

# STUDI PERILAKU MEKANIK BETON RINGAN TERHADAP KUAT GESER BALOK

Vinsentius Surya Putra<sup>1</sup>

Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T.<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

e-mail : haryanto@mail.uajy.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan geser balok beton ringan bertulang menggunakan pecahan bata ringan *citicon* sebagai bahan pengisi agregat kasar. Pada penelitian ini diuji 6 buah balok berukuran 15 x 30 x 200 cm yang mengalami kegagalan geser. Kegagalan geser ini diperoleh dengan memperkuat kapasitas lentur balok. Agregat ringan *citicon* yang digunakan tertahan saringan # 10 mm. Penelitian ini menggunakan tulangan polos baik untuk tulangan utama maupun tulangan sengkang, dengan variasi jarak sengkang 20 cm, 25 cm dan tanpa sengkang. Mutu leleh baja yang digunakan 353,3076 MPa untuk tulangan utama dan 240,5633 MPa untuk tulangan sengkangnya. Diameter tulangan tekan menggunakan 2 P11,01 mm dan 3 P11,01 untuk tulangan tarik, serta tulangan sengkang yang digunakan 5,6 mm. Pengujian dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan nilai kapasitas geser untuk masing-masing variabel jarak tulangan sengkang yaitu; kapasitas geser balok dengan sengkang 20 cm sebesar 30,8995 kN, kapasitas geser balok dengan jarak sengkang 25 cm; sebesar 24,5339 kN, kapasitas geser balok tanpa sengkang sebesar 23,3417 kN. Mutu beton untuk balok beton ringan *citicon* sebesar 11,1436 MPa.

**Kata Kunci:** Balok beton ringan, agregat kasar *citicon*, kapasitas geser, pola retak

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

<sup>2</sup> Staff Pengajar Fakultas Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

## PENDAHULUAN

Semakin maraknya kampanye akan penyelamatan sumber daya alam membuat para pelaku konstruksi dan praktisi membuat banyak inovasi dan salah satunya adalah beton ringan. Beton ringan dapat diproduksi dengan menggunakan bahan pengganti agregat yang memiliki berat jenis yang ringan. Bata ringan *citicon* terbuat dari bahan material yang ramah lingkungan, diproses dengan teknologi aerasi terbaik membuat bata ringan *citicon* lebih kuat dari bata konvensional bahkan sama kuatnya dengan beton. Ditinjau dari aspek berat jenisnya, bata ringan mempunyai berat  $600 \text{ kg/m}^3$  sedangkan bata merah memiliki berat  $1700 \text{ kg/m}^3$ . Bila diterapkan pada struktur bangunan, bata ringan lebih diunggulkan karena memiliki berat jenis yang lebih ringan. Dampaknya dapat dirasakan pada perhitungan struktural karena bata ringan mengurangi beban yang akan diterima oleh komponen struktural yaitu balok dan kolom. Oleh karena itu, bata ringan dapat dijadikan pengganti agregat kasar pada beton ringan bila dipecah menjadi bagian yang lebih kecil yang dapat menambah kekuatan beton ringan namun mengurangi berat jenis dari beton ringan.

## PERMASALAHAN

Permasalahan dalam penelitian ini adalah beban geser maksimal yang dapat diterima oleh balok beton ringan bila dibebani secara eksentrik, dan variasi jarak sengkang pengaku arah horisontal yang optimum agar profil balok beton ringan dapat menahan beban maksimal.

## BATASAN MASALAH

Benda uji yang digunakan adalah balok dengan ukuran  $h = 300 \text{ mm}$ ,  $b = 150 \text{ mm}$ ,  $l = 1800 \text{ mm}$  dengan baja tulangan tekan 2P12 dan tulangan tarik 3P12 serta baja tulangan 2P6 sebagai tulangan geser. Semen merk “Gresik”. Agregat kasar yang digunakan adalah bata ringan *citicon* yang tertahan saringan 10 mm. Agregat halus yang berasal dari sungai Progo, Kulon Progo Yogyakarta. Mutu beton yang ingin dicapai  $f_c' = 12 \text{ MPa}$ . Faktor air semen rencana 0,5. Selimut beton 10 mm. Variasi jarak antar sengkang adalah tanpa sengkang, 200 mm dan 250 mm. Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari. Balok dibebani pada dua titik, di mana kedua titik tersebut masing – masing berjarak sejauh  $a = 600 \text{ mm}$  dari setiap tumpuan balok. *Transfer beam* yang digunakan untuk menyalurkan beban menjadi dua titik adalah sepanjang 600 mm.

## TINJAUAN PUSTAKA

Hayati (2014), menguji balok beton ringan bertulangan dengan agregat kasar bongkahan cangkang sawit, dengan variasi jarak sengkang. Hasil yang diperoleh ialah nilai kapasitas geser untuk masing-masing variabel jarak tulangan sengkang sebesar 70,68 kN untuk 20 cm, 60,87 kN untuk 25 cm, dan 26,68 kN tanpa sengkang.

