

PENGARUH VARIASI LUBANG TERHADAP TEGANGAN DAN REGANGAN PADA BALOK BETON BERTULANG

¹⁾ Eka Purnamasari

²⁾ Robiatul Adawiyah

¹⁾ Teknik Sipil Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin
E-mail : eka.ftsuniska@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin
E-mail: awe_halis@yahoo.com

ABSTRAK

Pada struktur bangunan beton bertulang bertingkat membutuhkan jaringan utilitas seperti saluran kabel listrik, kabel telepon, pendingin ruangan, perpipaan, dan sebagainya. Penempatan jaringan biasanya ditempelkan pada balok atau diletakkan bagian atas plafon. Hal tersebut dapat mengurangi tinggi rencana awal bangunan dan dari segi estetika terlihat tidak rapi, sehingga dibuatlah alternatif desain dengan memanfaatkan ruang pada balok struktur. Ada kemungkinan untuk mendesain sejumlah lubang pada balok beton bertulang. Sehingga balok yang berfungsi sebagai struktur yang menahan dan menyalurkan beban-beban yang bekerja di atasnya, dapat juga berfungsi sebagai pendukung utilitas. Model Balok yang dibuat di program ansys dikondisikan sama dengan keadaan dilapangan. Dalam penelitian ini dibuatlah beberapa model balok bertulang dengan 3 (tiga) variasi banyaknya lubang dan variasi posisi lubang serta variasi penambahan tulangan geser, sehingga total model menjadi 7 (Tujuh) buah. Ukuran luasan lubang berbentuk persegi yang digunakan yaitu 270 cm^2 atau ukuran panjang dan lebarnya yaitu $16,43 \times 16,43 \text{ cm}^2$. Semakin sedikit jumlah lubang semakin optimal balok menahan beban yang lebih besar Hal ini ditunjukkan dengan besarnya tegangan dan regangan yang terjadi sebelum keruntuhan terjadi. Penempatan lubang pada daerah lapangan lebih baik daripada didaerah tumpuan, balok dengan lubang didaerah tumpuan memiliki rasio tegangan 0,9742 lebih kecil daripada lubang dilapangan. Penambahan perkuatan geser dapat menambah besarnya tegangan pada balok sekitar 1,0842 kali dari pada balok dengan penulangan biasa.

Kata kunci: balok, lubang, regangan, tegangan, beton

ABSTRACT

On-floor reinforced concrete building structures in need of network utilities such as electrical cable, telephone cable, air conditioning, piping, etc. The placement of the network are usually affixed to beams or put the top of the ceiling. It can reduce the height of the original plans of the building and in terms of aesthetics look untidy, so an alternative design was made by making use of spaces on the block structure. It is possible to design a number of holes in reinforced concrete beams. So the beam that serves as a structure that holds and distributes loads that work on it, it can also serve as support utilities. Model Beam made in program ansys conditioned equals the State of the field. In this study made several models of beams reinforced with 3 (three) variation of the number of holes and hole position variation and variation of shear reinforcement addition, bringing the total model into seven pieces. The size of the area of the square-shaped hole used i.e. 270 cm^2 or length and width i.e. $16.43 \times 16.43 \text{ cm}^2$. The fewer the number of holes the more optimal beams hold the greater burden of this is shown by the magnitude of the voltage and the strain that occurs before the collapse occurred. The placement of the holes on the field better than a large object, beams with holes in the pedestal voltage

0.9742 ratio smaller than hole field. The addition of shear reinforcement purposes can increase the magnitude of the voltage on the block about 1.0842 times from on the block with reinforcement.

