja tulangan dan balok grid beton bertulang menghasilkan pemakaian semen dan baja tulangan yang sedikit sehingga harga pembuatan struktur plat lantai dan plat atap dapat dihemat. Penghematan harga plat lantai dan plat atap dapat mencapai sebanyak 15 sampai 20 persen dibandingkan jika dibuat dengan plat beton bertulang biasa.

Penempatan beton ringan dalam suatu pengerjaan bangunan dapat ditunjukkan antara lain (Gambhir, 1986) :

1. Dinding isolasi pada gedung terutama pada bangunan pabrik.
2. Sebagai beton cor pada struktur komposit antara pelat lantai atau beton ringan dan balok beton bertulang biasa.
3. Apabila mempunyai kuat tekan yang tinggi dapat digunakan untuk menahan beban dalam hal ini sebagai dinding tembok struktural.
4. Dibuat panel-panel beton bertulang sebagai tembok penyekat dalam suatu gedung sebagai ruangan.

2.3. Beton Breksi Batuapung

Batu apung merupakan agregat alamiah yang ringan serta umum penggunaannya. Breksi batuapung sebagai agregat mempunyai berat jenis 0,9 – 1,39 g/cm³ (D. Titisari,1998). Keuntungan breksi batuapung antara lain ringan, kuat, kedap air, dan daya tahan panas yang tinggi (Dinas Pertambangan, 1997). Hasil penelitian dari beton breksi batuapung sebagai batako ringan (Tjokrodimuljo, 1993), dengan komposisi semen (1%), pasir (3,4%), Kerikil (1,8%), dan air semen²(0,5%) dari volume total, lama pengerasan 28 hari, dihasilkan berat jenis 1,6 gr/cm³ dan kuat tekan 118 kg/cm². Keuntungan dari pemakaian beton ringan breksi batuapung antara lain :

1. bobotnya yang ringan sehingga dapat mereduksi efek gempa terutama pada gedung dengan tingkat tinggi,
2. karena memiliki titik lebur di atas 800⁰ C maka dapat melindungi tulangan suatu struktur sedang didalamnya, apabila dipakai sebagai dinding mempunyai isolasi panas yang baik,
3. pembuatan beton yang relatif sederhana dan menyingkat waktu,
4. tahan terhadap pelapukan cuaca atau air asin (abrasi) (PT. Selo Graha Mataram).

2.4. Material Pembentuk Beton

Pemahaman karakteristik komponen beton diperlukan agar dapat mempelajari elemen gabungan yang akan terbentuk. Beton merupakan hasil interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya.

2.4.1 Semen Portland

Semen adalah bahan hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung Silika, Alumina dan Oksida besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam takaran yang sesuai. Semen portland merupakan bahan ikat yang bersifat hidraulik, yaitu bahan ikat yang akan bereaksi dan bekerja jika dicampur dengan air. Secara ringkas proses pembuatan semen portland adalah sebagai berikut.

1. Campuran CaO (batu kapur), SiO_2 (silika, dari lempung) dan Al_2O_3 alumina, dari lempung) digiling bersama beberapa bahan tambah lainnya, baik dalam bentuk kering, maupun basah. Bentuk basah ini disebut "*slurry*".
2. Bahan-bahan dikeringkan sebelum dibakar pada proses kering dan dicampur air pada proses basah.
3. Campuran dibakar dalam tanur-putar-datar pada suhu 2700°F , sehingga diperoleh butiran yang dinamakan klinker ("*clinkers*") keras berdiameter 0,0625–2 inchi.
4. Klinker didinginkan kemudian digiling menjadi serbuk sambil dicampur gips tak terbakar ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) 2%, digunakan sebagai pengontrol waktu pengerasan semen (mengatur ikatan awal semen).

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimia ini berupa rekristalisasi dalam bentuk "*inter-locking crystals*", sehingga membentuk pasta semen yang akan mempunyai kuat tekan tinggi setelah mengeras. Kekuatan awal semen portland semakin tinggi apabila semakin banyak prosentase C_3S (= 3CaOSiO_2).

Jika rawatan kelembaban terus berlangsung, kekuatan akhirnya meningkat dan akan lebih besar apabila prosentase C_2S ($= 2CaOSiO_2$) semakin besar. C_3S ($= 3CaOSiO_2$) mempunyai kontribusi terhadap kekuatan selama beberapa hari sesudah pengecoran beton, karena bahan ini mengalami hidrasi lebih dulu.

Di Indonesia semen portland dibedakan menjadi lima tipe.

1. Tipe I, "*Normal Portland Cement*". Semen jenis ini untuk penggunaan biasa yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Tipe II, "*Modified Portland Cement*". Panas hidrasinya lebih rendah dan panasnya keluar lebih lambat dari pada tipe I. Ketahanan terhadap sulfat baik. Jenis ini digunakan untuk bangunan tebal-tebal seperti "*pier*", pilar, perletakan "*retaining wall*", dan lain-lain. Rendahnya panas hidrasi mengurangi retak-retak pengerasan.
3. Tipe III, "*High Early Strength Portland Cement*". Semen ini memperoleh kekuatan yang besar dalam waktu singkat, digunakan pada pembuatan atau perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan.
4. Tipe IV, "*Low Heat Portland Cement*". Semen ini khusus pada penggunaan panas hidrasi serendah-rendahnya, seperti pada bendungan.
5. Tipe V, "*Sulfat Resisting Portland Cement*". Tipe ini digunakan pada bangunan-bangunan yang terkena sulfat pekat seperti tanah atau air yang tinggi kadar alkali. Pengerasannya lebih lambat dari semen portland biasa.

Semen pada campuran beton berfungsi sebagai perekat agregat membentuk masa yang kompak dan padat, juga mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Volume semen kira-kira 10% dari volume beton tapi karena merupakan bahan aktif maka perlu diperhatikan secara ilmiah.

2.4.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton, kira-kira menempati 70% volume beton.

Secara umum agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah)

Ukurannya antara 5 – 40 mm, sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton dan meningkatkan ketahanan terhadap cuaca serta efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari zat-zat organik dan mempunyai sifat ikatan yang baik dengan semen.

2. Agregat halus (pasir)

Ukuran butirannya kurang dari 5 mm. Pasir bisa dari alam atau dari mesin pemecah batu, dengan bentuk harus tajam dan keras. Bentuk tajam diperlukan untuk ikatan yang baik dalam campuran beton dan kekerasannya diperlukan untuk menghasilkan beton yang baik.

Maksud penggunaan agregat dalam beton adalah:

1. menghasilkan kekuatan yang besar pada beton,
2. mengurangi susut pengerasan beton,

4. mencapai susunan pampat beton dengan gradasi (variasi besar butir) yang baik dari bahan batuanya, mengontrol "*workability*" (sifat mudah dikerjakan) adukan plastis dengan gradasi yang baik.

2.2.3 Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, dan menjadi bahan pelumas antar butiran agregat sehingga mudah dipadatkan dan dikerjakan. Untuk bereaksi dengan semen air yang diperlukan sekitar 25 % berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Air yang baik untuk campuran beton adalah air yang apabila dipakai akan menghasilkan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling (PBI 1971).

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang adapt merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Untuk air perawatan dapat dipakai juga air yang dipakai juga untuk pengadukan tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan sehingga tidak sedap dipandang (Kardiyono, 1995).

2.4. Karakteristik Kekuatan

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah :

1. Faktor air semen .

Faktor air semen adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam dalam adukan beton. Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Hubungan antara faktor air semen dan kekuatan desak secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f_c = \frac{A}{B^{1,5x}}$$

dengan :

f_c = kuat desak beton.

X = faktor air semen.

A, B = konstanta.

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat tekan beton. Meskipun menurut rumus tersebut semakin rendah faktor air semen semakin tinggi kuat desak betonnya tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan dalam pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Nilai fas yang optimum akan menghasilkan kuat desak beton yang maksimum pula.

2. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut dipengaruhi beberapa faktor yaitu faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat pula kenaikan kekuatan betonnya.

3. Jenis semen

Menurut SII 0031-81 Semen Portland dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut :

Jenis I : Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.

Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).

Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

Jenis-jenis semen ini mempunyai kecepatan kenaikan yang berbeda-beda.

4. Jumlah semen

Beton akan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini berpengaruh karena jumlah semen yang banyak berarti mengurangi faktor air semen yang berarti penambahan kekuatan beton.

5. Sifat agregat

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar karena pada umumnya kekuatan agregat lebih tinggi daripada semennya. Namun bila dikehendaki kekuatan beton tinggi diperlukan pula agregat yang kuat agar kekuatannya tidak lebih rendah dari pasta semennya.

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya (Kardiyono 1995).

2.5. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan cara DOE ("Department of Environment), cara standart perencanaan Departemen Pekerjaan Umum RI. Langkah-langkah pokok cara DOE/Departemen Pekerjaan Umum adalah sebagai berikut:

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur tertentu.
2. Penetapan nilai deviasi standar.
3. Penghitungan nilai tambah.
4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.
5. Penetapan jenis semen.
6. Penetapan jenis agregat.
7. Penetapan faktor air semen.
8. Penetapan air semen maksimum.
9. Penetapan nilai slump.
10. Penetapan besar butir agregat maksimum.
11. Menetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan.
12. Hitung berat semen yang diperlukan.
13. Hitung kebutuhan semen minimum.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Pemakaian agregat akan jauh lebih murah jika dibandingkan dengan penggunaan semen, sehingga akan lebih ekonomis apabila digunakan sebanyak mungkin agregat dalam campuran beton. Anggapan bahwa agregat hanya sebagai bahan pengisi yang netral adalah tidak benar.

Agregat dengan permukaan yang halus tidak menghasilkan beton kuat, seperti halnya pemakaian permukaan yang lebih kasar atau berupa lekukan permukaan (Murdock, 1979). Agregat yang mempunyai permukaan kasar dan rektif akan memberikan ikatan (*interlocking*) yang lebih kuat, sehingga diharapkan memberikan kekuatan yang lebih tinggi.

3.2 Kuat Desak dan Tarik Beton

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding dengan kuat tariknya, dimana nilai kuat tarik beton berkisar 9-15% kuat tekannya. Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f_c' dengan satuan MPa. Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui uji tekan standar, dengan menggunakan mesin uji yang memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan tertentu atas benda uji menurut SK-SNI berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Kuat tarik beton sulit ditentukan, suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan disebut *modulus of rupture* (f_r), ialah tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos (tanpa tulangan), sebagai kuat tarik beton sesuai teori elastisitas.

Untuk beton normal :

$$f_r = 0,70\sqrt{f_c}$$

3.2.1 Uji Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak silinder beton dilaksanakan dengan cara sebagai berikut :

- a. Silinder beton yang telah diukur tinggi dan diameternya, kemudian diletakkan pada mesin uji,
- b. Pembebanan vertikal yang dikerjakan pada benda uji, diberikan dengan mesin desak hidraulik dan dilakukan secara berangsur-angsur sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran.

Kuat desak beton, dihitung dengan rumus

$$f_c = \frac{P_{\max}}{A}$$

dengan f_c = Kuat desak beton (Mpa)

P_{\max} = Beban maksimum yang merusak silinder beton (kN)

A = Luas tampang silinder beton (mm^2)

Kuat desak rata-rata silinder beton, dihitung dengan rumus :

$$f_{cr} = \sum f_c / n$$

dengan f_{cr} = Kuat desak rerata silinder beton (Mpa)

Σf_c = Jumlah kuat desak silinder beton (Mpa)

n = Jumlah silinder beton

3.2.2 Uji Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton ditentukan melalui pengujian *split cylinder* (pecah belah silinder), dengan benda uji silinder 150x300 mm, diletakkan pada arah memanjang diatas alat penguji, kemudian ditekan. Apabila kuat tarik dilampaui benda uji terbelah menjadi dua bagian (gambar 3.1.).