Wibowo (2013), menguji kapasitas kolom C ganda berpengisi beton ringan dengan agregat *citicon* dengan variasi *mix design*. Hasil yang diperoleh pada pada umur 7 hari mencapai kuat tekan 10,3409 MPa, pengujian dilakukan pada umur 21 hari mencapai kuat tekan 14,2853 MPa, dan pengujian pada umur 28 hari mencapai kuat tekan 15,8899 MPa.

Sutrisno (2013), meneliti kandungan semen terhadap kuat tekan beton ringan struktural dengan agregat ringan *pumice* dengan variasi jumlah semen pada *mix design*. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton ringan dengan kandungan semen 300 kg/m<sup>3</sup> adalah 14,1945 MPa; 350 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan kuat tekan 19,1313 MPa; 400 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan kuat tekan 19,3461 MPa; dan pada 450 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan kuat tekan 24,7982 MPa.

Iqbal (2013), menguji balok geser beton bertulang dengan menggunakan sengkang konvensional. Balok beton diuji kekuatannya dalam menahan gaya geser serta pengaruh sudut kaitan sengkang pada kekuatan geser balok bertulang, dengan variasi jarak sengkang. Hasil yang diperoleh ialah kuat geser sengkang terbesar terjadi pada balok uji sengkang vertikal dengan sudut bengkokan kait 135°.

## LANDASAN TEORI

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kuat tekan beton adalah seperti yang terdapat pada persamaan (1):

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$f'_c$  = kuat tekan (MPa)

$P$  = beban tekan (N)

$A$  = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Modulus elastis adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau mendekati linier. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaban udara dan agregat penyusun beton. Rumus yang digunakan untuk mencari besarnya modulus elastis beton adalah seperti yang terdapat pada persamaan (2).

$$E_c = 0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \quad (2)$$

Keterangan:

$E_c$  = Modulus Elastis Beton (MPa)  
 $w_c$  = Berat Jenis Beton (Kg/m<sup>3</sup>)  
 $f'_c$  = Kuat Desak Beton (MPa)

Dipohusodo (1996), menyatakan untuk menentukan seberapa besar tegangan geser yang terjadi, umumnya peraturan-peraturan yang ada memberikan rekomendasi untuk menggunakan pedoman perencanaan berdasarkan nilai tegangan geser rata-rata nominal menurut persamaan (3):

$$v_u = \frac{V_u}{\phi b d} \quad (3)$$

Keterangan :

$V_u$  = Gaya geser (kg) ;  
 $v_u$  = Tegangan geser (kg/cm<sup>2</sup>) ;  
 $b$  = Lebar balok (cm) ;  
 $d$  = Tinggi balok (cm) ; dan  
 $\phi$  = Faktor reduksi kuat bahan (untuk geser 0.60)

Menurut Mc Cormac (2001), kekuatan geser nominal ( $V_n$ ) sebagai jumlah dari kekuatan yang diberikan oleh beton dan tulangan menurut persamaan (4):

$$V_n = V_c + V_s \quad (4)$$

Keterangan:

$V_n$  = Kekuatan geser nominal (kN);  
 $V_c$  = Kekuatan geser akibat beton (kN);  
 $V_s$  = Kekuatan geser akibat tegangan geser (kN).

Kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser dapat dihitung menurut persamaan (5):

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad (5)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kapasitas geser beton (N);  
 $f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa);  
 $b_w$  = Lebar balok(mm); dan  
 $d$  = Tinggi efektif penampang beton (mm).

Menurut Dipohusodo (1996), untuk tulangan geser,  $V_s$  dapat dihitung menurut persamaan (6):

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (6)$$

Keterangan :

$V_s$  = Gaya geser nominal yang disediakan oleh tulangan sengkang (N);

$A_v$  = Luas penampang tulangan sengkang ( $\text{mm}^2$ );

$f_y$  = Kuat luluh tulangan geser (MPa);

$d$  = Tinggi efektif penampang balok beton bertulang (mm); dan

$s$  = Jarak pusat ke pusat batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok memanjang (mm).

Dalam penggunaan balok ringan, menurut SNI 2847 : 2013 jika  $f_{cr}$  (kuat tarik belah rerata beton agregat ringan) tidak dipersyaratkan, maka semua harga  $\sqrt{f'_c}$  harus dikalikan dengan 0,75 untuk beton ringan – total dan 0,85 untuk beton ringan – pasir. Oleh sebab itu dalam penelitian ini penulis menggunakan faktor pengali 0,85.