Key words: *beams, holes, strain, stress, concrete*

PENDAHULUAN

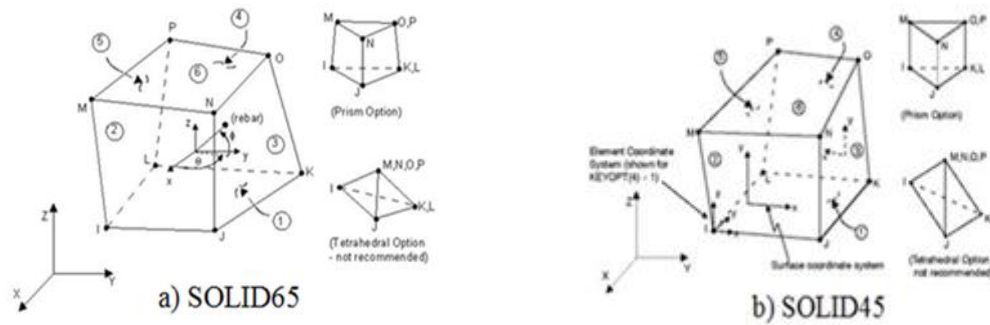
Pada struktur bangunan beton bertulang bertingkat membutuhkan jaringan utilitas seperti saluran kabel listrik, kabel telepon, pendingin ruangan, perpipaan, dan sebagainya. Penempatan jaringan biasanya ditempelkan pada balok atau diletakkan bagian atas plafon. Hal tersebut dapat mengurangi tinggi rencana awal bangunan dan dari segi estetika terlihat tidak rapi, sehingga dibuatlah alternatif desain dengan memanfaatkan ruang pada balok struktur. Ada kemungkinan untuk mendesain sejumlah lubang pada balok beton bertulang. Sehingga balok yang berfungsi sebagai struktur yang menahan dan menyalurkan beban-beban yang bekerja di atasnya, dapat juga berfungsi sebagai pendukung utilitas. Studi eksperimental dan analitis tentang balok beton bertulang dengan satu bukaan sudah banyak dilaksanakan. Bahkan studi eksperimental dan analitis tersebut menghasilkan prosedur desain untuk balok beton bertulang dengan satu bukaan (Mansur et al., 1985; Tan & Mansur, 1996; Mansur, 1999; Tan et al., 2001). Sebelum struktur bangunan diaplikasikan di lapangan, desain balok yang dilubangi dapat dirancang dengan efektif sesuai dengan arahan SNI 2847-2013. Untuk mencegah deformasi yang menyebabkan kerusakan disekitar lubang pada balok akibat beban yang bekerja, maka diberikan perkuatan berupa tulangan geser di sekitar lubang pada balok. Akibat pengurangan dimensi penampang akan terjadi penurunan kekuatan struktur balok atau terjadi perlemahan pada badan balok. Selain daripada itu, pembuatan lubang pada balok dapat mengurangi kekakuan dari balok tersebut. Agar stabilitas balok beton bertulang terjaga, maka diperlukan analisis yang tepat untuk mengetahui pengaruh variasi lubang dan penambahan perkuatan tulangan geser pada penulangan balok beton bertulang.

METODOLOGI PENELITIAN

Permodelan Struktur dengan menggunakan ANSYS

Model Beton Bertulang (*Reinforced Concrete*)

Permodelan material beton 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 a) Model 3D Elemen Beton SOLID65, dan b) Model 3D Elemen Baja SOLID45

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

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

$$f_c = f'_c \cdot \left[\frac{2 \cdot \varepsilon_c}{0,002} - \left(\frac{\varepsilon_c}{0,002} \right)^2 \right] \quad (6)$$