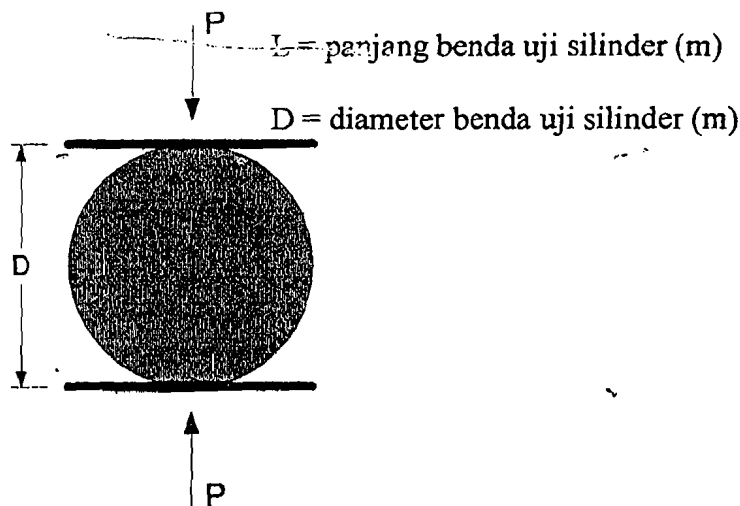
$$f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D}$$

f_t = kuat tarik belah (N/m^2)

P = beban pada waktu belah (N)

L = panjang benda uji silinder (m)

D = diameter benda uji silinder (m)



Gambar 3.1 Uji tarik belah

3.3 Analisis Balok Persegi Terlentur

Beban-besan yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (arah vertikal) maupun beban-besan lain, seperti beban angin (arah horizontal) atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan cuaca/temperatur,

menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena beban luar.

Apabila bebannya bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya (atau bertambahnya) retak lentur di sepanjang bentang balok, Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat menyebabkan keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luarnya mencapai kapasitas elemennya.

Jika f'_c , f_y , b , d dan A diberikan untuk tampang segi empat, dan baloknya direncanakan sedemikian rupa sehingga keruntuhan terjadi secara simultan, yaitu leleh tulangan tarik dan hancurnya beton yang tertekan, maka kekuatan tahanan momen nominalnya dapat diperoleh dengan persamaan :

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2) \quad \text{atau}$$

$$= A_s \cdot f_y (d - a/2)$$

dimana: M_n = Momen Nominal f_y = tegangan luluh baja (MPa)

A_s = Luas Tulangan

d = jarak serat tekan terluar ke pusat tul tarik

Berdasar jenis keruntuhan yang diamati, apakah akan terjadi leleh tulangan tarik ataukah kehancuran beton, maka balok dapat dikelompokkan ke dalam tiga bagian :

1. Penampang "*balanced*".

Tulangan tarik akan mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batas dan akan hancur karena tekan. Pada awal keruntuhan, regangan tekan

yang diijinkan pada serat tepi yang tertekan adalah 0.003, sedangkan regangan

lelehnya yaitu :
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

2. Penampang "*Over Reinforced*".

Keruntuhan ditandai hancurnya beton yang tertekan. Pada saat awal keruntuhan, regangan baja E_s yang terjadi lebih kecil dari regangan lelehnya ($E_s < E_y$). Dengan demikian tegangan baja (f_s) juga lebih kecil dari tegangan lelehnya (f_y). Kondisi ini terjadi bila tulangan yang digunakan lebih banyak dari pada yang diperlukan dalam keadaan "*balanced*".

3. Penampang "*Under Reinforced*".

Keruntuhan ditandai terjadinya leleh pada tulangan baja. Kondisi ini terjadi bila tulangan tarik yang terjadi pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi "*balanced*". Keruntuhan beton terjadi mendadak, karena beton adalah material yang getas. Oleh sebab itu hampir semua peraturan perencanaan, merekomendasikan untuk perencanaan balok dengan tulangan yang bersifat "*under-reinforced*" untuk memberikan tanda/peringatan, seperti defleksi yang besar sebelum terjadi keruntuhan. Dalam hal ini rasio tulangan terhadap

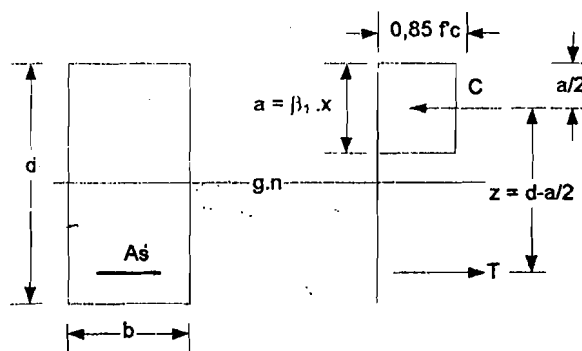
betonnya adalah :
$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

Tidak melebihi 0,5 ρ_b untuk menghindari tulangan yang terlalu rapat. Jika rasio tulangan adalah ρ dan ratio tulangan pada kondisi balanced adalah ρ_b , maka harus dipenuhi $\rho \leq 0,75 \rho_b$ (0,75 ρ_b adalah ρ maks).

3.4 Analisa dan Perencanaan Balok Persegi Tulangan Sebelah

Perencanaan penampang terlentur adalah pekerjaan menentukan satu atau lebih unsur dimensi penampang yang belum diketahui (gambar 3.2). Umumnya pada perencanaan :

- Diberikan mutu beton f_c' dan mutu baja tulangan f_y
- Menentukan b , d , h dan luas tulangan A_s untuk memikul $M_n = M_u / \phi$ yang disyaratkan.



Gambar 3.2 Analisa Tegangan Balok Persegi Tulangan Sebelah

$$M_n = C (d - a/2) \text{ atau}$$

$$M_n = T (d - a/2)$$

Keseimbangan gaya dalam : $C = T$ memberikan :

$$0,85 f_c' \cdot b \cdot a = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 f_c' \cdot b \cdot a = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y \text{ dan}$$

$$a = \rho \left[\frac{f_y}{0,85 f_c'} \right] d \quad \text{atau} \quad a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

maka

$$M_n = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y \left[d - \frac{1}{2} \rho \left(\frac{f_y}{0,85 f_c'} \right) d \right]$$

diambil

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} \quad \text{maka}$$

$$M_n = \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m\right)$$

dan koefisien lawan

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \rho \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m\right)$$

$$\text{atau} \quad \rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

Prosedur Perencanaan :

1. Menentukan nilai ρ yang dipakai, dimana

$$\rho_{\min} < \rho \leq 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{dan} \quad \rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \beta_1 \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

untuk $f_c' \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85$

untuk $f_c' > 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65$

2. Tentukan $b d^2$ yang diperlukan

$$b \cdot d^2_{\text{perlu}} = \frac{M_{n-\text{perlu}}}{R_n}$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m\right) \quad \text{dan} \quad m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$M_n = \frac{M_n}{\phi} \longrightarrow \quad \text{untuk lentur murni } \phi = 0,80$$

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L$$

3. Pilih pasangan b dan d , sehingga $b d^2 \approx b d^2_{\text{perlu}}$
4. Menghitung ρ untuk penampang yang dipilih, dengan menghitung

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

- a. Dengan rumus :

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

- b. Dengan pendekatan

Cara ini baik bila $R_n \text{ baru} < R_n \text{ lama}$

$$\rho \approx \rho_{\text{lama}} \frac{R_n \text{-baru}}{R_n \text{-lama}}$$

5. Menghitung Luas Tulangan Tarik : $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

6. a. Memilih / menentukan tulangan

- b. Periksa kekuatan / kapasitas penampang $\phi M_n \geq M_u$ atau $\check{M}_n \geq \frac{M_u}{\phi}$

3.5 Perilaku Lentur dengan Pembebanan

Kekuatan balok beton murni tanpa tulangan lebih besar dibandingkan dengan ketahanannya terhadap lentur, balok tersebut akan mengalami kegagalan pada sisi tariknya pada pembebanan yang rendah, jauh sebelum kekuatan beton pada sisi tekan dapat dimanfaatkan sepenuhnya, sehingga diperlukan tulangan pada daerah tariknya.

Balok bertulang kuat tariknya yang disebabkan oleh momen lentur ditahan oleh tulangan dan kuat tekan yang terjadi ditahan oleh beton. Kegagalan kerjasama antar dua material tersebut akan terjadi bila terjadi slip antara beton dan tulangan, apabila dikhawatirkan terjadi biasanya hal ini diantisipasi dengan penggunaan tulangan berulir.

Secara umum tegangan lentur dirumuskan sebagai berikut:

$$f = (M . y) / I$$

dengan, f = tegangan lentur yang terjadi,

M = momen lentur ultimit,

y = jarak garis netral dari tepi serat yang tertekan,

I = inersia penampang balok.

3.6 Rawatan Beton dan Perencanaan Campuran Beton

Beton uji setelah dikeluarkan dari cetakan harus mendapatkan rawatan yang baik untuk mendapatkan beton uji sesuai yang diharapkan. Rawatan beton setelah dibuka dari cetakan (setelah 2 minggu, PBI 71) antara lain:

- a. beton dibasahi air terus menerus,
- b. direndam dalam air sehari sebelum pengujian kemudian diangkat dan ditiriskan,
- c. beton ditutupi dengan kain basah.

Pengujian balok uji dilakukan pada beton berumur 28 hari.

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan cara DOE ("Department of Environment), cara standart perencanaan Departemen Pekerjaan

Umum RI. Pada perenencanaan campuran sebelumnya diketahui berat jenis breksi batuapung yaitu sebesar $1,36 \text{ gr/cm}^3$.

Langkah-langkah pokok cara DOE/Departemen Pekerjaan Umum adalah sebagai berikut:

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur tertentu,
2. Penetapan nilai deviasi standar
3. Penghitungan nilai tambah
4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan,
5. Penetapan jenis semen
6. Penetapan jenis agregat
7. Penetapan faktor air semen
8. Penetapan air semen maksimum,
9. Penetapan nilai slump,
10. Penetapan besar butir agregat maksimum
11. Menetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan,
12. Hitung berat semen yang diperlukan
13. Hitung kebutuhan semen minimum

Dari perhitungan prosedur cara "DOE" hasilnya ditabelkan :

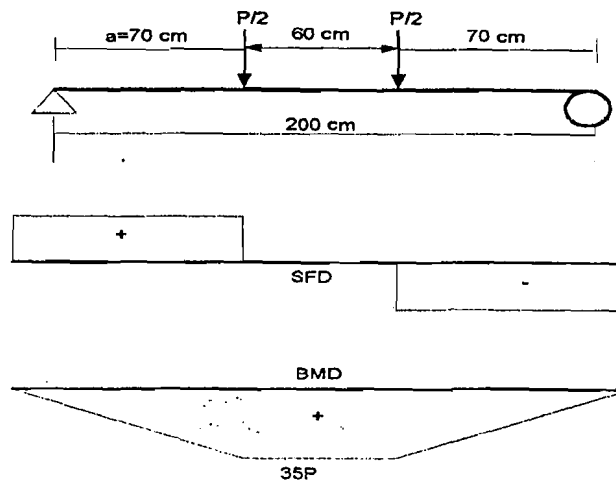
No.	Uraian	Keterangan
1	Kuat tekan yang disyaratkan umur 28 hari	17,5 Mpa
2	Deviasi standar (s)	4,2
3	Nilai tambah (m)	7,5
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	24,39 Mpa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Jenis agregat halus	alami
8	Faktor air semen	0,6
9	Faktor air semen maksimum	0,5
	→ dipakai faktor air semen yang rendah	0,5
10	Nilai slump	15 – 7,5
11	Ukuran maksimum agregat kasar	20 mm
12	Kebutuhan air	170 liter
13	Kebutuhan semen	340 kg
14	Kebutuhan semen minimum	275 kg
	→ dipakai kebutuhan semen	340 kg
15	Penyesuaian jumlah air (fas)	176 liter
16	Gradasi daerah agregat halus	1
17	Persen berat agregat halus terhadap campuran	50 %
18	Berat jenis agregat campuran	1950 kg/m ³
19	Berat jenis beton	1868,75 kg/m ³
20	Kebutuhan agregat	1309,75 kg/m ³
21	Kebutuhan agregat halus	654,875 kg/m ³
22	Kebutuhan agregat kasar	654,875 kg/m ³

Kesimpulan :

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag.halus	Ag.kasar
1 m ³	1838,75 kg	176 liter	353 kg	654,875 kg	654,875 kg

3.7. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton

Lentur murni adalah lenturan dari sebuah balok dengan suatu momen lentur konstant, dalam hal ini gaya lintangnya sama dengan nol.



