

# ANALISA RETAK PADA BALOK TINGGI DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG MENGGUNAKAN ANSYS

Eka Purnamasari

Dosen Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin Kalimantan Selatan

Email: eka.ftsuniska@gmail.com

## ABSTRAK

Keruntuhan pada balok tinggi adalah disebabkan oleh retak geser diagonal yang terjadi pada badan balok dan semakin tinggi balok maka kekuatan lentur balok juga akan meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui pengaruh dari jarak sengkang penulangan geser terhadap pola retak pada balok tinggi. Dalam penelitian ini dimodelkan sebanyak enam benda uji balok sederhana bertulangan rangkap simetris 2D20 dan tulangan geser  $\phi 10$  dengan lebar 200 mm, tinggi 600 mm dan variasi jarak sengkang 50 mm sampai dengan 300 mm. Balok akan dibebani beban terpusat ditengah bentang balok sampai dengan keruntuhannya. Hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa semakin kecil jarak tulangan sengkang maka akan semakin tinggi pula tegangan yang terjadi pada balok, ini menunjukkan bahwa sangat diperlukan sekali tulangan geser untuk mencegah terjadinya lebih awal keruntuhan geser beton yang bersifat getas. Semakin kecil jarak tulangan sengkang maka akan semakin banyak retak yang terjadi dibagian tumpuan dan bagian serat tekan, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh mutu beton sangat menentukan sekali.

Kata kunci: balok tinggi, sengkang, retak

## ABSTRACT

*The collapse in the high beam is caused by diagonal shear cracks that occur in the body of the beam and the higher the beam then the beam bending strength will also increase. The purpose of this study was to determine the effect of shear reinforcement stirrup distance of the pattern of cracks on high beam. In this study, the test object is modeled as much as six simple beam symmetrical double reinforcement 2D20 and shear  $\phi 10$  with a width of 200 mm, high of 600 mm and stirrup distance variation of 50 mm up to 300 mm. Concentrated load beams will be burdened with the middle span beams up to its collapse. The results of this study can be seen that the smaller the distance reinforcement stirrup then the higher stress that occurs at the beam, showed that it is desirable shear reinforcement to prevent early collapse that is brittle. The smaller the distance of the reinforcement stirrup, the more cracks occurring pedestal section and a section of fiber press, this shows that the influence of the quality of the concrete will determine all.*

*Keywords: high beam, stirrups, crack*

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu bagian komponen struktural suatu konstruksi yang memiliki peran untuk memikul beban adalah balok. Dalam memikul beban struktur balok akan mengalami gaya-gaya dalam berupa momen, geser, dan normal serta juga akan mengalami deformasi. Balok yang menggunakan material beton akan mempunyai kelemahan dalam hal menahan tarik maka untuk menambah kekuatan tarik dari beton digunakanlah tulangan baja yang dipasang didaerah tarik. Untuk meningkatkan kemampuan lentur balok maka sering ditemui penggunaan balok tinggi seperti pada balok transfer geser, balok jembatan,

balok-balok pada bentang pendek, dan dinding-dinding geser. Balok tinggi merupakan elemen struktural yang mempunyai rasio bentang balok dari as ke as terhadap tinggi balok yang tidak melebihi 2 untuk bentang sederhana ( $L/H < 2$ ) dan 2,5 untuk balok menerus ( $L/H < 2,5$ ) (Shahidul I., 2012). Oleh karena itu dalam penelitian ini akan mempelajari perilaku keruntuhan elemen struktur balok tinggi beton bertulang dengan menggunakan permodelan komputer software ANSYS.