2. Daerah BC: $0,002 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{50u}$

$$f_c = f'_c \cdot [1 - z \cdot (\varepsilon_c - 0,002)] \quad (7)$$

3. Daerah CD: $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{20c}$

$$f_c = 0,20 \cdot f'_c \quad (8)$$

Dimana:

$$z = \frac{0,5}{\frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000} + \varepsilon_{50h} - 0,002} \quad (9)$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{3}{4} \cdot \rho_s \cdot \sqrt{\frac{b''}{S}} \quad (11)$$

$$\varepsilon_{20c} = \frac{0,8}{z} + 0,002 \quad (12)$$

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

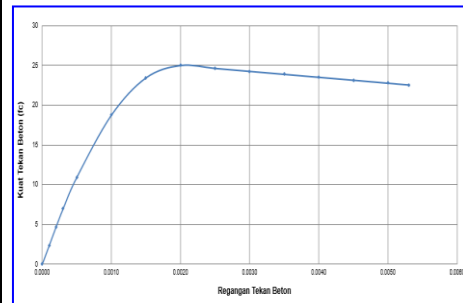
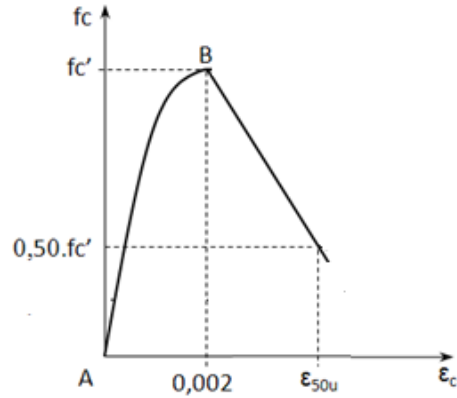
Tabel 1. Data Material Beton SOLID 65

Linear - Elastic – Isotropic	
Modulus Elastisitas Beton, E_c	$2,35 \times 10^4$ MPa
Poisson Rasio, ν	0,20
Nonlinear – Multilinear Kinematic Hardening	
Regangan (ϵ_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

The graph shows the stress-strain relationship for concrete. The vertical axis is stress (f_c) and the horizontal axis is strain (ϵ_c). The curve starts at the origin (A), rises to a peak at point B with stress f_c' and strain 0,002. After the peak, the stress decreases linearly to a residual stress of $0,50 \cdot f_c'$ at strain ϵ_{50u} .

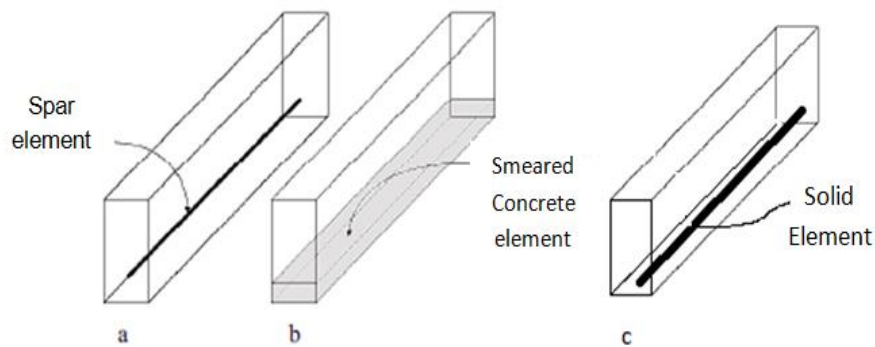
This graph provides a detailed view of the concrete stress-strain curve. The vertical axis is labeled 'Modul Tegangan Beton (MPa)' and ranges from 0 to 30. The horizontal axis is labeled 'Regangan Tekanan Beton' and ranges from 0,0000 to 0,0060. The curve starts at the origin, rises to a peak of approximately 25 MPa at a strain of 0,0020, and then gradually decreases to about 22,5 MPa at a strain of 0,0053.