Gambar 3.3 Diagram Gaya-Gaya

Terlihat dari gambar 3.3 diagram:

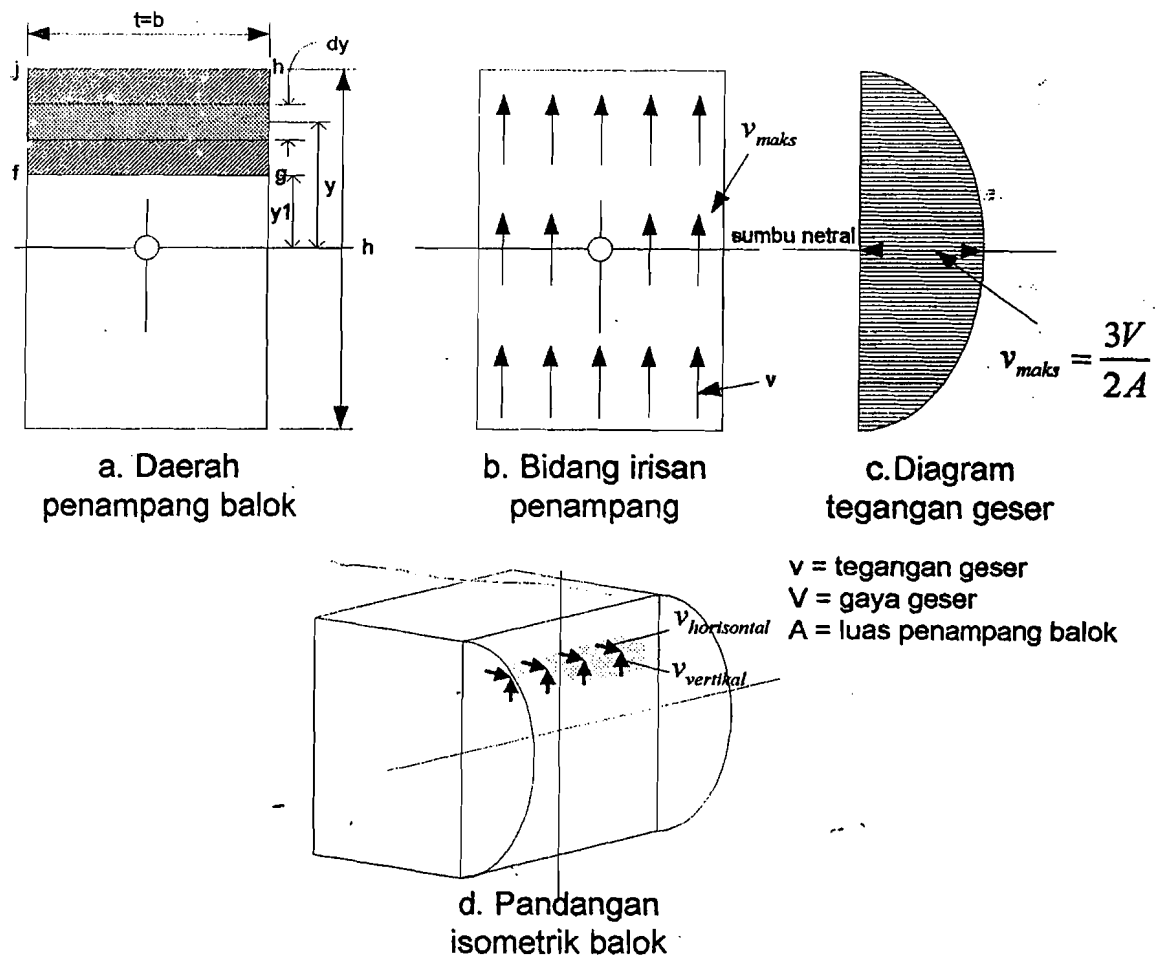
$$M = 0,5 P \cdot a$$

$$= 0,5 P \cdot 0,70 = 0,35 P$$

$$P = \text{beban (kg)}$$

3.8 Analisa Tegangan Geser Pada Balok Persegi

Perencanaan beton bertulang terhadap gaya lintang ternyata sesuai dengan lentur murni karena yang menentukan adalah perilaku struktur dalam stadium keruntuhan. Karena beban ini dapat digambarkan gaya lintang dan menyatakan pergeseran yang cenderung terjadi pada balok.



Gambar 3.4 Distribusi tegangan geser

Pada balok yang berpenampang segiempat (Gambar 3.4(a)) tegangan geser vertikal dan horisontal berubah secara parabolis harga tegangan geser maksimum diperoleh bila $y_1 = 0$. Secara diagramatis v_{maks} terletak pada sumbu netral balok (Gambar 3.4(b)). Bila jarak dari sumbu netral semakin besar maka tegangan geser akan berangsur-angsur akan menjadi nol. Pada $y_1 = \pm h/2$ tegangan geser akan menjadi nol. Harga tegangan geser tersebut pada balok dapat dinyatakan sebagai parabola (Gambar 3.4 (c)). Pandangan secara perspektif dari balok dengan

tegangan-tegangan geser yang horisontal dan vertikal ditunjukkan pada gambar 3.4 (d).

Tegangan geser dalam balok segiempat terjadi pada sumbu netral, besarnya v_{max} dapat disederhanakan dengan mengambil $y_1 = 0$, di mana V adalah gaya geser total dan A adalah seluruh luas penampang. Hasil yang sama dapat diambil jika $VS/(It)$ maksimum maka S harus berharga yang paling besar, sehingga V , I dan t harus konstan. Dari sifat momen statis dari luas terhadap sumbu titik berat, maka harga S yang maksimum diperoleh dengan meninjau separoh daerah penampang sekitar sumbu netral balok.

$$v_{max} = \frac{VS}{It} = \frac{V \left(\frac{bh}{2} \right) \left(\frac{h}{4} \right)}{\left(\frac{bh^3}{12} \right) b} = \frac{3V}{2A}$$

dengan V = gaya lintang

S = momen statis dari titik berat bagian yang tergeser terhadap garis netral

b = lebar balok

I = momen inersia tampang

Bila beban P ditingkatkan, maka pada daerah tarik terjadi retakan dan perilaku material tidak homogen lagi. Dalam balok berbentuk busur tekan dengan ikatan tarik.

Berdasarkan SKSNI T115-1991-03 Bab 3.4 pasal 3.4.1.1 menetapkan bahwa gaya lintang yang bekerja pada penampang lintang yang ditinjau harus

direncanakan sehingga $V_u \leq \Phi V_n$ dengan V_u adalah gaya lintang pada penampang yang ditinjau.

Dan dengan memperhatikan fakto-faktor beban didapat:

$$V_u = 1,2V_d + 1,6V_l$$

V_d = gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban mati

V_l = gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban hidup

V_n adalah kekuatan geser nominal yang dihitung sebagai berikut :

$$V_n = \phi V_c + V_s$$

V_c = kekuatan geser nominal beton

V_s = kekuatan geser nominal tulangan geser

ϕ = faktor reduksi

3.9 Perencanaan Penulangan Geser

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah retakan lebih lanjut.

Berdasarkan pemikiran diatas dan memperhatikan pola retak, penulangan geser dapat dilakukan dalam beberapa cara seperti :

- 1 sengkang vertikal
- 2 sengkang miring
- 3 batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan dengan cara membengkok batang tulangan pokok balok di tempat-tempat yang diperlukan.

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan ditahan oleh tulangan geser. Analisa dan perencanaan penulangan balok geser:

1. Bila $V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$ maka tidak diperlukan tulangan geser
2. Bila $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

Luas tulangan geser minimum (sengkang vertikal) :

$$A_v = \frac{1}{3} \frac{b_w \cdot s}{f_y} \quad \text{atau} \quad s = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b_w}$$

$$\text{dan } V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Spasi sengkang: $s \leq d / 2$ atau $s \leq 600$ mm

3. Bila $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d)$

maka diperlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser kelebihan:

$$V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c, \text{ spasi : } s \leq \frac{d}{2} \text{ atau } s \leq 600 \text{ mm}$$

4. Bila $\phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d) < V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d)$

maka diperlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser kelebihan:

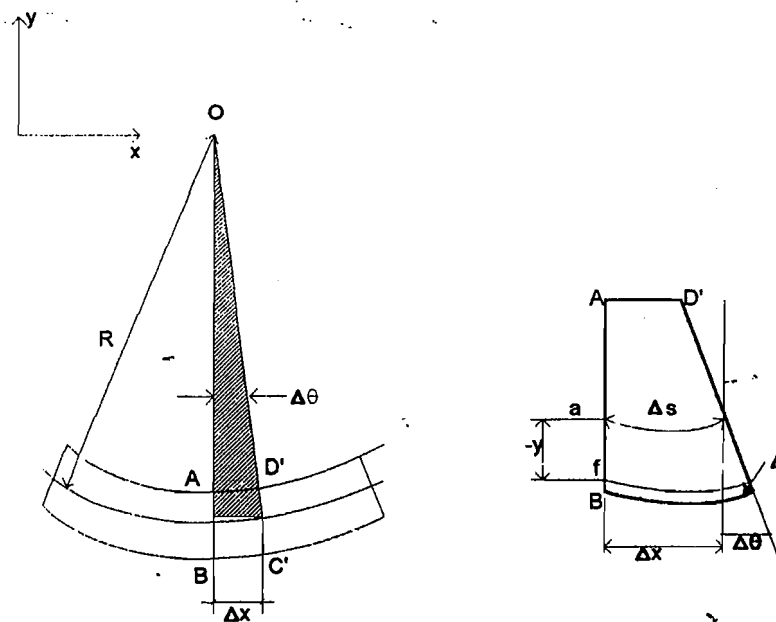
$$V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c$$

dengan spasi : $s \leq \frac{d}{4}$ atau $s \leq 300$ mm

5. Jika $V_u > \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d)$ pada kejadian ini ukuran penampang balok harus diperbesar.

3.10 Defleksi Balok

Teori defleksi balok (E.P. Popov, 1995) dipengaruhi oleh geometri atau kinematika dari sebuah elemen balok. Kinematika dasar yang menghipotesa bahwa irisan-irisan yang berbentuk bidang datar akan tetap merupakan bidang datar selama berdeformasi, seperti terlihat dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Deformasi segmen balok lentur

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta s} = \frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{\rho}$$

Hubungan dasar antara kurva elastis dan regangan linier, didapat

$$\Phi = \frac{1}{R} = k = -\frac{\epsilon}{y}$$

karena sifat beban tidak diperhitungkan, maka hubungan ini dipergunakan untuk masalah-masalah elastis maupun tidak.

$$\varepsilon = \varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E} \quad \text{dan} \quad \sigma_x = -\frac{My}{I}$$

$$\text{sehingga} \quad \frac{1}{R} = \frac{M}{EI}$$

di dalam koordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan

$$\frac{1}{R} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}$$

karena kemiringan dy/dx dari kurva elastis adalah sangat kecil, maka

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \approx 0$$

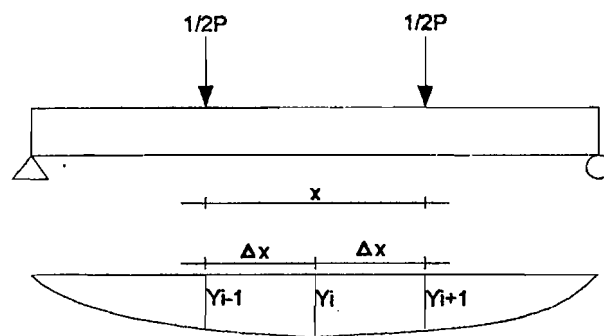
sehingga persamaannya dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{1}{R} = \frac{d^2y}{dx^2} = \Phi$$

R = jari-jari kelengkungan

Φ = kelengkungan

dari pengujian kuat lentur didapat defleksi pada titik-titik distrik. Pendekatan kemiringan menggunakan metode *Central Differences*.



Gambar 3.6 Lendutan

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2}$$

$$\Phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2}$$

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton didasarkan pada "mix design", yaitu dengan memakai perbandingan berat. Besar perbandingan berat adukan adalah 1 PPC : 1,85 pasir: 1,85 breksi batuapung dengan menggunakan timbangan sebagai alat ukur. Berat masing-masing komponen untuk satu satuan volume adukan adalah semen 17,65 kg : pasir 32,74 kg : breksi batuapung 32,74 kg.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

4.2.1 Persiapan Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir, breksi batuapung dengan kriteria lolos saringan 9,5 mm 15 % dan 19 mm 85 %, tulangan pokok $\phi 16$ mm, tulangan geser $\phi 6$ mm dan air. Tahap persiapan yang paling awal adalah pengadaan bahan-bahan tersebut (tabel 4.1) dan persiapan alat (tabel 4.2).