## PELAKSANAAN PENELITIAN

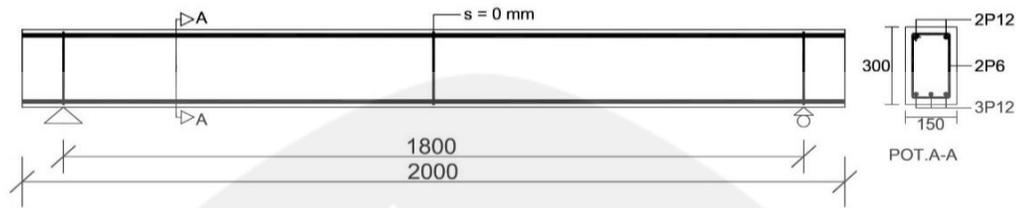
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental, yaitu prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan sebab akibat dua variabel atau lebih dengan membandingkan pengaruh variabel lain. Selain itu digunakan juga metode pustaka untuk menyelaraskan teori-teori yang melandasi penelitian dengan hasil penelitian yang diperoleh. Tahap pelaksanaannya dibagi menjadi lima tahap, yaitu: tahap persiapan, tahap pemeriksaan bahan, tahap pembuatan benda uji, tahap pengujian benda uji, dan tahap analisis data.

Dalam proses pembuatan benda uji digunakan benda uji sebanyak 10 benda uji silinder dengan ukuran 150 x 300 mm dan 6 benda uji balok dengan ukuran 150 x 300 x 1800 mm. Diambil 6 benda uji untuk mendapatkan kuat tekan beton ringan, 6 benda uji untuk mendapatkan modulus elastis beton ringan, dan 6 benda uji balok untuk mendapatkan nilai kuat geser beton ringan. Variasi benda uji balok berupa jarak sengkang 200 mm, 250 mm dan tanpa sengkang. Setiap variasi jarak dibuat 2 benda uji. Detail penulangan balok geser dapat dilihat pada gambar 1 sampai dengan gambar 3.

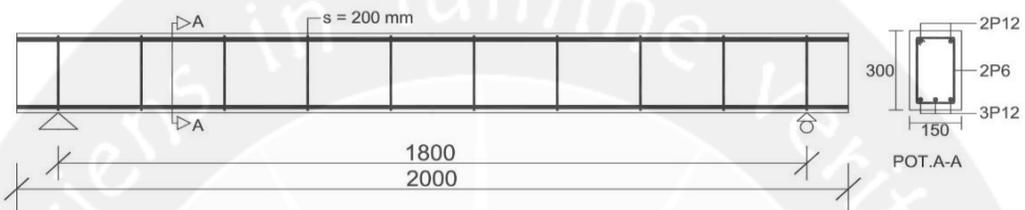
Saat benda uji telah mencapai umur 28 hari, dilanjutkan dengan persiapan untuk pengujian. Pertama kali yang dilakukan adalah meletakkan benda uji balok di tempat pengujian (*loading frame*). Setelah itu dipasang 3 buah *dial gauge* di bawah benda uji masing-masing berjarak 10 cm. Selanjutnya dilakukan cara yang sama setiap kali akan melakukan *setting* benda uji balok. Sketsa pembebanan benda uji dapat dilihat pada gambar 4.

Tahap analisis data merupakan analisis terhadap data yang didapatkan dari pengujian laboratorium. Berdasarkan data ini dapat diperoleh nilai kuat tekan beton ringan, modulus elastis beton ringan dan kuat geser balok beton ringan. Setelah itu dapat dilakukan proses penyusunan laporan dengan dasar analisis data dan dipadukan dengan data pendukung lainnya.

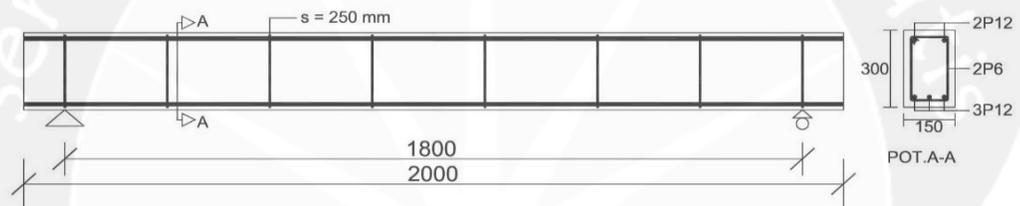
Hambatan atau kendala yang dihadapi saat pelaksanaan penelitian ini sangat banyak, terutama pada saat pengecoran. Kesulitan – kesulitan penelitian ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain: (1) Dimensi balok yang besar serta jumlah silinder yang tidak sedikit, maka dibutuhkan tenaga yang besar untuk membuat balok tersebut. Setidaknya dibutuhkan 5-7 orang untuk melaksanakan pembuatan benda uji. (2) Jarak antara proses *mixing* dan bekesting balok yang relatif jauh membuat pengecoran sedikit terhambat karena pemindahan adukan beton harus dilakukan secara hati-hati dan cepat supaya adukan beton tidak tumpah dan tidak mengeras. (3) Pemadatan adukan beton dilakukan secara manual yaitu dengan besi penumpu, sehingga diperoleh pengecoran balok uji yang kurang maksimal.