Nonlinear – Inelastic – Non-metal plasticity – Concrete65		
Open shear transfer coefficient	0,30	
Closed shear transfer coefficient	1,00	
Uniaxial cracking stress	3,50 MPa	$(f_r=0,7 \cdot \sqrt{f_c'})$
Uniaxial crushing stress	25 MPa	(f_c')
Tensile crack factor	0,60	



Model Tulangan Baja (Steel Reinforcement)

Dalam memodelkan tulangan baja biasanya menggunakan tipe elemen LINK180 adalah spar 3-D yang berguna dalam berbagai aplikasi teknik. Elemen ini dapat digunakan untuk memodelkan gulungan, kabel kendur, tautan, pegas, dan sebagainya. Elemen ini adalah elemen kompresi-tensi uniaksial dengan tiga derajat kebebasan di setiap node: terjemahan dalam arah nodal x, y, dan z. Opsi hanya-tensi (kabel) dan hanya kompresi (celah) didukung. Seperti dalam struktur pin-jointed, tidak ada pelengkungan elemen yang dipertimbangkan. Plastisitas, creep, rotasi, defleksi besar, dan kemampuan regangan besar disertakan. Secara default, LINK180 menyertakan istilah kekakuan tegangan dalam analisis apa pun yang mencakup efek defleksi besar.



Gambar 2. Model Tulangan Baja a) model Spar Element,
b) Smeared Concrete Element, dan c) model Solid Element

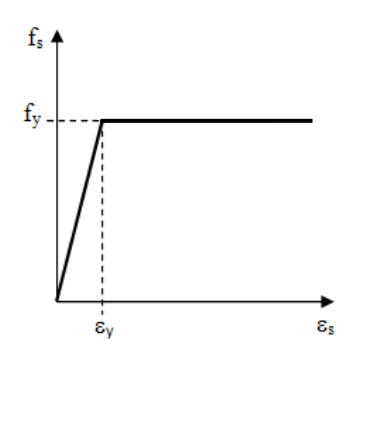
Model hubungan tegangan-regangan baja yang digunakan adalah model Bilinear Isotropic Hardening, dengan data material dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Material Tulangan Lentur Tarik dan Tekan Baja LINK180

Linear - Elastic – Isotropic	
Modulus Elastisitas Baja, E_s	2×10^5 MPa
Poisson Rasio, ν_s	0,30
Nonlinear – Inelastic – Rate Independent – Isotropic Hardening plasticity – Mises Plasticity – Bilinear Isotropic Hardening	
Tegangan leleh Baja, f_y	400 MPa

The diagram illustrates the bilinear stress-strain behavior of steel reinforcement. The vertical axis represents stress (f_s) and the horizontal axis represents strain (ϵ_s). The curve begins at the origin (0,0) and follows a linear path up to the yield point, which is marked by a dashed line extending to f_y on the vertical axis and ϵ_y on the horizontal axis. Beyond the yield point, the stress remains constant at f_y as the strain increases, forming a horizontal plateau.

Tabel 3. Data Material Tulangan Geser Baja LINK180

Linear - Elastic – Isotropic		
Modulus Elastisitas Baja, E_s	2×10^5 MPa	
Poisson Rasio, ν_s	0,30	
Nonlinear – Inelastic – Rate Independent – Isotropic Hardening plasticity – Mises Plasticity – Bilinear Isotropic Hardening		
Tegangan leleh Baja, f_y	240 MPa	

Model Tumpuan Baja (Support)

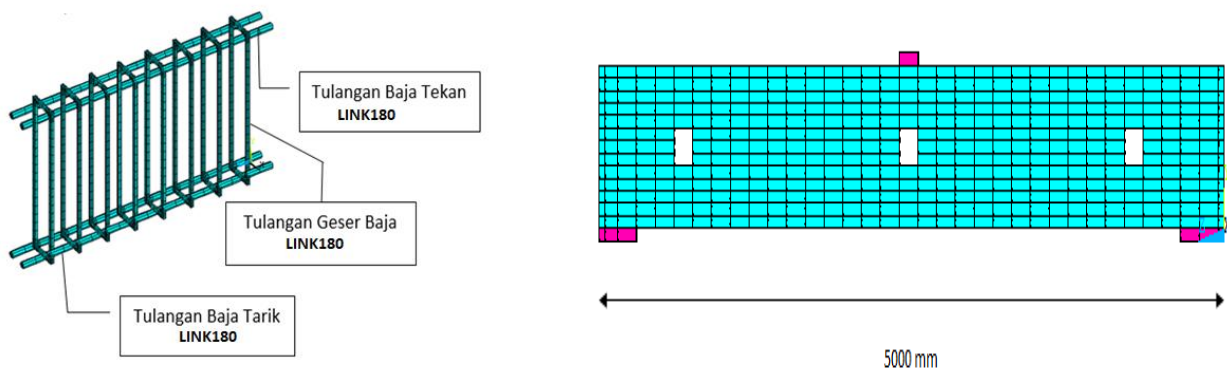
Tumpuan baja menggunakan model SOLID 45 dengan material kondisi linier dan data dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Material Tumpuan Baja SOLID 45