Tabel 4.1 Material yang dipakai

No.	Bahan	Asal
1	Pasir	Sungai Krasak
2	Breksi batuapung	Gunung Bangkel, Berbah, Sleman



3	Semen	Type I Nusantara
4	Baja tulangan	PT. CKS

Tabel 4.2 Peralatan yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Fungsi
1	Mesin Pengaduk Beton	Penyampur/Pengaduk Beton
2	Mesin Uji Desak	Pengujian Desak Silinder Beton
3	Mesin Uji Lentur dan Geser	Pengujian Lentur dan Geser Balok
4	Ekstenometer	Alat Pengukur Defleksi
5	Gelas Ukur	Menakar Volume Air
6	Timbangan	Menimbang Bahan dan Benda Uji
7	Mistar dan Kaliper	Mengukur Benda Uji
8	Bak Penampung	Menampung Beton Segar
9	Kerucut Abrams	Mengukur Nilai Slump
10	Ember	Menakar Bahan Adukan
11	Cetakan	Acuan Bentuk Sampel
12	Alat Penumbuk	Pemadatan Pengecoran

4.2.2 Proses Pembuatan dan Perawatan Beton

Tahap pembuatan sampel beton dan rawatan memerlukan ketelitian yang lebih untuk mendapatkan hasil sesuai rencana. Urutan pekerjaan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan dan rencana campuran beton, langkah selanjutnya melakukan penakaran bahan-bahan untuk memperoleh proporsi yang telah ditentukan sesuai dengan "*mix design*". Breksi batuapung yang akan digunakan terlebih dahulu dicuci untuk menghilangkan kotoran dan debu. Pencucian agregat ini dimaksudkan pula untuk memperoleh agregat dalam keadaan jenuh air kering permukaan "*saturated surface dry*".
2. Mencampur agregat kasar, agregat halus dan semen kemudian memasukkan air sesuai dengan takaran. Mesin pengaduk beton diputar sampai diperoleh campuran yang benar-benar homogen.
3. Untuk mengetahui kelecakan beton, maka diperlukan pengukuran nilai "*slump*" dengan menggunakan kerucut Abrams yang mempunyai diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm serta tinggi 30 cm yang dilengkapi tongkat penumbuk dari baja berdiameter 16 mm. Pelaksanaan pengukuran "*slump*" dilakukan dengan cara kerucut letakkan pada penyokongnya dan diisi adukan beton. Adukan beton yang dimasukkan dalam kerucut dibuat tiga lapis dan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali, pada bagian atas kerucut adukan beton diratakan dan didiamkan selama 0,5 menit. Kemudian kerucut Abrams diangkat secara perlahan-lahan dan tegak lurus lalu diletakkan disamping adukan beton yang runtuh, selanjutnya diukur jarak antara puncak kerucut dengan puncak adukan beton yang runtuh. Selisih jarak penurunan adukan tersebut disebut nilai "*slump*".
4. Memasukkan adukan beton yang telah dibuat ke dalam cetakan silinder yang telah diolesi pelumas dan untuk benda uji balok pada bekesting atau acuan yang

telah disiapkan. Pengisian adukan beton pada cetakan dilakukan secara berlapis dan pada setiap lapis ditumbuk sampai padat. Setelah selesai pemadatan sisi cetakan digetarkan dengan cara dipukul perlahan menggunakan palu kayu agar terjadi pemadatan yang sempurna dan gelembung udara yang terperangkap akan keluar. Pada permukaan atas cetakan adukan diratakan. Adukan yang telah selesai dicetak didiamkan dan diletakkan pada tempat yang terlindung dari hujan maupun sinar matahari.

5. Cetakan pada benda uji silinder dibuka 1 hari setelah pembuatan kemudian dilakukan rawatan benda uji tersebut. Sedangkan pada benda uji balok cetakan dibuka setelah pengerasan berlangsung yaitu sekitar 14 hari (PBI 71), kemudian rawatan beton dilakukan sampai dilakukan pengujian.
6. Rawatan balok beton yang dilakukan adalah menutupi sampel dengan karung goni dan menjaga kelembabannya dengan cara membasahi atau menyirami karung goni tersebut untuk mencegah proses pengeringan yang terlalu cepat pada permukaan beton yang dapat menyebabkan retakan pada permukaan. Rawatan pada silinder beton dilakukan dengan merendam silinder beton tersebut pada suatu kotak yang telah diisi air.

4.3 Pengujian Silinder dan Balok Uji

Pengujian benda uji dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Pengujian kuat desak, tarik, lentur dan geser dilaksanakan di laboratorium menggunakan alat uji yang telah tersedia.

4.3.1 Pengujian Kuat Desak Beton

Benda uji berupa silinder beton yang mempunyai ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Langkah pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut :

1. benda uji diletakkan dalam posisi tegak lurus dengan bidang rata pada mesin uji kuat desak beton,
2. mesin uji desak dihidupkan dan akan terjadi pembebanan secara berangsur-angsur, sampai benda uji hancur pada beban maksimum. Besar beban yang terjadi ditunjukkan pada jarum penunjuk yang ada pada mesin uji.

4.3.2 Pengujian Kuat Tarik Beton

Benda uji berupa silinder beton yang mempunyai ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Langkah pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut :

1. benda uji diletakkan pada arah memanjang di atas bidang rata pada mesin uji kuat desak beton,
2. mesin uji desak dihidupkan dan akan terjadi pembebanan secara berangsur-angsur, sampai benda uji terbelah pada beban maksimum. Besar beban yang terjadi ditunjukkan pada jarum penunjuk yang ada pada mesin uji.

4.3.3 Pengujian Kuat Lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pengujian benda uji diberi tanda tempat titik perletakan dan titik pembebanan pada benda uji. Kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai

dengan tanda yang telah diberikan serta letak bebannya. Di bawah benda uji dipasang alat untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi "*ekstenometer*" pada saat dilaksanakan pengujian kuat lentur.

2. Pembebanan secara perlahan-lahan dan konstan serta dinaikkan secara bertahap dengan menggunakan *hidraulic jack* sampai batas kekuatan tertentu dan benda uji akan mengalami retak atau patah.
3. Hasil retak ditandai dan ditulis saat pengujian sedang berlangsung pada benda uji yang mengalami retak tersebut dan diamati perilaku lentur dari pola retak yang terjadi. Lendutan dicatat dengan memakai interval beban sebesar 200 kg sampai kekuatan maksimal. Kemudian hasil pengujian dicatat sesuai dengan jarum yang ditunjukkan pada *hydraulic jack*.

4.3.4 Pengujian Kuat Geser

Pelaksanaan pengujian balok beton untuk kuat geser dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pengujian benda uji diberi tanda tempat titik perletakan dan titik pembebanan pada benda uji. Kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan serta letak bebannya. Di bawah benda uji dipasang alat untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi "*ekstenometer*" pada saat dilaksanakan pengujian kuat geser.
2. Pembebanan secara perlahan-lahan dan konstan serta dinaikkan secara bertahap dengan menggunakan *hidraulic jack* sampai batas kekuatan tertentu dan benda uji akan mengalami retak atau patah.

3. Hasil retak ditandai dan ditulis saat pengujian sedang berlangsung pada benda uji yang mengalami retak tersebut dan diamati perilaku geser dari pola retak yang terjadi. Lendutan dicatat dengan memakai interval beban sebesar 200 kg sampai kekuatan maksimal. Kemudian hasil pengujian dicatat sesuai dengan jarum yang ditunjukkan pada *hydraulic jack*.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji balok persegi panjang serta dilakukan pengujian terhadap kuat desak beton, kuat tarik belah beton dan kuat tarik baja beton yang digunakan untuk mengetahui karakteristik balok uji pada percobaan yang dilakukan. Hasil penelitian adalah sebagai berikut.

5.1 Kuat Tarik Baja Tulangan

Pengujian memakai benda uji baja tulangan sepanjang 50 cm, dari tiap-tiap baja tulangan yang dipakai dalam penulangan balok. Hasil dari pengujian kuat tarik baja tulangan dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Kuat tarik baja tulangan diameter 16 mm polos

Sampel	A (cm ²)	P leleh (kg)	P max (kg)	P putus (kg)	$\sigma l = P_l/A$ (kg/cm ²)	$\sigma_u = P_m/A$ (kg/cm ²)
1	95,5	3300	5220	4100	3539,26	5465,96
2	95,33	3470	5420	4180	3629,98	5685,51
3	95,42	3450	5370	4200	3616,59	5627,751
4	95,5	3510	5380	4170	3675,39	5633,51
Keterangan :				Rata-rata	3615,31	5603,183

A = luas baja tulangan,

P leleh = beban saat terjadi leleh,

P max = beban maksimum baja tulangan,

σ leleh = tegangan leleh baja,

$$\begin{aligned}\sigma \text{ lrata}^2 &= \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2}{4} = \frac{3539,26 + 3629,98 + 3616,59 + 3675,39}{4} \\ &= 3615,310 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 354,66 \text{ MPa}\end{aligned}$$

5.2 Kuat Desak Beton

pengujian dilakukan setelah benda uji melalui pencetakan dan perawatan serta berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat desak beton diperoleh tegangan desak seperti tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat desak beton

Sampel	Slump (cm)	Luas (cm ²)	Berat (kg)	P (kN)	$\sigma=P/A$ (kg/cm ²)
1	12,5	180,4368	10,112	317	179,5022
2	12,5	178,5140	10,215	317	181,6575
3	13	181,5096	9,7775	312	175,6309
4	12,5	181,8678	10,159	318	178,4158
5	13	179,7710	9,8935	313	177,5926

$$\sigma \text{ rata-rata} = 178,55436 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 17,5166 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_c \text{ rata-rata} - f.s$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\sigma'b - \sigma'bm)^2}{N-1}} = 2,237$$

dengan, $\sigma'b$ = kuat tekan masing-masing beton uji (kg/cm²)

$\sigma'bm$ = kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²)

$$= (\sum \sigma'b)/N \quad \text{dimana, } N = \text{jumlah sampel}$$

$$s = 2,237$$

$$f_c = 178,5544 - (1,64 \cdot 2,237)$$

$$= 174,8855 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 17,15 \text{ Mpa}$$

5.3 Kuat Tarik Belah Beton

pengujian dilakukan setelah benda uji melalui pencetakan dan perawatan serta berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat desak beton diperoleh kuat tarik belah beton seperti tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat kuat tarik belah beton

Sampel	Slump (cm)	Luas Tarik (cm ²)	Berat (kg)	P (kN)	σ (kg/cm ²)
1	12,5	448,94	9,966	46	10,451
2	12,5	461,165	9,975	37	8,1836
3	13	453,49	10,058	69	15,5196
4	12,5	459,954	10,12	48	10,644
5	13	457,81	10,210	80	17,823

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = 12,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1,227 \text{ MPa}$$

5.4 Hasil Pengujian Lentur dan Geser Balok

Penelitian menggunakan benda uji balok persegi, dan diharapkan benda uji tersebut dapat mewakili karakteristik beton yang diteliti dalam percobaan ini. Hasil penelitian dari masing-masing balok sampel dikelompokkan dalam bentuk tabel yang

menunjukkan nilai defleksi pada setiap interval pembebanan. Dari setiap tabel dapat dibuat grafik hubungan antara pembebanan dan defleksi yang terjadi. Pola retak yang terjadi pada setiap sampel dapat pula dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data hasil pengujian lentur

Sampel 1		Sampel 2	
P (kg)	$\Delta_{0.01}$ (mm)	P (kg)	$\Delta_{0.01}$ (mm)
200	73	200	49
400	130	400	121
600	212	600	224
800	275	800	329
1000	392	1000	463
1200	476	1200	571
1400	580	1400	706
1600	675	1600	832
1800	816	1800	949
2000	967	2000	1098
2200	1144	2200	1180
2400	1330	2400	1230
2600	1530	2600	1312
2800	1725	2800	1443
3000	1845	3000	1536
3200	2025	3200	1611
3400	2135	3400	2025
3600	2280	3600	

$$P_{\max \text{ rata-rata}} = \frac{3600 + 3400}{2} = 3500 \text{ kg} = 34,314 \text{ kN}$$