Mekanisme geser pada elemen struktur balok tinggi beton bertulang merupakan hal yang sangat penting diperhatikan

terlebih lagi pada komponen struktur yang rentan terhadap gaya geser. Gaya geser umumnya tidak bekerja sendirian, tetapi kombinasi dengan lentur, torsi, atau gaya normal. Perilaku keruntuhan geser pada balok beton bertulang sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Keruntuhan geser bersifat getas (*brittle*) tanpa adanya peringatan berupa lendutan yang berarti. Pada balok tinggi keruntuhan yang terjadi dominan diakibatkan oleh gaya geser. Gaya geser akan mengakibatkan terjadinya retak miring pada balok, dan setelah retak ini terjadi, mekanisme transfer gaya geser akan disumbangkan oleh aksi pelengkung (*arching action*). Aksi ini dapat memberikan cadangan kapasitas yang cukup besar pada balok dalam memikul beban.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Definisi Balok Tinggi

Balok tinggi merupakan elemen struktural yang mempunyai rasio bentang balok dari as ke as terhadap tinggi balok yang tidak melebihi 2,0 untuk bentang sederhana ( $L/H < 2,0$ ) dan 2,5 untuk balok menerus ( $L/H < 2,5$ ) (Shahidul I., 2012). Balok tinggi banyak digunakan dalam dunia konstruksi seperti balok transfer geser, balok jembatan, dinding pondasi, dinding geser, dan lain-lain.

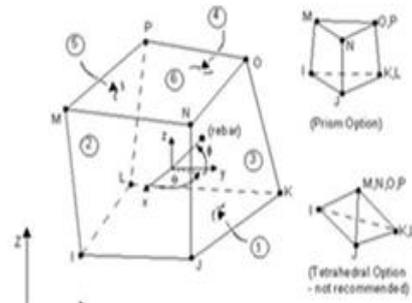
Berdasarkan hasil penelitian Patil, (2013) dapat diketahui bahwa keruntuhan utama balok tinggi adalah disebabkan oleh retak geser diagonal yang terjadi pada badan balok dan semakin tinggi balok maka kekuatan lentur balok juga akan meningkat.

### 2.2. Permodelan Struktur ANSYS

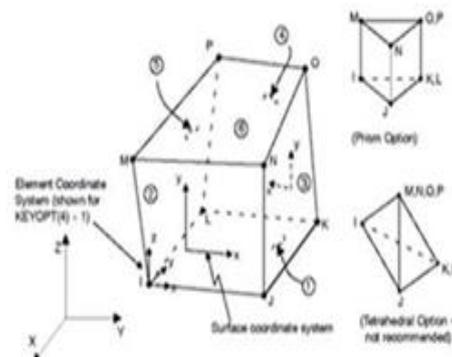
#### a. Model Beton Bertulang (Reinforced Concrete)

Untuk memodelkan material beton bertulang digunakan model 8 elemen Solid (SOLID 65) dengan tiga derajat kebebasan pada setiap titiknya dan terjadi translasi pada arah  $x$ ,  $y$ , and  $z$  (lihat

Gambar 1a). Elemen ini juga mempunyai kemampuan untuk berdeformasi plastis, retak dalam arah  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . (L. Dahmani, et.al, 2010).

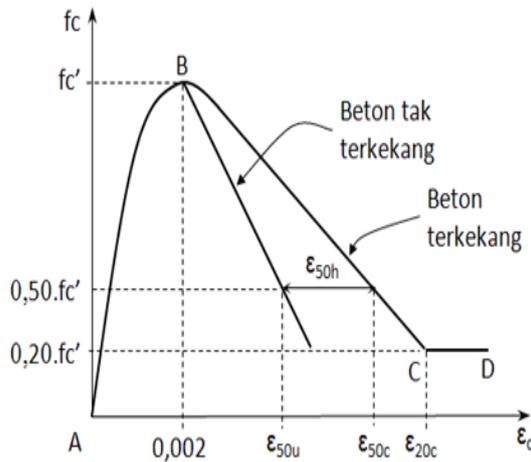


**Gambar 1.** Model 3D Elemen Beton SOLID 65



**Gambar 2.** Model 3D Elemen Baja SOLID 45

Model kurva tegangan-regangan beton mutu normal yang digunakan terlihat pada gambar 3 adalah model tegangan-regangan beton menurut Kent-Park (1971) (Park, R., dan T. Paulay, 1975), yaitu:



**Gambar 3.** Model kurva tegangan-regangan beton menurut Kent-Park (1971)

1. Daerah AB:  $\epsilon_c \leq 0,002$

$$f_c = f_c' \cdot \left[ \frac{2 \cdot \epsilon_c}{0,002} - \left( \frac{\epsilon_c}{0,002} \right)^2 \right] \quad (1)$$

2. Daerah BC:  $0,002 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{50u}$

$$f_c = f_c' \cdot [1 - z \cdot (\epsilon_c - 0,002)] \quad (2)$$

3. Daerah CD:  $\epsilon_c \geq \epsilon_{20c}$

$$f_c = 0,20 \cdot f_c' \quad (3)$$

Dimana:

$$z = \frac{0,5}{\frac{3 + 0,002 \cdot f_c'}{f_c' - 1000} + \epsilon_{50h} - 0,002} \quad (4)$$

$$\epsilon_{50u} = \frac{3 + 0,002 \cdot f_c'}{f_c' - 1000} \quad (5)$$

$$\epsilon_{50h} = \frac{3}{4} \cdot \rho_s \cdot \sqrt{\frac{b''}{S}} \quad (6)$$

$$\epsilon_{20c} = \frac{0,8}{z} + 0,002 \quad (7)$$

Data sifat penampang yang akan digunakan dalam permodelan ANSYS dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Data mutu beton SOLID 65

<b>Linear - Elastic - Isotropic</b>	
<b>Modulus Elastisitas Beton, <math>E_c</math></b>	2,35x10 <sup>4</sup> MPa
<b>Poisson Rasio, <math>\nu</math></b>	0,20
<b>Nonlinear – Multinlinear Kinematic Hardening</b>	
Regangan ( $\epsilon_c$ )	Tegangan ( $f_c$ )
0,0000	0,000
0,0001	2,350
0,0002	4,700
0,0003	6,938
0,0005	10,938
0,0010	18,750
0,0015	23,438
0,0020	25,000
0,0025	24,629
0,0030	24,257
0,0035	23,886
0,0040	23,514
0,0045	23,143
0,0050	22,771
0,0053	22,548

**Tabel 2.** Data material beton SOLID 65

<b>Nonlinear – Inelastic – Non-metal plasticity – Concrete65</b>	
<b>Open shear transfer coefficient</b>	0,30
<b>Closed shear transfer coefficient</b>	1,00
<b>Uniaxial cracking stress (fr=0,7·Öfc')</b>	3,50 Mpa
<b>Uniaxial crushing stress (fc')</b>	25 Mpa
<b>Tensile crack factor</b>	0,60

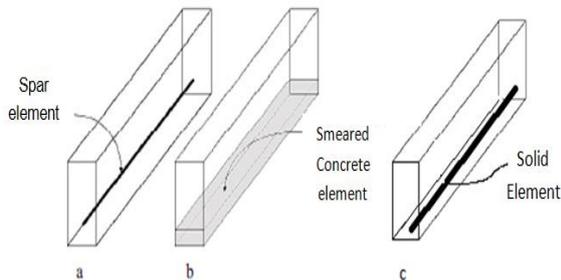
### b. Model Tulangan Baja

Dalam memodelkan tulangan baja biasanya menggunakan tipe elemen SOLID 45 (lihat Gambar 1b) dengan 3 model (L. Dahmani, A, 2010), yaitu:

a) Model 1: tulangan baja di idealisasikan sebagai elemen batang aksial (spar elements) dengan sifatnya seperti tulangan aslinya namun berupa garis lihat Gambar 3.a Elemen ini dapat langsung dihasilkan dari titik-titik dalam model dan mudah

digunakan dalam memodelkan tulangan baja suatu beton bertulang.