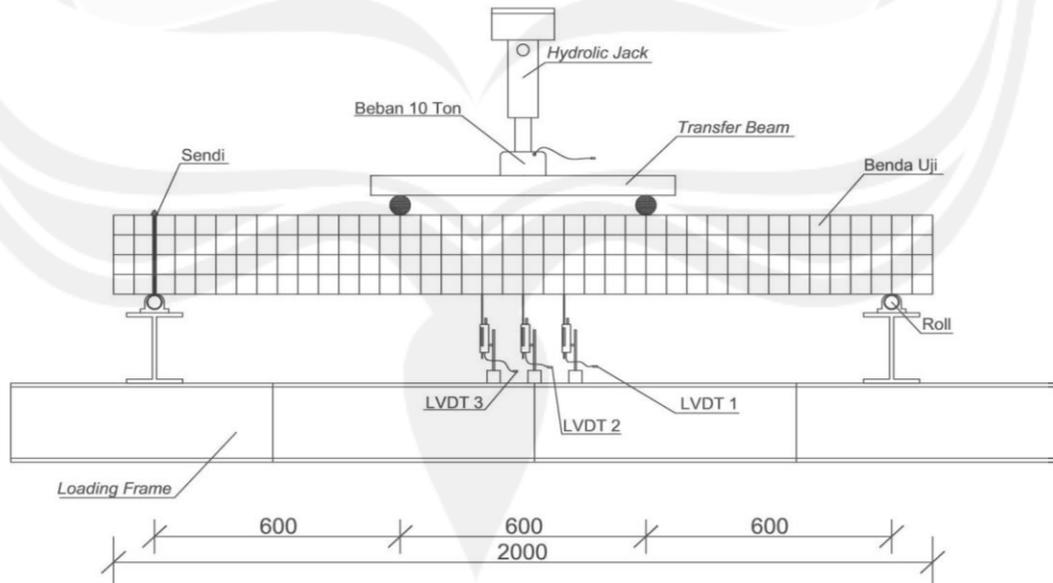
Gambar 1. Detail Penulangan Balok Geser Variasi Tanpa Sengkang



Gambar 2. Detail Penulangan Balok Geser Variasi Sengkang 200 mm



Gambar 3. Detail Penulangan Balok Geser Variasi Sengkang 250 m



Gambar 4. Pembebanan Benda Uji Kuat Geser

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus diperoleh berat jenis pasir SSD 2,5125 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil pemeriksaan kandungan lumpur sebesar 3,46 %. Pada pemeriksaan zat organik, diperoleh bahwa setelah didiamkan selama 24 jam, warna larutan di atas pasir sesuai dengan warna *Gardener Standard Color* No: 14. Menurut ASTM C40 - 92, warna *Gardener Standard Color* No: 14 merupakan standar kandungan zat organik pada pasir yang memiliki warna oranye tua sekali, zat organik lebih banyak, tidak boleh dipergunakan sebagai agregat beton, namun masih bisa dipergunakan apabila pada saat pengecoran pasir dicuci terlebih dahulu, agar kandungan zat organik berkurang.

Pada pengujian baja tulangan 12 (BJTP 12), hasil yang didapat untuk tegangan leleh ( $f_y$ ), tegangan ultimit, regangan leleh ( $\epsilon_y$ ) dan modulus elastisitas ( $E_s$ ) adalah 353,3076 MPa, 532,1721 MPa, 0,00164 dan 201488,6266 MPa.

Hasil pengujian kuat desak beton ringan *citicon* umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

No	Kode Variasi	Kuat Desak (MPa)
1	BS 1	8,6342
2	BS 2	7,3514
3	BS 3	11,1436
4	BS 4	7,0736
5	BS 5	5,8071
6	BS 6	9,5376
7	BS 7	8,3430
8	BS 8	10,1631
9	BS 9	6,7635
10	BS 10	7,8575

Berdasarkan dari jenis beton ringan menurut Dobrowolski (1998), kuat desak beton BS 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, dan 10 termasuk dalam jenis beton ringan dengan kekuatan menengah (*Moderate-Strength Lightweight Concretes*) yaitu 6,9 – 17,3 MPa.