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

Permodelan Elemen Balok Beton Bertulang

Dalam penelitian ini diambil kasus elemen balok beton bertulang mutu normal sebanyak 7 buah dengan dimensi: lebar=300 mm, tinggi 450 mm, dan panjang total balok yang ditinjau 5000 mm. Model balok biasa diberi nama EV.0.0 dan model balok beton bertulang lainnya dapat dilihat pada Gambar 3, Tabel 5 dan Tabel 6.



Gambar 3. Permodelan Ansys

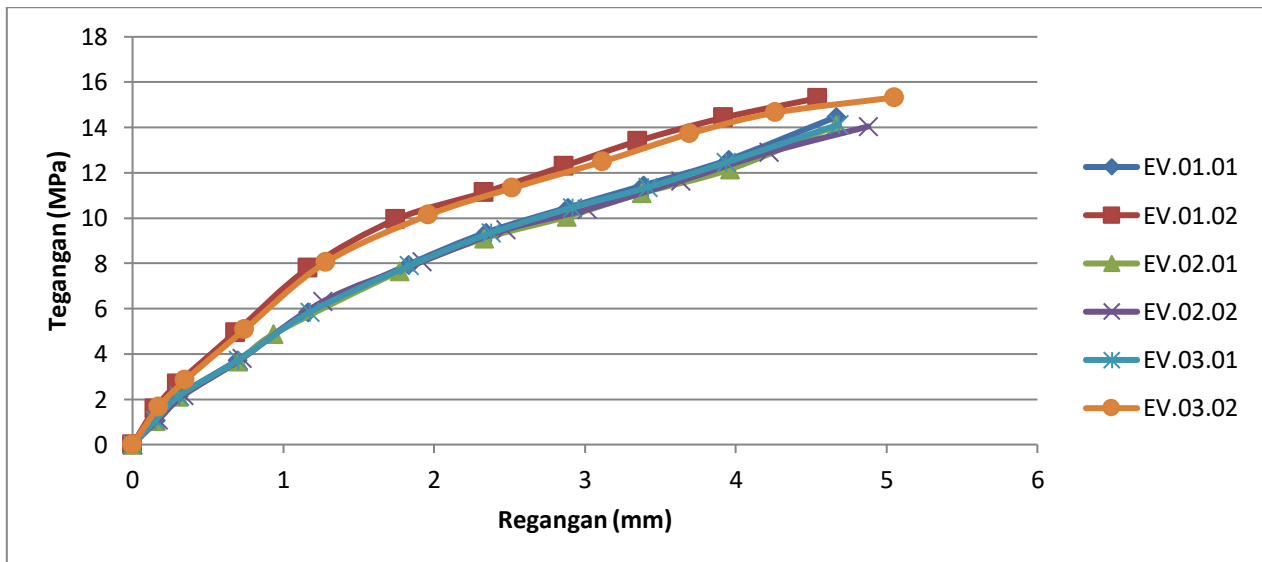
Tabel 5. Data Model Elemen Balok Tanpa Tulangan Geser