- b) Model 2: tulangan baja di idealisasikan sebagai tulangan yang terdistribusi merata dalam elemen beton (smeared concrete element). Dalam hal ini, beton dan tulangan terdistribusi ke dalam elemen dengan batas-batas geometrik yang sama dan pengaruh tulangan merata ke dalam elemen yang berhubungan (Gambar 3.b).
- c) Model 3: tulangan baja di idealisasikan sebagai elemen Solid dengan sifatnya seperti tulangan aslinya (seperti Gambar 3.c), model ini yang dipakai dalam penelitian ini.



**Gambar 4.** Model Tulangan Baja a) model Spar Element, b) Smeared Concrete Element, dan c) model Solid Element

Model hubungan tegangan-regangan baja yang digunakan adalah model Bilinear Isotropic Hardening, dengan data material dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

### c. Model Tumpuan Baja (Support)

Tumpuan baja menggunakan model SOLID 45 dengan material kondisi linier dan data dapat dilihat pada Tabel 5.

### 2.3 Pola Retak Pada Beton

Pola retak hasil ANSYS Ed.9.0 terdiri dari retak pertama berwarna merah, selanjutnya berwarna hijau kemudian biru, retak lentur ditunjukkan dengan garis vertikal yang diikuti oleh retak tekan dengan tanda bulatan sedangkan

retak geser ditunjukkan dengan garis diagonal seperti Gambar 5.

**Tabel 3.** Data material tulangan lentur tarik dan tekan baja SOLID 45

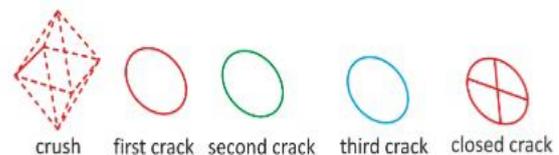
Linear - Elastic – Isotropic	
Modulus Elastisitas Baja, $E_s$	$2 \times 10^5$ Mpa
Poisson Rasio, $\nu_s$	0,30
Nonlinear – Inelastic – Rate Independent – Isotropic Hardening plasticity – Mises Plasticity – Bilinear Isotropic Hardening	
Tegangan leleh Baja, $f_y$	400 Mpa

**Tabel 4** Data material tulangan geser baja SOLID 45

Linear - Elastic – Isotropic	
Modulus Elastisitas Baja, $E_s$	$2 \times 10^5$ Mpa
Poisson Rasio, $\nu_s$	0,30
Nonlinear – Inelastic – Rate Independent – Isotropic Hardening plasticity – Mises Plasticity – Bilinear Isotropic Hardening	
Tegangan leleh Baja, $f_y$	240 Mpa

**Tabel 5.** Data material tumpuan baja SOLID 45

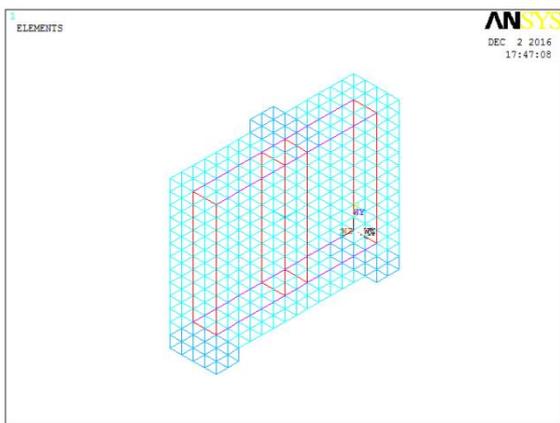
Linear - Elastic – Isotropic	
Modulus Elastisitas Baja, $E_s$	$2,0 \times 10^5$ Mpa
Poisson Rasio, $\nu_s$	0,30
Kondisi	Linear