Hasil pemeriksaan berat jenis beton untuk sampel BS 1, BS 2, dan BS 3 sebesar 1700,9437 kg/m<sup>3</sup>, 1813,19 kg/m<sup>3</sup> dan 1796,6936 kg/m<sup>3</sup> sehingga 3 sampel tersebut memenuhi syarat sebagai beton ringan untuk konstruksi beton ringan struktural. SNI 3449 : 2002 mensyaratkan berat jenis beton ringan struktural adalah 1400 – 1860 kg/m<sup>3</sup>. Dobrowolski (1998), mensyaratkan berat jenis beton ringan untuk struktur beton ringan adalah 1440 – 1900 kg/m<sup>3</sup>. Hasil pemeriksaan berat jenis beton untuk sampel BS 1, BS 2, dan BS 3 memenuhi syarat sebagai beton ringan untuk struktur.

Hasil pemeriksaan modulus elastisitas beton ringan *citicon* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Modulus Elastis Beton

Kode Variasi	Modulus Elastis* (MPa)	Modulus Elastis** (MPa)
BS1	12855,6036	10838,9739
BS2	12162,5138	8410,8007
BS3	14760,9785	9454,7165

Keterangan: \*)  $E_c = 0,043 \times wc^{1,5} \times \sqrt{f'_c}$

\*\*\*)  $E_c = E \text{ sekan}$

Hasil dari pemeriksaan modulus elastis beton ringan *citicon* didapat nilai modulus elastis beton BS 3 lebih tinggi dari beton BS 1 dan BS 2 secara teoritis. Nilai modulus elastis beton BS 1 lebih tinggi dari beton BS 2 dan BS 3 secara aktual. Hal ini menunjukkan sesuatu yang tidak konsisten dari data. Kemungkinan terjadi kesalahan pada saat pembuatan beton silinder maka terjadi data yang tidak konsisten. Semakin tinggi nilai kuat tekan silinder seharusnya diikuti dengan semakin tinggi nilai modulus aktual. Maka dengan melihat data di atas, dapat diartikan bahwa BS 1 lebih liat (*ductile*) sebab memiliki nilai modulus yang tertinggi.

Hasil pengujian kuat geser beton ringan *citicon* pada variasi sengkang 200 mm, 250 mm dan tanpa sengkang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Beton Ringan *Citicon* Bertulang

Kode	Kuat Geser (kN)
SK-200	61,7999
SK-250	49,0678
TPSK	46,6834

Hasil pengujian nilai kuat geser beton ringan *citicon* bertulang pada variasi sengkang 200 mm adalah 61,7999 kN, variasi sengkang 250 mm adalah 49,0678 kN, dan tanpa sengkang adalah 46,6834 kN. Adanya selisih perbedaan kuat geser untuk setiap varian disebabkan oleh hambatan-hambatan yang dialami pada waktu pelaksanaan penelitian

khususnya pada saat pemadatan. Pemadatan adukan beton ke dalam bekesting yang tidak sempurna menyebabkan rongga-rongga beton di beberapa bagian balok.

Nilai kuat geser tertinggi diperoleh balok beton ringan *citicon* bertulang dengan variasi sengkang 200 mm sebesar 61,7999 kN. Hal ini terjadi akibat spasi jarak sengkang yang dekat membuat sengkang sudah ikut membantu balok untuk menahan beban. Beban ditransferkan ke sengkang sehingga beton tidak menahan beban sendirian, akibatnya beton tidak cepat hancur dalam menahan gaya geser.

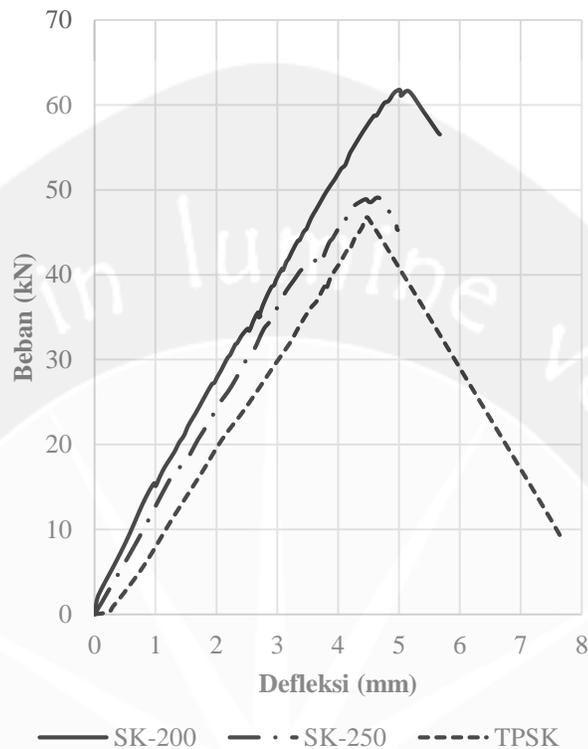
Hasil pengujian kuat geser balok beton ringan *citicon* diperoleh dari pembacaan *hidraulic jack* saat terjadi retak pertama (*crack*) pada balok uji dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Beban Retak Pertama Balok Beton Ringan *Citicon* Bertulang