Pembebanan yang dilakukan pada pengujian lentur digambarkan seperti pada gambar 5.1. Dari tabel hasil pengujian kuat lentur maka dapat ditentukan tegangan lentur sebagai berikut:

$$\text{Beban sendiri balok} : 0,25 \cdot 0,12 \cdot (19,5) = 0,585 \text{ kN/m}$$

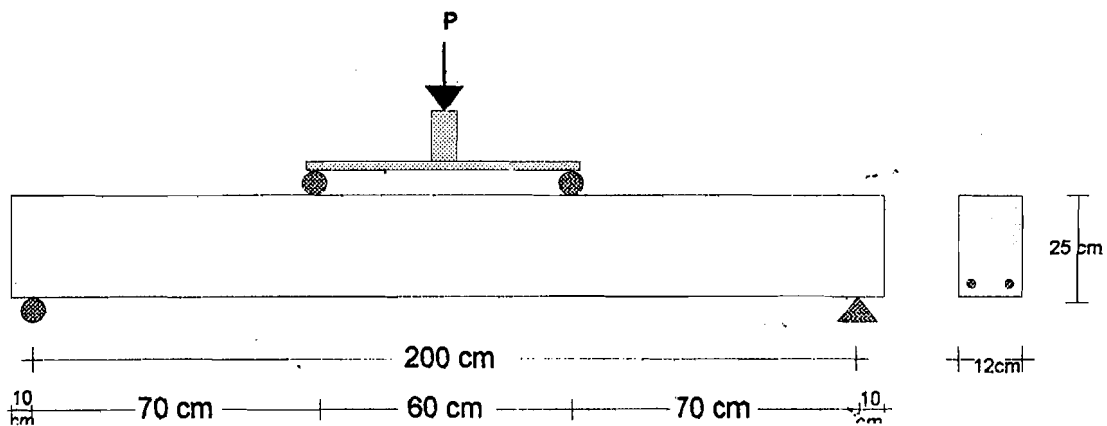
$$W_u = 0,585 \text{ kN/m}$$

$$P_u = 34,314 \text{ kN}$$

$$M_u = 1/8 \cdot W_u \cdot l^2 + 0,35P$$

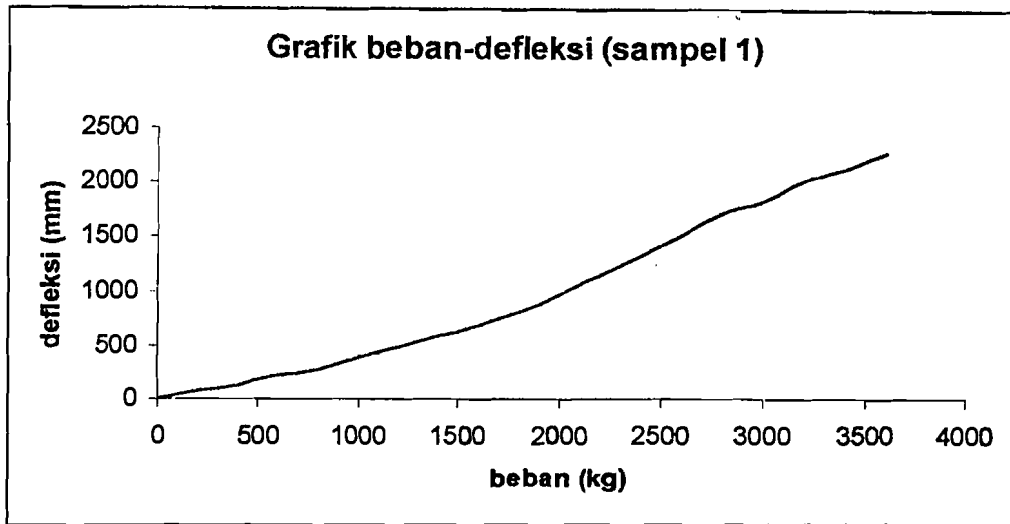
$$= 1/8 \cdot 0,585 \cdot (2)^2 + 0,35 \cdot 34,314$$

$$= 12,30 \text{ kNm}$$

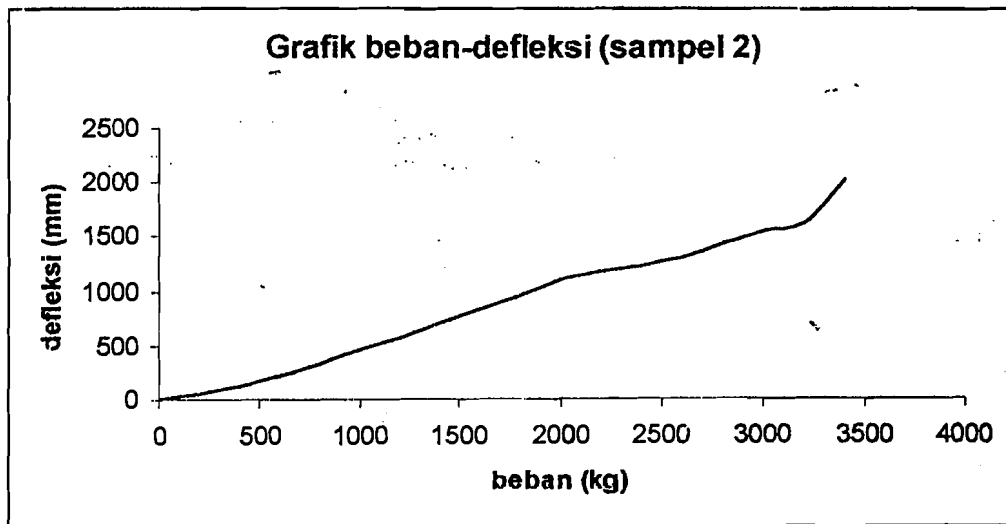


Gambar 5.1 Balok Uji Lentur

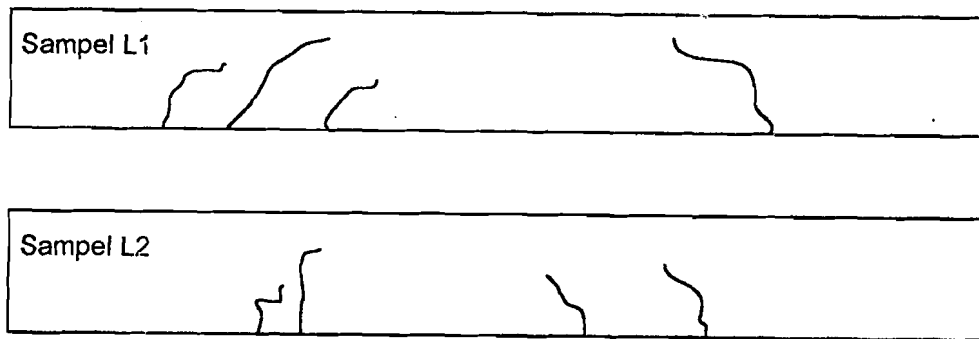
Di bawah ini disajikan diagram hubungan antara beban dengan defleksi di tengah bentang, dapat diamati dari bentuk kurva (gambar 5.2a dan 5.2b)



Gambar 5.2a Grafik hubungan beban-defleksi sampel 1 (lentur)



Gambar 5.2b Grafik hubungan beban-defleksi sampel 2 (lentur)



Gambar 5.3 Pola Retak Lentur

Pola retak yang terjadi pada pembebanan pada pengujian mengakibatkan retakan rambut yang kemudian bertambah besar seperti tergambar di atas (gambar 5.3) menunjukkan keretakan dimulai dari daerah tengah bentang.

Dari hasil pengujian pembebanan balok geser didapatkan data hasil uji pada tabel 5.5.

Tabel.5.5 Data hasil pengujian geser

Sampel I				Sampel II			
P (kg)	$\Delta.0,01$ (mm)	P (kg)	$\Delta.0,01$ (mm)	P (kg)	$\Delta.0,01$ (mm)	P (kg)	$\Delta.0,01$ (mm)
200	22	4600	360	200	47	4600	359
400	36	4800	378	400	56	4800	379
600	48	5000	429	600	61	5000	410
800	54	5200	467	800	69	5200	428
1000	68	5400	515	1000	72	5400	469
1200	73	5600	549	1200	90	5600	495
1400	80	5800	598	1400	102	5800	527
1600	89	6000	648	1600	114	6000	546
1800	103	6200	671	1800	127	6200	563
2000	128	6400	700	2000	130	6400	609
2200	139	6600	750	2200	150	6600	648
2400	153	7000	800	2400	170	7000	681

Lanjutan Tabel 5.5 Data hasil pengujian geser

2600	171	7200	853	2600	188	7200	701
2800	187	7400	860	2800	207	7400	756
3000	206	7600	870	3000	226	7600	829
3200	225	7800	902	3200	244	7800	864
3400	243	8000	915	3400	270	8000	903
3600	261	8200	961	3600	279	8200	941
3800	279	8400	973	3800	297	8400	992
4000	300	8600	1003	4000	300		
4200	321	8800	1057	4200	312		
4400	341			4400	341		

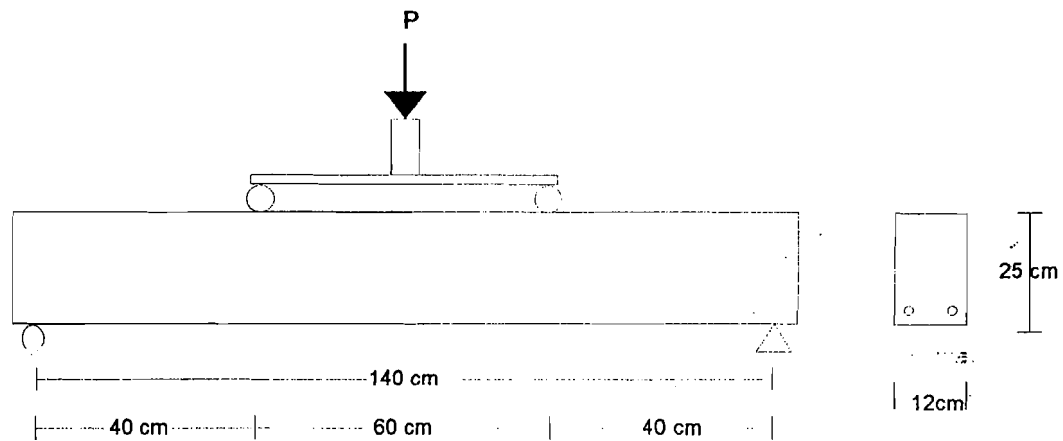
$$P_{\max \text{ rata-rata}} = \frac{8800 + 8400}{2} = 8600 \text{ kg} = 84,3137 \text{ kN}$$

Penggambaran pembebanan pada pengujian geser digambarkan pada gambar

(gambar 5.4). Perhitungan tegangan geser adalah sebagai berikut :

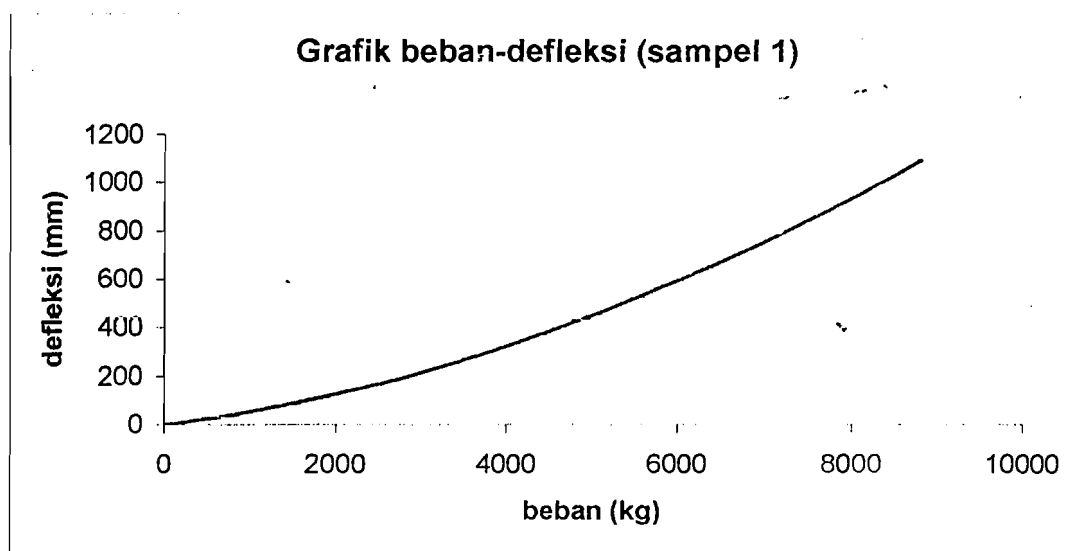
$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l + \frac{1}{2} P_u \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,585 \cdot 1,4 + \frac{1}{2} \cdot 84,3137 \\ &= 42,56565 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$v_u = \frac{V_u}{\Phi \cdot b_w \cdot d} = \frac{42,5656}{0,6 \cdot 0,12 \cdot 0,206} = 2869,8523 \text{ kN/m}^2$$