**Gambar 5.** Pola Retak pada ANSYS Ed.9.0

### 3. METODE PENELITIAN

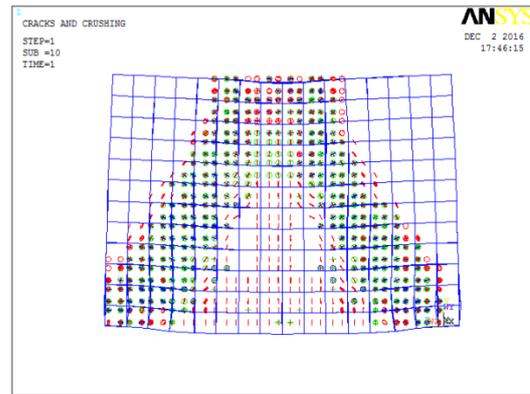
Pelaksanaan penelitian ini di program ansys 9.0 dikondisikan sama dengan keadaan di lapangan. Peneliti menggunakan sampel untuk benda uji dalam bentuk balok tinggi. Dalam penelitian ini peneliti membuat 2 (dua) jenis model dari penelitian sebelumnya dan 6 (enam) buah model ukuran lebar 200 mm dan tinggi 600 mm dengan variasi jarak sengkang masing-masing 250 mm, 150 mm dan 50 mm, model dapat terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Model balok tinggi

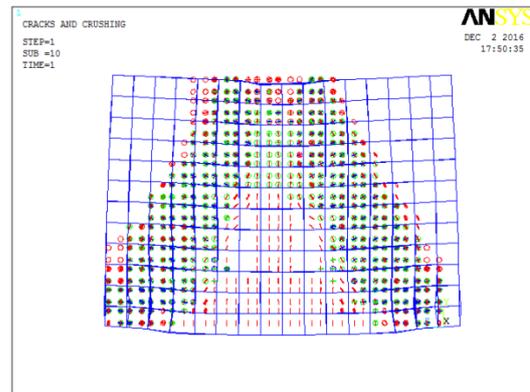
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 7 terlihat model balok dengan jarak sengkang 300 mm yang telah dibebani sehingga terjadi tegangan sebesar 18,189 MPa terjadi retak miring pada badan balok dan pada bagian tengah serat tarik, namun terlihat retak geser yang terjadi pada bagian muka tumpuan dengan sebaran retak horisontal sepanjang 100 mm dari muka tumpuan, sedangkan pada daerah tekan retak yang terjadi semakin parah atau beton mengalami *spalling* dan *crushing*.



Gambar 7. Retak pada model balok dengan jarak sengkang 300 mm

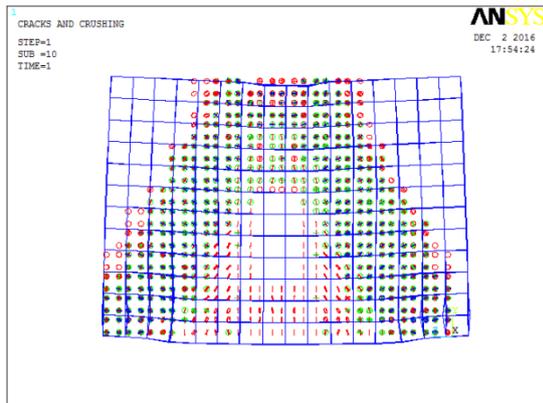
Pada gambar 8 terlihat model balok dengan jarak sengkang 250 mm yang telah dibebani sehingga terjadi tegangan sebesar 19,438 MPa terjadi retak miring pada badan balok dan pada bagian tengah serat tarik, namun terlihat retak geser yang terjadi pada bagian muka tumpuan dengan sebaran retak horisontal sepanjang 100 mm dari muka tumpuan, sedangkan pada daerah tekan retak yang terjadi semakin parah atau beton mengalami *spalling* dan *crushing*.