Kode	Beban Retak Pertama (kN)
SK-200	21,0563
SK-250	31,2067
TPSK	31,8912

Berdasarkan tabel di atas dapat diartikan bahwa pada balok variasi sengkang 200 mm memiliki pengisi beton yang lebih liat (*ductile*), karena timbulnya retakan terjadi seiring dengan bertambahnya beban dan gaya geser yang terjadi tidak dekat dengan beban retak pertama. Dalam bidang konstruksi, hal ini sangat perlu diperhatikan karena bila terjadi kerusakan struktur tidak terjadi keruntuhan secara tiba-tiba.

Hasil pengujian pembebanan balok uji beton ringan *citicon* dengan alat *hydraulic jack* diperoleh lendutan (defleksi) sebagai berikut. Lendutan untuk balok beton ringan *citicon* dengan variasi sengkang 200 mm sebesar 5,67 mm, variasi sengkang 250 mm sebesar 4,98 mm, dan tanpa sengkang sebesar 7,66 mm. Hasil beban untuk balok beton ringan *citicon* dengan variasi sengkang 200 mm sebesar 56,54 kN, variasi sengkang 250 mm sebesar 45,26 kN, dan tanpa sengkang sebesar 9,11 kN seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Gabungan antara Beban dan Defleksi

Hasil dari pengujian kuat geser balok beton ringan *citicon* perlu dibandingkan dengan kuat geser nominal beton ( $V_n$ ) analisis. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Perbandingan Kuat Geser Beton dengan Kuat Geser Analisis

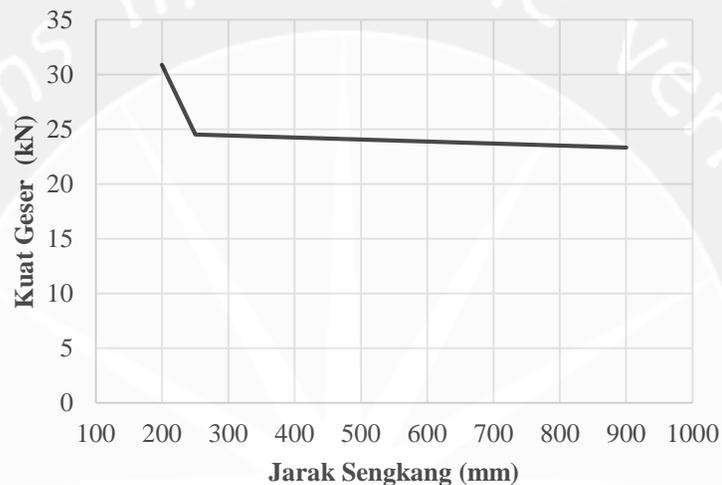
Kode Variasi	Kuat Geser Beton (kN)	Kuat Geser Analisis * (kN)
SK-200	30,8995	27,6764
SK-250	24,5339	23,5632
TPSK	23,3417	19,7204

\*)  $V_n = V_c + V_s$

Dari perbandingan nilai kuat geser pengujian balok dengan rumus kuat geser untuk beton ringan pasir (SNI 2847 : 2013), seperti tertera pada tabel di atas terlihat adanya perbedaan selisih nilai kuat geser. Kuat geser beton ringan dengan variasi sengkang 200 mm mempunyai selisih kuat geser ditinjau dari rumus analisis, sebesar 3,2231 kN, untuk variasi sengkang 250 mm mempunyai selisih 0,9707 kN, sedangkan untuk variasi tanpa sengkang mempunyai selisih 3,6213 kN.

Meskipun balok beton yang dibuat kurang sempurna, berupa timbulnya rongga-rongga di beberapa bagian balok, namun hal tersebut tidak berdampak besar pada kekuatan beton. Terlihat dari tabel di atas, kekuatan geser beton masih bisa melebihi kekuatan geser analisis, hal ini terjadi akibat perawatan balok beton yang benar sehingga kekuatan beton tetap pada rencana.

Dari hasil penelitian balok beton ringan *citicon*, didapat perbandingan kuat geser setiap variasi sengkang seperti terlihat pada gambar 6.