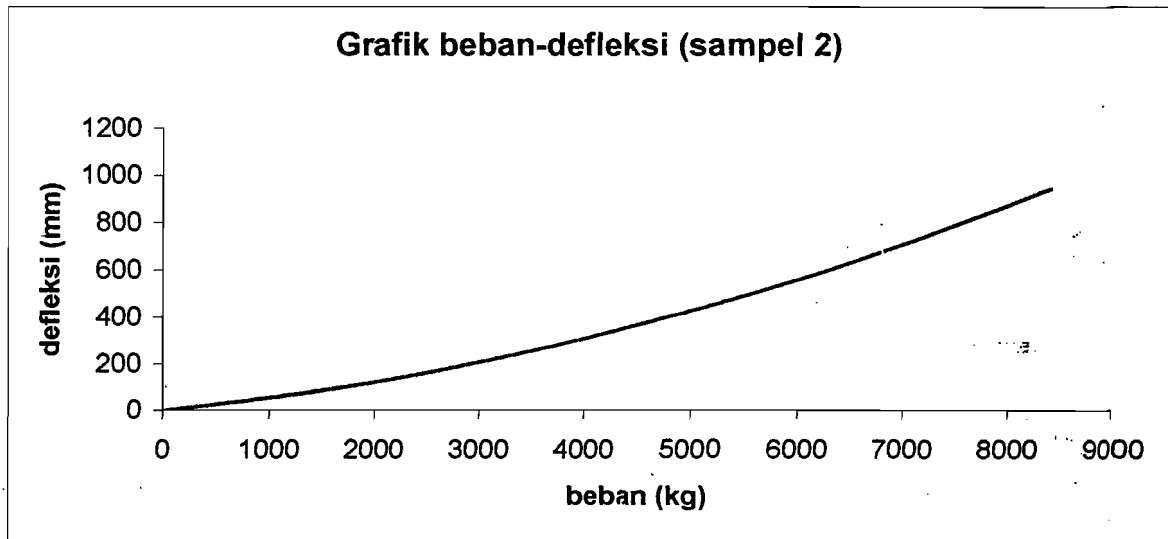


Gambar 5.4 Balok Uji Geser

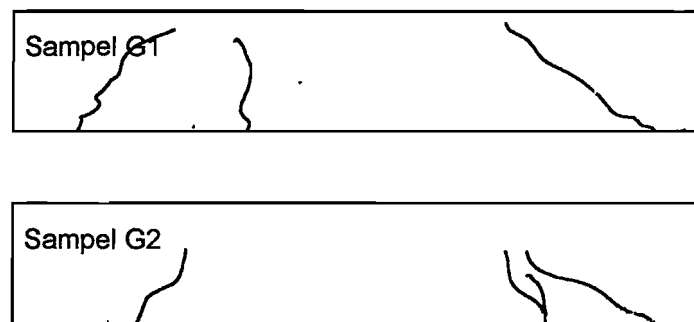
Dari data hasil pengujian balok geser dapat disajikan diagram hubungan antara beban dengan defleksi di tengah bentang, dapat diamati dari bentuk kurva (gambar 5.5a dan 5.5b)



Gambar 5.5a Grafik hubungan beban-defleksi sampel 1 (geser)



Gambar 5.5b Grafik hubungan beban-defleksi sampel 2 (geser)



Gambar 5.6 Pola Retak Geser

Pembebanan pada saat pengujian mengakibatkan balok mengalami keretakan pola retak yang terjadi (gambar 5.6) terjadi diawali dari ujung atau dari dukungan sesuai dengan perencanaan.

5.5 Grafik Momen Kelengkungan

Dari data hasil pengujian didapatkan hubungan antara pembebanan dan defleksi yang terjadi setelah pembebanan, data yang didapat akan menghasilkan hubungan momen dengan kelengkungan setelah melalui perhitungan yang kemudian ditabelkan seperti tabel 5.6 di bawah.

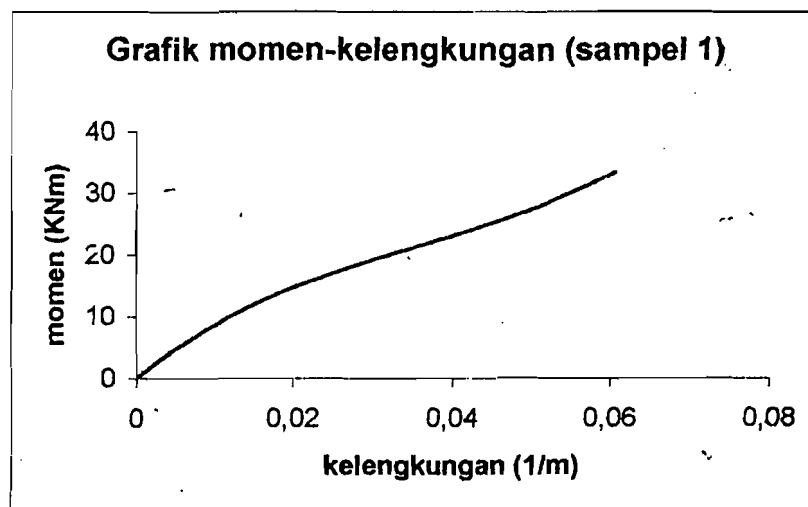
Tabel 5.6 Hubungan momen – kelengkungan sampel 1 (geser)

Beban Ton	Dial 1 mm	Dial 2 mm	Dial 3 mm	Momen kN-m	Kelengkungan 1/m
0	0	0	0	0	0
0,2	0,1	0,22	0,08	0,75	0,00416
0,4	0,21	0,36	0,24	1,5	0,00432
0,6	0,24	0,48	0,44	2,25	0,00448
0,8	0,33	0,54	0,46	3	0,00464
1	0,52	0,68	0,54	3,75	0,0048
1,2	0,58	0,73	0,57	4,5	0,00496
1,4	0,62	0,8	0,6	5,25	0,00608
1,6	0,7	0,89	0,64	6	0,00704
1,8	0,75	1,03	0,83	6,75	0,00768
2	0,93	1,28	0,97	7,5	0,01056
2,2	1	1,39	1,06	8,25	0,01152
2,4	1,23	1,53	1,1	9	0,01168
2,6	1,45	1,71	1,21	9,75	0,01216
2,8	1,53	1,87	1,44	10,5	0,01232
3	1,69	2,06	1,63	11,25	0,0128
3,2	1,84	2,25	1,82	12	0,01344
3,4	1,92	2,43	2,07	12,75	0,01392
3,6	2,08	2,61	2,19	13,5	0,0152
3,8	2,15	2,79	2,32	14,25	0,01776
4	2,32	3	2,51	15	0,01872
4,2	2,56	3,21	2,67	15,75	0,01904
4,4	2,66	3,41	2,78	16,5	0,02208
4,6	2,84	3,6	2,93	17,25	0,02288
4,8	3,01	3,78	3,11	18	0,02304
5	3,23	4,29	3,47	18,75	0,03008
5,2	3,59	4,67	3,8	19,5	0,0312
5,4	3,77	5,15	4,06	20,25	0,03952
5,6	3,89	5,49	4,59	21	0,04
5,8	4,1	5,98	5,32	21,75	0,04064
6	4,56	6,48	5,81	22,5	0,04144
6,2	4,8	6,71	5,98	23,25	0,04224
6,4	5,11	7	6,23	24	0,04256

Lanjutan Tabel 5.6 Hubungan momen-kelengkungan sampel 1 (geser)

6,6	5,64	7,5	6,58	24,75	0,04448
7	6,03	8	7,15	26,25	0,04512
7,2	6,47	8,53	7,54	27	0,0488
7,4	6,51	8,6	7,63	27,75	0,04896
7,6	6,61	8,7	7,7	28,5	0,04944
7,8	6,9	9,02	7,94	29,25	0,0512
8	7,03	9,15	8	30	0,05232
8,2	7,34	9,61	8,27	30,75	0,05776
8,4	7,52	9,73	8,31	31,5	0,05808
8,6	7,73	10,03	8,67	32,25	0,05856
8,8	8,34	10,57	9,01	33	0,06064

Dari tabel 5.6 dapat dibuat grafik hubungan antara momen-kelengkungan dari pengujian geser pada sampel 1 (gambar 5.7), sedangkan



Gambar 5.7 Grafik hubungan momen-kelengkungan geser sampel 1

Sedangkan pada sampel 2 ditabelkan pada tabel 5.7 dibawah.

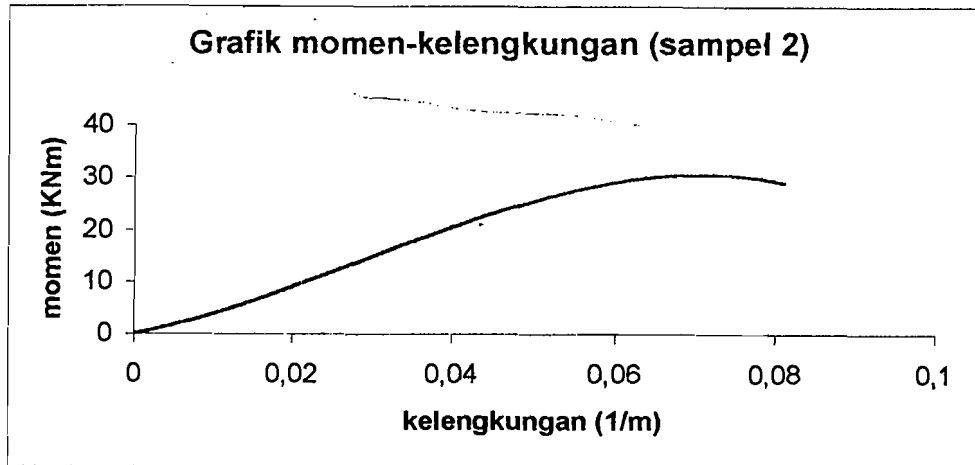
Tabel 5.7 Hubungan momen – kelengkungan sampel 2 (geser)

Beban ton	Dial 1 mm	Dial 2 mm	Dial 3 mm	Momen kN-m	Kelengkungan 1/m
0	0	0	0	0	0
0,2	0,13	0,47	0,08	0,75	0,01168
0,4	0,26	0,56	0,12	1,5	0,01184
0,6	0,29	0,61	0,17	2,25	0,01216
0,8	0,33	0,69	0,27	3	0,01248
1	0,39	0,72	0,26	3,75	0,01264

Lanjutan Tabel 5.7 Hubungan momen-kelengkungan sampel 2 (geser)

1,2	0,51	0,9	0,31	4,5	0,01568
1,4	0,59	1,02	0,45	5,25	0,016
1,6	0,76	1,14	0,5	6	0,01632
1,8	0,81	1,27	0,67	6,75	0,01696
2	0,83	1,3	0,7	7,5	0,01712
2,2	0,97	1,5	0,89	8,25	0,01824
2,4	1,16	1,7	0,97	9	0,02032
2,6	1,27	1,88	1,16	9,75	0,02128
2,8	1,51	2,07	1,28	10,5	0,0216
3	1,72	2,26	1,42	11,25	0,02208
3,2	1,84	2,44	1,62	12	0,02272
3,4	2,06	2,7	1,87	12,75	0,02352
3,6	2,13	2,79	1,9	13,5	0,0248
3,8	2,24	2,97	2,02	14,25	0,02688
4	2,26	3	2,05	15	0,02704
4,2	2,31	3,12	2,14	15,75	0,02864
4,4	2,65	3,41	2,3	16,5	0,02992
4,6	2,74	3,59	2,51	17,25	0,03088
4,8	2,97	3,79	2,67	18	0,03104
5	3,32	4,1	2,86	18,75	0,03232
5,2	3,47	4,28	2,91	19,5	0,03488
5,4	3,53	4,69	3,28	20,25	0,04112
5,6	3,79	4,95	3,41	21	0,0432
5,8	3,98	5,27	3,77	21,75	0,04464
6	4,26	5,46	3,84	22,5	0,04512
6,2	4,41	5,63	3,97	23,25	0,04608
6,4	4,94	6,09	4,26	24	0,04768
6,6	5,3	6,48	4,57	24,75	0,04944
7	5,64	6,81	4,82	26,25	0,05056
7,2	5,85	7,01	4,91	27	0,05216
7,4	6,32	7,56	5,26	27,75	0,05664
7,6	6,81	8,29	5,54	28,5	0,06768
7,8	7,37	8,64	5,6	29,25	0,06896
8	7,82	9,03	5,78	30	0,07136
8,2	8,16	9,41	6,05	30,75	0,07376
8,4	8,34	9,92	6,43	31,5	0,08112

Dari tabel 5,7 di atas dapat dibuat grafik hubungan momen-kelengkungan, pada gambar 5.8 di bawah



Gambar 5.8 Grafik hubungan momen-kelengkungan sampel 2 (geser)

Dari hasil pengamatan pengujian lentur didapatkan tabel 5.8 yaitu tabel mengenai hubungan momen-kelengkungan pada sampel 1.