Gambar 8. Retak pada model balok dengan jarak sengkang 250 mm

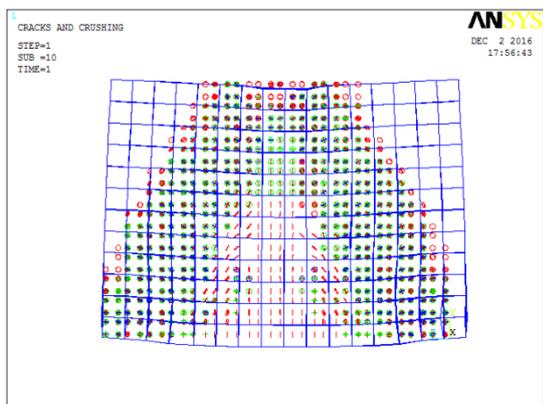
Pada gambar 9 terlihat model balok dengan jarak sengkang 200 mm yang telah dibebani sehingga terjadi tegangan sebesar 21,971 MPa terdapat retak miring pada badan balok dan pada bagian tengah serat tarik, namun terlihat retak geser yang terjadi pada bagian muka tumpuan

dengan sebaran retak horisontal sepanjang 100 mm dari muka tumpuan, sedangkan pada daerah tekan retak yang terjadi semakin parah.



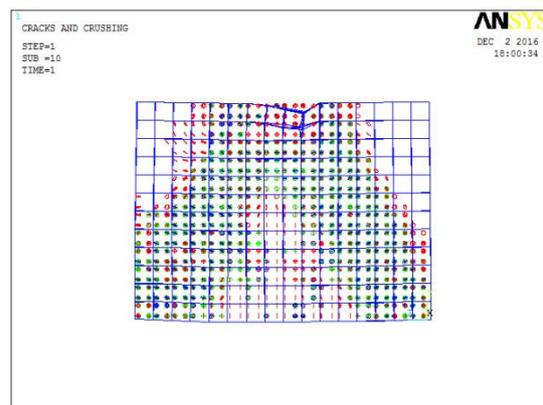
**Gambar 9.** Retak pada model balok dengan jarak sengkang 200 mm

Pada gambar 10 terlihat model balok dengan jarak sengkang 150 mm yang telah dibebani sehingga terjadi tegangan sebesar 20,104 MPa terjadi retak miring pada badan balok dan pada bagian tengah serat tarik, namun terlihat retak geser yang terjadi pada bagian muka tumpuan dengan sebaran retak horisontal sepanjang 100 mm dari muka tumpuan, sedangkan pada daerah tekan retak yang terjadi semakin parah atau beton mengalami *spalling* dan *crushing*.



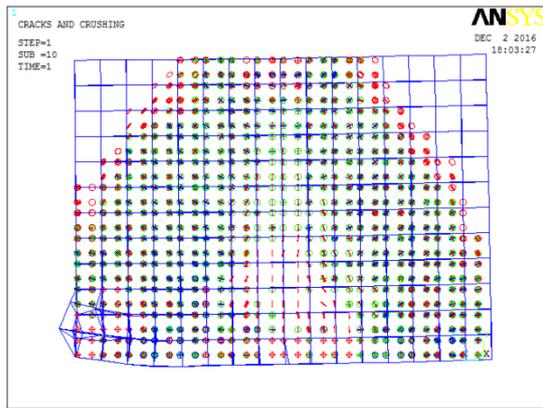
**Gambar 10.** Retak pada model balok dengan jarak sengkang 150 mm

Pada gambar 11 terlihat model balok dengan jarak sengkang 100 mm yang telah dibebani sehingga terjadi tegangan sebesar 25,66 MPa terdapat retak yang parah pada bagian pembebanan hingga menyebabkan perubahan bentuk pada balok. Sedangkan retak miring pada badan balok dan pada bagian tengah serat tarik semakin banyak, terlihat pula retak geser yang terjadi pada bagian muka tumpuan dengan sebaran retak horisontal sepanjang 100 mm dari muka tumpuan. Pada bagian tumpuan terdapat pula perubahan bentuk akibat retak yang terjadi.