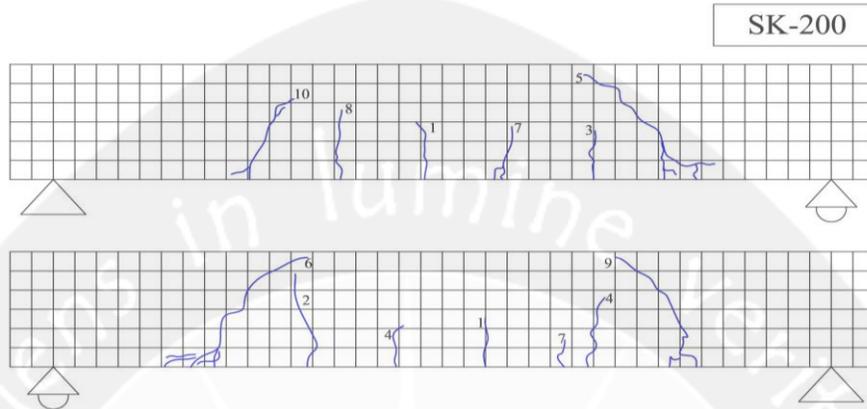


Gambar 6. Kuat Geser Berdasarkan Jarak Sengkang

Pada gambar 6 terlihat bahwa tidak ditemukan variasi sengkang optimum pada penelitian ini. Nilai variasi sengkang 200 mm terlihat paling besar diantara variasi 250 mm dan tanpa sengkang (dalam gambar 6 dimisalkan berjarak sengkang 900 mm), namun bukan berarti variasi tersebut dikatakan optimum. Apabila diteliti lebih lanjut dengan variasi jarak sengkang yang lebih rapat, kemungkinan nilai optimum bisa didapat.

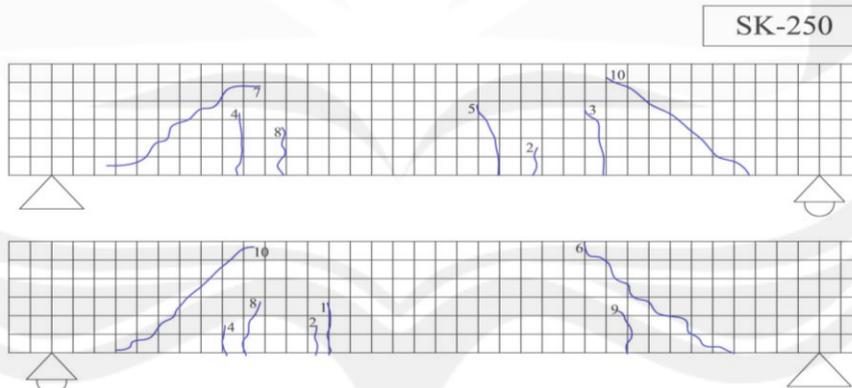
Pola retak pada balok uji beton ringan *citicon* saat pembebanan dengan alat *hydraulic jack* diawali dengan keruntuhan lentur. Keruntuhan ini dimulai dengan timbulnya retak lentur halus vertikal di tengah bentang dan tidak terus menjalar, karena terjadinya kehilangan lekatan antara tulangan memanjang (longitudinal) dengan beton di sekitarnya pada daerah perlekatan. Setelah itu dimulailah keruntuhan retak tekan geser yang diikuti dengan retak miring yang lebih curam daripada retak diagonal tarik, secara tiba – tiba dan menjalar terus menuju sumbu netral. Nawy (1998), menyatakan pada saat bertemunya retak miring dengan tepi beton yang tertekan terjadilah keruntuhan secara tiba-tiba. Ragam keruntuhan ini dapat dipandang kurang getas dibandingkan dengan ragam keruntuhan tarik diagonal karena adanya redistribusi regangan. Keruntuhan tekan geser sangat berbahaya karena tidak ada peringatan akan keruntuhan

terlebih dahulu, keruntuhan ini sangat terlihat pada variasi balok tanpa sengkang. Pola dan jenis retak dapat diamati pada gambar 7 – 9 sebagai berikut.



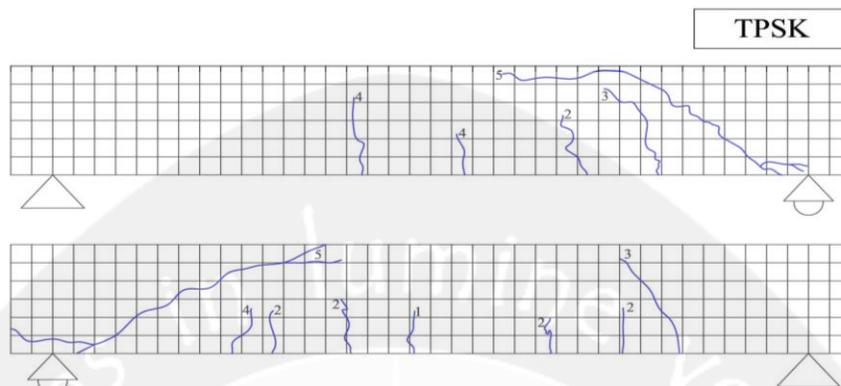
Gambar 7. Pola Retak Balok Uji Variasi Sengkang 200 mm

Pada pola retak nomor 1, 2, 3, 4, 7 dan 8 terlihat terjadi keruntuhan lentur yang dimulai dengan retak halus pada daerah tengah bentang dan terus menjalar membentuk garis vertikal. Kemudian pada pola retak nomor 5, 6, 9 dan 10 muncul dengan diawali keruntuhan lentur, namun seiring bertambahnya beban terjadi keruntuhan tekan geser yang membuat pola retak berbentuk miring curam dan menuju daerah tertekan.