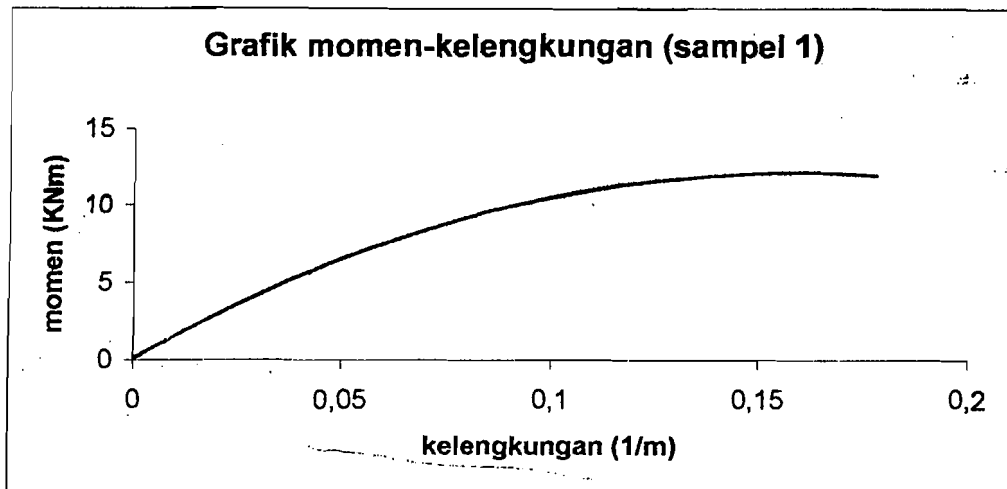
Tabel 5.8 Hubungan momen-kelengkungan sampel 1 (lentur)

P (ton)	d1 mm	d2 mm	d3 mm	Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
0	0	0	0	0	0
0,2	0,7	0,73	0,7	0,75	0,00096
0,4	1,25	1,3	1,11	1,5	0,00384
0,6	2,04	2,12	1,71	2,25	0,00784
0,8	2,55	2,75	2,19	3	0,01216
1	3,54	3,92	3,08	3,75	0,01952
1,2	4,22	4,76	3,8	4,5	0,024
1,4	5,07	5,8	4,7	5,25	0,02928
1,6	5,73	6,75	5,85	6	0,03072
1,8	6,67	8,16	7	6,75	0,0424
2	7,58	9,76	8,05	7,5	0,06224
2,2	8,68	11,44	9,5	8,25	0,0752
2,4	10,84	13,3	10,95	9	0,07696
2,6	11,02	15,3	12,45	9,75	0,11408
2,8	12,35	17,25	13,9	10,5	0,132
3	13,25	18,45	14,95	11,25	0,1392
3,2	14,57	20,25	16,3	12	0,15408

Lanjutan Tabel 5.8 Hubungan momen-kelengkungan sampel 1 (lentur)

3,4	15,29	21,35	17	12,75	0,16656
3,6	16,4	22,8	18,08	13,5	0,17792

Dari tabel 5.8 dibuat grafik seperti tergambar pada gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik hubungan momen-kelengkungan sampel 1 (lentur)

Selanjutnya pada pengujian lentur sampel 2 diperoleh hubungan momen-kelengkungan, tabel 5.8.

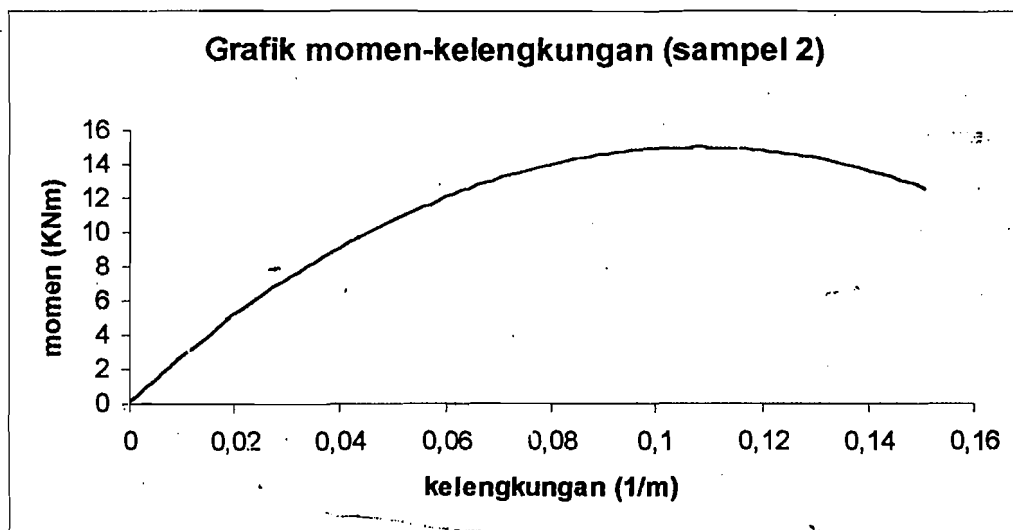
Tabel 5.9 Hubungan momen-kelengkungan sampel2 (lentur)

P (ton)	d1 mm	d2 mm	d3 mm	Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
0	0	0	0	0	0
0,2	0,42	0,49	0,24	0,75	0,00512
0,4	1	1,21	0,81	1,5	0,00976
0,6	2,1	2,24	1,6	2,25	0,01248
0,8	2,85	3,29	2,6	3	0,01808
1	3,7	4,63	4,05	3,75	0,02416
1,2	4,5	5,71	5,39	4,5	0,02448
1,4	5,35	7,06	7,2	5,25	0,02512
1,6	6,2	8,32	8,85	6	0,02544
1,8	7,05	9,49	10,3	6,75	0,02608

Lanjutan Tabel 5.9 Hubungan momen-kelenturan sampel 2 (lentur)

2	7,9	10,98	12,3	7,5	0,02816
2,2	8,42	11,8	13,4	8,25	0,02848
2,4	8,7	12,3	13,98	9	0,03072
2,6	9,19	13,12	14,85	9,75	0,0352
2,8	10,05	14,43	16,56	10,5	0,036
3	10,65	16,36	17,65	11,25	0,07072
3,2	11,11	16,11	18,09	12	0,04832
3,4	11,75	20,25	19,35	12,75	0,1504

Digambar menjadi grafik seperti gambar 5.10 di bawah



Gambar 5.10 Grafik hubungan momen-kelengkungan sampel 2 (lentur)

5.6 Pembahasan

Pembahasan didasarkan pada hasil yang diperoleh dari percobaan. Data dari hasil dapat diamati dan diteliti pengaruh penggunaan breksi batuapung sebagai agregat kasar pada struktur beton ringan dalam menahan gaya geser dan gaya lentur karena beban sendiri.

5.6.1 Kuat Desak dan Tarik Belah Beton

Kuat desak dan tarik belah beton tergantung pada jenis campuran, sifat agregat, serta lama dan kualitas rawatannya. Karena keterbatasan kapasitas mesin pengaduk beton, maka dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton untuk tiap sampel dilakukan berkali-kali, akan tetapi tiap campuran diusahakan mempunyai nilai slump sesuai rencana agar tercapai mutu beton seseragam mungkin.

Dari data hasil uji menunjukkan bahwa angka dari kuat desak beton tidak sesuai dengan yang direncanakan yaitu 17,15 Mpa padahal direncanakan 17,5 Mpa. Kurang keringnya beton uji pada waktu pegujian karena sifat asli dari breksi batuapung yang menyerap air dan menyimpannya di dalam pori-pori juga menyebabkan berkurangnya kuat desak, hal ini terlihat pada waktu pengujian pecahan pada breksi batuapung yang terlihat agak basah oleh air.

Kelemahan yang tersebut di dalam uji kuat desak juga mempengaruhi pada kuat tarik belah beton yaitu rata-rata 1,227 MPa, rencana diharapkan sesuai dengan teori yaitu 9%-15% dari kuat desak beton jadi kira-kira seharusnya 1,5435-2,57 Mpa.

5.6.2 Perilaku dan Kuat Lentur Balok

Perilaku lentur balok secara umum memiliki perilaku lentur yang hampir sama. Hal ini dapat dilihat pada pola retak yang terjadi pada balok uji. Pola retak yang terjadi menunjukkan pola retak yang disebabkan oleh gaya lentur, yaitu retak diagonal yang berawal dari bawah yang dirambatkan secara simultan terhadap pembebanan menuju daerah tertekan balok. Hal tersebut sesuai dengan rencana penelitian, bahwa balok akan mengalami gagal lentur.

Pada sampel balok lentur satu, retakan timbul pada beban 2400 kg berupa retak diagonal dari bawah balok menuju ke daerah tertekan. Retak diagonal yang terjadi membentuk sudut lebih besar 45° . Pada penambahan beban selanjutnya balok masih mampu menahan beban yang lebih besar setelah terjadinya retak diagonal yang pertama, sehingga balok sampai mengalami gagal lentur akibat pembebanan. Besar beban maksimal yang menyebabkan gagal lentur pada sampel satu adalah 3600 kg. Penurunan balok atau defleksi yang terjadi pada awal retak adalah sebesar 13,30 mm dan defleksi yang terjadi pada saat balok mengalami pembebanan maksimal adalah 22,80 mm.

Pada sampel dua untuk uji lentur, retakan awal timbul pada saat pembebanan sebesar 2200 kg berupa retak diagonal dari bawah balok menuju ke daerah yang mengalami penekanan. Retak diagonal yang terjadi membentuk sudut lebih besar dari 45° . Besar penurunan balok atau defleksi yang terjadi pada saat balok mengalami retak awal akibat beban yang ditahan adalah 11,80 mm. Balok masih mampu menahan pada pembebanan selanjutnya yang lebih besar daripada beban yang menyebabkan retak diagonal awal. Beban maksimal yang terjadi dan menyebabkan balok tidak mampu menahan gaya lentur atau gagal lentur adalah sebesar 3400 kg dan defleksi yang terjadi pada balok uji adalah 20,25 mm.

Pada pengujian terlihat, bahwa beton bertulangan yang telah mengalami retak pertama, masih mempunyai kemampuan meningkatkan kuat lentur karena retakan yang terjadi ditahan oleh tulangnya. Oleh karena itu pada batas kemampuan lentur maksimumnya, beton tidak akan mengalami keruntuhan secara total, hanya merupakan retakan yang melebar mendekati terpotong. Pada beton bertulang,

tulangan bajanya akan berperan sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lentur. Apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan penambahan beban. Dari pengamatan hasil pengujian lentur dapat diketahui besarnya beban maksimal untuk pengujian gaya lentur dengan breks. batuapung sebagai agregat balok beton sebesar 3600 kg, sedangkan pada perencanaan beban yang didapat sebesar 6700 kg dan defleksi yang terjadi sebesar 18,793 mm.. Letak retak akibat pembebanan yang terjadi sesuai dengan yang diharapkan.