Model	Penulangan geser	Variasi Lubang	Mutu Beton (Mpa)	Tinggi Balok H (mm)	Lebar balok B (mm)	Panjang Bentang L (mm)
EV.01.01	150-10ø	di daerah tumpuan	30	450	300	5000
EV.02.01	150-10ø	di daerah lapangan	30	450	300	5000
EV.03.01	150-10ø	di daerah Lapangan dan tumpuan	30	450	300	5000

Tabel 6. Data Model Elemen Balok Beton dengan Penambahan Tulangan Geser

Model	Penulangan geser	Variasi Lubang	Mutu Beton (Mpa)	Tinggi Balok H (mm)	Lebar balok B (mm)	Panjang Bentang L (mm)
EV.01.02	150-10ø	di daerah tumpuan	30	450	300	5000
EV.02.02	150-10ø	di daerah lapangan	30	450	300	5000
EV.03.02	150-10ø	di daerah Lapangan dan tumpuan	30	450	300	5000

PEMBAHASAN

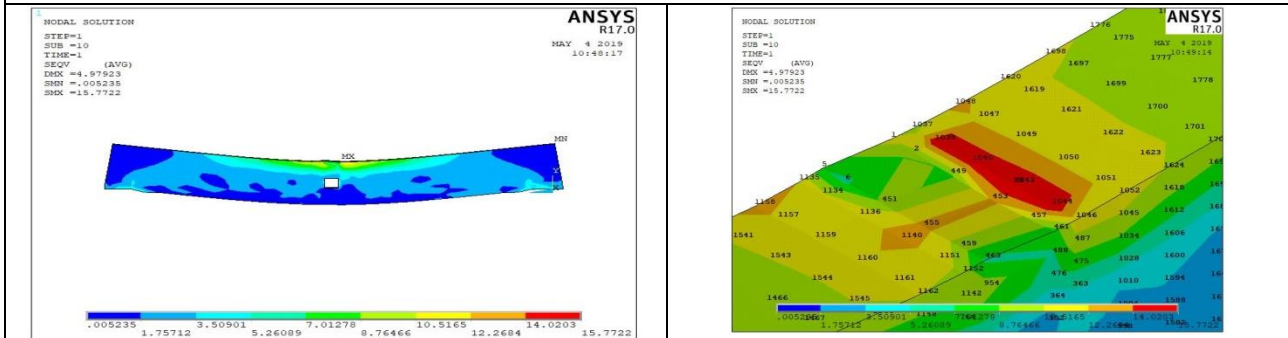


Gambar 4. Grafik Tegangan dan Regangan pada Balok dengan Variasi Lubang dan Tulangan Geser

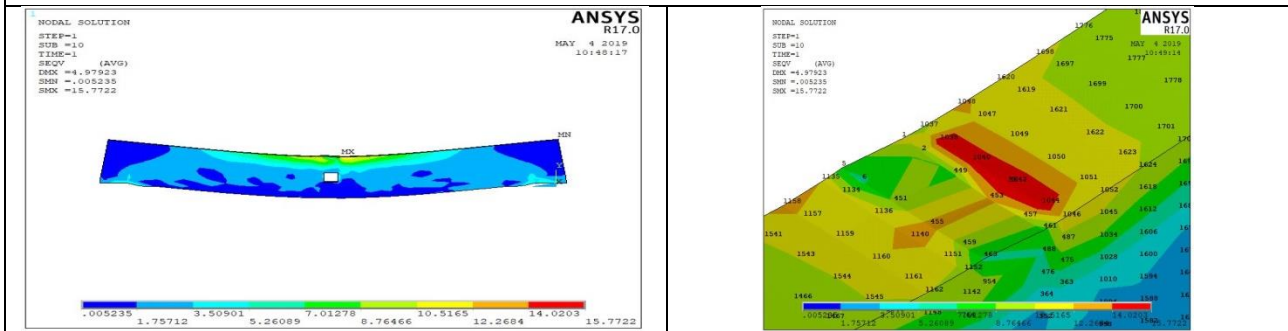
Tegangan yang terjadi pada semua model balok dapat terlihat pada gambar 4. Pada model dengan jumlah lubang tiga buah dengan perkuatan geser menghasilkan kurva tegangan regangan yang paling baik, hal ini dikarenakan penambahan tulangan geser yang pada sekitar lubang. Sedangkan model yang memiliki dua lubang yang ditempatkan pada daerah tumpuan dan ditambahkan tulangan geser ternyata memiliki tegangan regangan yang paling rendah. Pada model yang memiliki lubang satu