Gambar 8. Pola Retak Balok Uji Variasi Sengkang 250 mm

Pada pola retak nomor 1, 2, 3, 4 dan 8 terlihat terjadi keruntuhan lentur yang dimulai dengan retak halus pada daerah tengah bentang dan terus menjalar membentuk garis vertikal. Pada pola retak nomor 5 dan 9 muncul dengan diawali keruntuhan lentur, namun seiring bertambahnya beban terjadi keruntuhan tekan geser yang membuat pola retak berbentuk miring tetapi tidak curam. Kemudian pada pola retak nomor 6, 7 dan 10 muncul dengan diawali keruntuhan lentur, namun seiring bertambahnya beban terjadi keruntuhan tekan geser yang membuat pola retak berbentuk miring curam dan menuju daerah tertekan.



Gambar 9. Pola Retak Balok Uji Variasi Tanpa Sengkang

Pada pola retak nomor 1, 2 dan 4 terlihat terjadi keruntuhan lentur yang dimulai dengan retak halus pada daerah tengah bentang dan terus menjalar membentuk garis vertikal. Pada pola retak nomor 3 muncul dengan diawali keruntuhan lentur, namun seiring bertambahnya beban terjadi keruntuhan tekan geser yang membuat pola retak berbentuk miring tetapi tidak curam. Kemudian pada pola retak nomor 5 muncul dengan tidak diawali dengan keruntuhan lentur, seiring bertambahnya beban terjadi keruntuhan tekan geser secara tiba – tiba membuat pola retak berbentuk miring curam dan daerah tepi beton tertekan menjadi retak besar yang membuat balok hancur di daerah tumpuan. Keruntuhan ini terjadi secara tiba-tiba dan sangat berbahaya.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian pada kuat geser balok geser beton ringan *citicon* dengan variasi jarak sengkang 200 mm, sengkang 250 mm, dan tanpa sengkang disimpulkan sebagai berikut : (1) Beban retak pertama pada balok beton ringan *citicon* variasi sengkang 200 mm, sengkang 250 mm, dan tanpa sengkang adalah sebesar 21,0563 kN, 31,2067 kN dan 31,8912 kN. (2) Kuat geser balok beton ringan *citicon* dengan variasi sengkang 200 mm, sengkang 250 mm dan tanpa sengkang adalah sebesar 30,8995 kN, 24,5339 kN, dan 23,3417 kN. (3) Belum didapatkan variasi jarak sengkang yang optimum pada penelitian balok beton ringan *citicon*. Jenis retak yang terjadi pada balok beton ringan *citicon* variasi sengkang 200 mm, sengkang 250 mm dan tanpa sengkang adalah retak miring (*flexure shear-crack*).

Saran yang dapat penyusun berikan dengan melihat hasil penelitian ini. (1) Penelitian lebih lanjut dapat lebih merapatkan jarak sengkang pada balok agar mendapatkan jarak sengkang optimum dengan membandingkan besar nilai kuat geser balok yang didapat dengan nilai kuat geser balok sengkang 200 mm. (2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kuat tekan beton ringan *citicon* dengan bantuan *admixture* lain. (3) Penelitian lebih lanjut dapat digunakan agregat ringan lain untuk pengisi balok beton ringan agar kekuatan dan mutu beton dapat lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cormac, Mc, 2001, *Desain Beton Bertulang Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Dipohusodo, 1996, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dobrowolski, A.J., 1998, *Concrete Construction Hand Book*, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Hayati, 2014, *Analisis Perilaku Geser Balok Beton Ringan Busa Bertulang dengan Agregat Bongkahan Cangkang Sawit*, Tesis Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Iqbal, 2013, *Pengujian Geser Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Sengkang Konvensional*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mulyono, 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Nawy, E.G., 1998, *Beton Bertulang*, Refika Aditama, Bandung.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*, Badan Standardisasi Nasional.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-2011)*, Badan Standardisasi Nasional.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2011, *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan (SK SNI T-03-3449-2002)*, Badan Standardisasi Nasional.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa, 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sutrisno, 2013, *Analisis Variasi Kandungan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Agregat Pumice*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, 1996, *Teknologi Beton*, Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeritas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wibowo, 2013, *Analisis Kuat Tekan Beton Ringan dengan Campuran Citicon Pengganti Agregat Kasar*, Tugas Akhir Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.