**Gambar 11** Retak pada model balok dengan jarak sengkang 100 mm

Pada gambar 12 terlihat model balok dengan jarak sengkang 50 mm yang telah dibebani sehingga terjadi tegangan sebesar 33,959 MPa terdapat retak yang parah pada bagian pembebanan hingga menyebabkan perubahan bentuk pada balok. Sedangkan retak miring pada badan balok dan pada bagian tengah serat tarik semakin banyak, terlihat pula retak geser yang terjadi pada bagian muka tumpuan dengan sebaran retak horisontal sepanjang 100 mm dari muka tumpuan. Pada bagian tumpuan terdapat pula perubahan bentuk akibat retak yang terjadi.



**Gambar 12.** Retak pada model balok dengan jarak sengkang 50 mm

Dapat disimpulkan dari gambar 13 bahwa semakin kecil jarak sengkang pada balok tinggi maka balok dapat menahan tegangan lebih besar. Hal ini pun menyebabkan semakin kecil jarak sengkang pada balok juga mempengaruhi pada konsentrasi retak yang lebih mengarah pada bagian tekan balok yaitu pada bagian serat tekan dan tumpuan balok, sehingga pengaruh mutu beton sangat menentukan sekali. Dengan penggunaan mutu beton 25 MPa dihasilkan banyak retak pada permodelan balok.

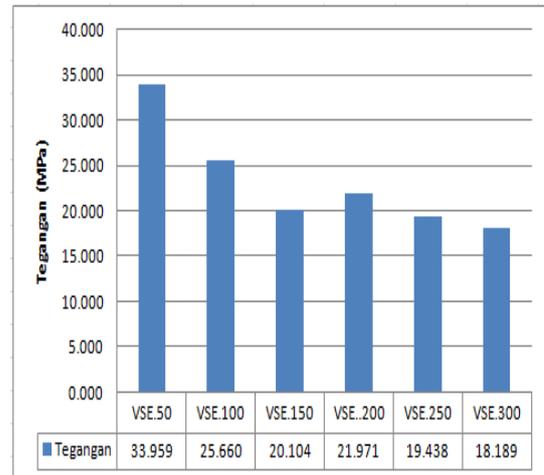
## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah: Semakin kecil jarak tulangan sengkang maka akan semakin tinggi pula tegangan yang terjadi pada balok, ini menunjukkan bahwa sangat diperlukan sekali tulangan geser untuk mencegah terjadinya lebih awal keruntuhan geser beton yang bersifat getas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Kent, D. C. and Park, R., 1971, Flexural Members with Confined Concrete, *Journal of the Structural Division*, ASCE, Vol. 97, ST7, July, pp. 1969 - 1990.
- L. Dahmani, A. Khennane, and S. Kaci, 2010, Crack Identification In Reinforced Concrete Beams Using Ansys Software, *Strength of Materials*, Vol. 42, No. 2, Springer Science + Business Media, Inc..



**Gambar 13.** Tegangan maksimum tiap model

Semakin kecil jarak tulangan sengkang maka akan semakin banyak retak yang terjadi dibagian tumpuan dan bagian serat tekan, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh mutu beton sangat menentukan sekali.

### 5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu penelitian lanjutan mengenai:

- Penelitian berikutnya menggunakan mutu beton yang lebih tinggi.
- Pengaruh mutu beton pada balok tinggi.
- Pengaruh tulangan lentur tekan pada balok tinggi dalam mengubah perilaku getas balok tinggi.

- Nawy, E.G., Tavio, and Kusuma B., 2010, *Beton Bertulang: Sebuah Pendekatan Mendasar*, Edisi Kelima, ITS Press.
- Patil, A. N. Shaikh, B. R. Nirajan, 2013, Experimental and Analytical Study on Reinforced Concrete Deep Beam, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* Vol.3, Issue.1, Jan-Feb. 2013 pp-45-52.
- Park, R., dan T. Paulay, 1975, *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley & Sons Inc.
- Shahidul Islam, S. M., 2012, Automated Design of Reinforced Concrete Deep Beams, *Thesis submitted to School of Engineering and Information Technology University of New South Wales, Canberra for the degree of Doctor of Philosophy*.