5.6.3 Perilaku Kuat Geser Balok

Perilaku geser balok memiliki perilaku geser yang hampir sama. Hal ini dapat dilihat pada pola retak yang terjadi pada balok uji. Pola retak yang terjadi menunjukkan pola retak yang disebabkan oleh gaya geser, yaitu retak diagonal yang berawal dari tumpuan yang dirambatkan secara simultan terhadap pembebanan menuju daerah tertekan balok. Hal tersebut sesuai dengan rencana penelitian, bahwa balok akan mengalami gagal geser.

Pada sampel balok geser satu, retakan timbul pada beban 5400 kg berupa retak diagonal dari tumpuan menuju ke daerah tertekan. Retak diagonal yang terjadi membentuk sudut lebih besar 45° . Pada penambahan beban selanjutnya balok masih mampu menahan beban yang lebih besar setelah terjadinya retak diagonal yang pertama, sehingga balok sampai mengalami gagal geser akibat pembebanan. Besar beban maksimal yang menyebabkan gagal geser pada sampel satu adalah 8800 kg. Penurunan balok atau defleksi yang terjadi pada awal retak adalah sebesar 5,15 mm

dan defleksi yang terjadi pada saat balok mengalami pembebanan maksimal adalah 10,57 mm.

Pada balok sampel geser kedua, retakan awal timbul pada saat pembebanan sebesar 5600 kg, berupa retak diagonal dari tumpuan menuju ke daerah yang mengalami penekanan. Penurunan yang terjadi pada saat retak awal adalah 4,95 mm. Retak diagonal yang terjadi membentuk sudut lebih besar dari 45° . Balok masih mampu menahan pada pembebanan selanjutnya yang lebih besar daripada beban yang menyebabkan retak diagonal awal. Beban maksimal yang terjadi dan menyebabkan balok tidak mampu menahan gaya geser atau gagal geser adalah sebesar 8400 kg dan defleksi yang terjadi pada balok uji adalah 9,92 mm. Pada saat penambahan beban sebelum terjadi beban maksimal balok mengalami retak rambut pada daerah bentang geser dan sebagian di tengah bentang. Retak-retak tersebut berhenti karena ditahan oleh sengkang sehingga tidak melebar.

Pada pengujian kuat geser dari pola retakan geser dapat dilihat bahwa retakan yang terjadi sesuai dengan yang direncanakan yaitu dimulai dari daerah dukungan kemudian merambat ke daerah tengah baru kemudian terjadi patah. Besar kuat geser dalam hal ini didasarkan pada beban yang mampu didukung oleh balok. Pada pengamatan pengujian kuat geser dapat diketahui besarnya gaya geser yang terjadi pada balok dengan breksi batuapung sebagai agregatnya. Besar beban maksimal yang mengakibatkan gagal geser adalah 8800 kg, tegangan gesernya sebesar 2869,8523 kN/m^2 dan defleksinya 10,57 mm. Sedangkan pada perencanaan didapatkan beban maksimal yang diijinkan 11850 kg, tegangan geser sebesar 3953,41 kN/m^2 serta defleksinya 9,784 mm.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh data dari masing-masing sampel silinder dan balok dengan breksi batuapung sebagai agregat, baik balok uji lentur maupun balok uji geser.

1. Pada pengujian kuat desak beton, hasil kuat desak dari pengujian kurang dari yang direncanakan, kekurangannya sekitar 2,57 %.
2. Dari pola retak yang terjadi dari masing-masing pengujian balok baik uji lentur maupun uji geser menunjukkan bahwa beton mengalami gagal lentur dan gagal geser. Pada pengujian lentur terjadi kegagalan lentur terbukti dengan arah retakan terjadi di tengah bentang sedangkan pada pengujian geser terjadi kegagalan geser, arah retakan terjadi dari tumpuan.
3. Pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa dalam menahan beban masih mempunyai kekurangan sekitar 46,27 % dan pada pembebanan geser mempunyai kekurangan 25,74 % dari rencana.
4. Dari hasil pengujian beton ringan dengan agregat breksi batuapung masih memerlukan bahan tambah untuk meningkatkan kekuatannya.

5. Dari hasil pengujian beton dengan agregat breksi batuapung dapat disebut beton ringan karena berat jenisnya 1850.54 kg/m^3 , dimana kurang dari batas maksimum 1900 kg/m^3 (Drs. Randing, Dipl, EE dan Lasino, BE. 1994).

6.2 Saran

Dari hasil pengujian dan pengamatan dapat disarankan beberapa hal untuk dapat menjadi acuan baik penelitian selanjutnya maupun di lapangan.

1. Agar terjadi keseragaman pembebanan pada waktu pengujian sebaiknya diperhatikan permukaan balok dan silinder beton benar-benar rata.
2. Agar tidak terjadi kegagalan lekatan baja dengan beton sebaiknya diberikan penjangkaran pada tulangan.
3. Perlu diperhatikan dalam penempatan balok uji selama perawatan baik ratanya permukaan maupun kemudahan dalam perawatan dan jarak dengan alat penguji agar tidak terjadi kerusakan benda uji karena pengangkutan yang salah.
4. Perlu penelitian lebih lanjut dalam penambahan bahan tambah untuk meningkatkan kekuatan struktur beton.

Lampiran

DAFTAR NOTASI

- A = Luas tampang silinder beton (mm^2)
- A_s = Luas Tulangan
- b = lebar balok (m)
- d = tinggi balok (m)
- D = diameter benda uji silinder (m)
- E_c = modulus elastisitas beton (Mpa)
- E_s = modulus elastisitas baja (Mpa)
- f = tegangan lentur yang terjadi
- f'_c = Kuat desak beton (Mpa)
- f_t = kuat tarik belah (N/m^2)
- f_y = tegangan luluh baja (MPa)
- I = inersia penampang balok
- L = panjang benda uji silinder (m)
- M_n = Momen Nominal
- M = momen lentur ultimit
- P_{\max} = Beban maksimum yang merusak silinder beton (kN)
- P leleh = beban saat terjadi leleh
- R = jari-jari
- S = momen statis dari titik berat bagian yang tergeser terhadap garis netral
- y = jarak garis netral dari tepi serat yang tertekan

σ leleh = tegangan leleh baja

$\sigma'b$ = kuat tekan masing-masing beton uji (kg/cm^2)

$\sigma'bm$ = kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

V = gaya lintang

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kekuatan geser nominal tulangan geser

v_c = tegangan geser ijin beton (Mpa)

V_d = gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban mati

V_l = gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban hidup

ϕ = faktor reduksi

Φ = kelengkungan



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA BETON

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Tanggal : 26 September 2000
Dilakukan : Antos dan Iwan

Diperiksa : *mul* *Duco*

Sampel	Diameter	A ($0,01\text{cm}^2$)	Pleleh (kg)	Pmax (kg)	Pputus (kg)	PIA (kg/cm^2)	Pleleh rata-rata (kg/cm^2)
1	11,03	95,5	3380	5220	4100	35.39,267	3615,310
2	11,02	95,33	3470	5420	4100	36.29,987	
3	11,025	95,42	3450	5370	4200	36.16,594	
4	11,03	95,5	3510	5380	4170	36.75,392	

Dense $\frac{28}{1000}$
 $3615,310 \times 0,0981 = 354,6619$

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Mka



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK-BELAH BETON (28 hari)

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Tanggal : 26 September 2000
 Dilakukan : Antos dan Iwan

Diperiksa : *mes Daru*

No	Diameter benda uji (cm)						Panjang (cm)			Berat (kg)	A bid.tarik LD (cm ²)	Beban maks.(kN)	Kuat tarik Belah (Mpa) ^{kg/cm²}
	D1	D2	D3	D4	D5	D rerata	L1	L2	L rerata				
1	14,925	15,1	14,940	15,1	15,235	15,06	30,025	29,601	29,81	9,966	448,94	26	10,451
2	14,815	15,2	15,125	15,101	15,03	15,056	30,615	30,645	30,63	9,975	461,165	37	8,1836
3	15,195	15,26	15,16	15,12	15,1	15,167	30,25	29,55	29,91	10,058	453,49	65	15,5196
4	15,25	15,355	15,05	15,045	15,025	15,155	30,275	30,425	30,35	10,12	459,954	48	10,644
5	15,235	15,095	15,130	15,16	15,05	15,101	30,285	30,35	30,317	10,210	457,01	30	17,823
6													
7													
8													
9													
10													
11													

$\sigma_{t} = 18,52424 \text{ kg/cm}^2$

Dikerjakan

Antos - Iwan

Mengetahui

mes Daru 28/9/00

mes LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (28 hari)

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Tanggal : 26 September 2000
 Dilakukan : Antos dan Iwan

Diperiksa : Mas Tani

No.	Berat (kg)	Ukuran (cm)		Luas bid. Tekan (cm) ²	Kuat tekan		Keterangan
		diameter	diameter		Beban maks (kN)	Kg/cm ²	
1	10,112	15,04	15,25	180,4368	317	179,5022	kuat tekan 1afu ³
2	10,215	15,01	15,02	178,5190	317	180,6575	= 178,55936 kg/cm ²
3	9,7775	15,07	15,25	181,5096	312	175,6309	
4	10,454	15,265	15,135	181,8678	318	178,2154	
5	9,8935	15,075	15,075	179,771	313	177,5920	
6		15,145	15,161				
7		15,215	15,201				
8		15,3	15,206				
9		15,265	15,221				
10		15,25	15,133				

Dikerjakan

Antos - Iwan

↑
rata-rata

$$\bar{\sigma} = 178,55936 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 17,516679 \text{ MPa}$$

Mengetahui

Mas Tani 28/9/00

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UJI

10,1032
 0,1057
 1842



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : Brebah, Sleman Dikerjakan Oleh : _____
Jenis Contoh : Breksi Batu Apung Sukanto
DI TEST TANGGAL : 24 Juli 2000 DIPERIKSA : _____
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir

JENIS GRADASI		B	
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gr	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8") 3/8	2500 gr	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		2554 gr	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		48,92 %	

Yogyakarta, 24 Juli 2000

Kepala Lab Jalan Raya FT. UII



Sukanto ST

Teknisi Lab.

Revisi Tugas Akhir

Berat jenis beton ringan dengan agregat breksi batuapung diperoleh dari hasil perhitungan di bawah :

UJI	DIAMETER cm	TINGGI cm	VOLUME M ³	BERAT kg	Berat/Volume kg/m ³
1	15.06	29.81	5307.397	9.966	1877.757
2	15.056	30.63	5450.494	9.975	1830.109
3	15.167	29.91	5401.14	10.058	1862.199
4	15.155	30.35	5471.926	10.12	1849.44
5	15.101	30.317	5427.093	10.21	1881.302
6	15.161	29.81	5378.824	10.112	1879.965
7	15.081	30.63	5468.61	10.215	1867.934
8	15.206	29.91	5428.953	9.7775	1800.992
9	15.221	30.35	5519.69	10.159	1840.502
10	15.133	30.317	5450.118	9.8935	1815.282

Dari tabel di atas dapat diketahui rata-rata $1850,548 \text{ kg/m}^3$

Beton dapat disebut beton ringan apabila berat jenisnya kurang dari 1900 kg/m^3 (Drs. Randing, Dipl, EE dan Lasino, BE. 1994)

DAFTAR PUSTAKA

1. -----, 1971, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
2. -----, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, SK-SNI T-15-1991-03**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
3. **ISTIMAWAN DIPOHUSODO**, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
4. **KARDIYONO TJOKRODIMULYO**, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Fakultas Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
5. **WIDIASMORO SOEWONDO**, dkk., 1995, **STUDI KARAKTERISTIK DAN JUMLAH CADANGAN TERUKUR KONGLOMERAT BATU APUNG DI DAERAH PIYUNGAN YOGYAKARTA**, Yogyakarta.
6. **SELO GRAHA MATARAM**, **BETON BATUAPUNG SEMILIR**, PT. Selo Graha Mataram, Yogyakarta.
7. **GAMBHIR, M.L.**, 1986, **CONCRETE TECHNOLOGY**, Tata McGra-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
8. **NEVILLE, A.M.**, 1975, **PROPERTIES OF CONCRETE**, Second Edition, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London.