buah ditempatkan di daerah lapangan memiliki tegangan lebih besar dari model yang dilubangi di daerah tumpuan.

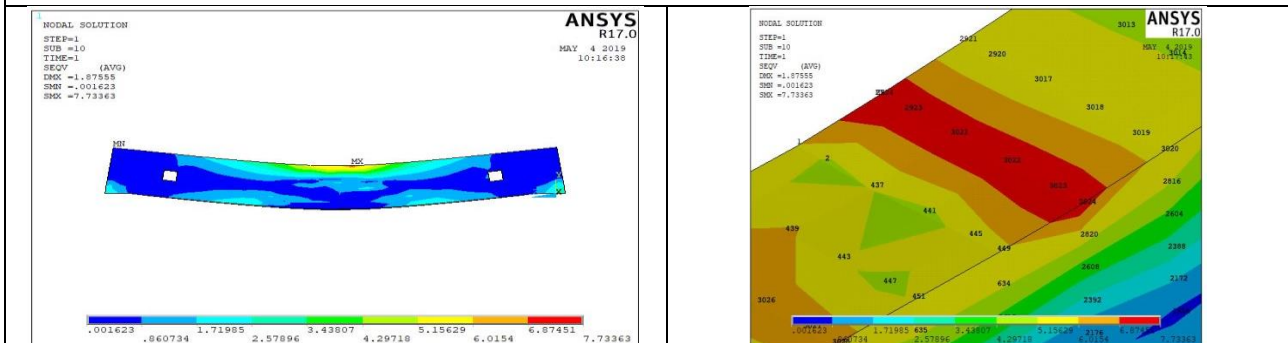
MODEL EV.01.01



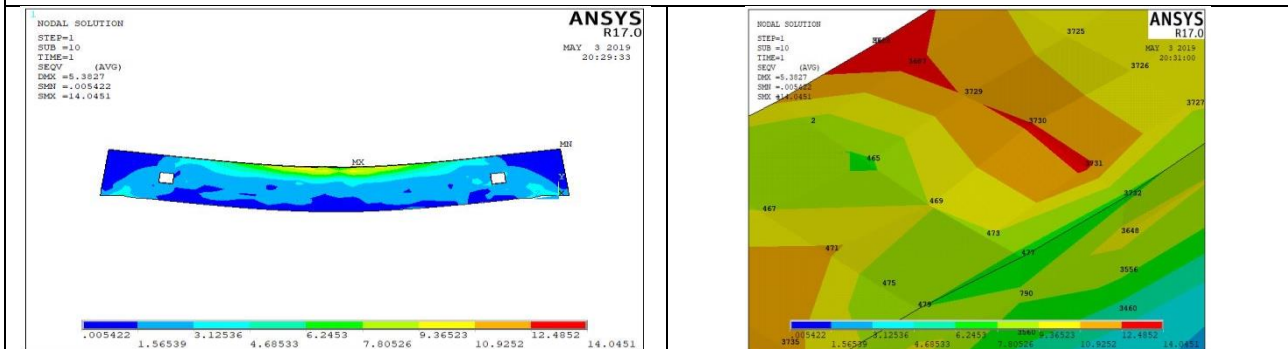
MODEL EV.01.02

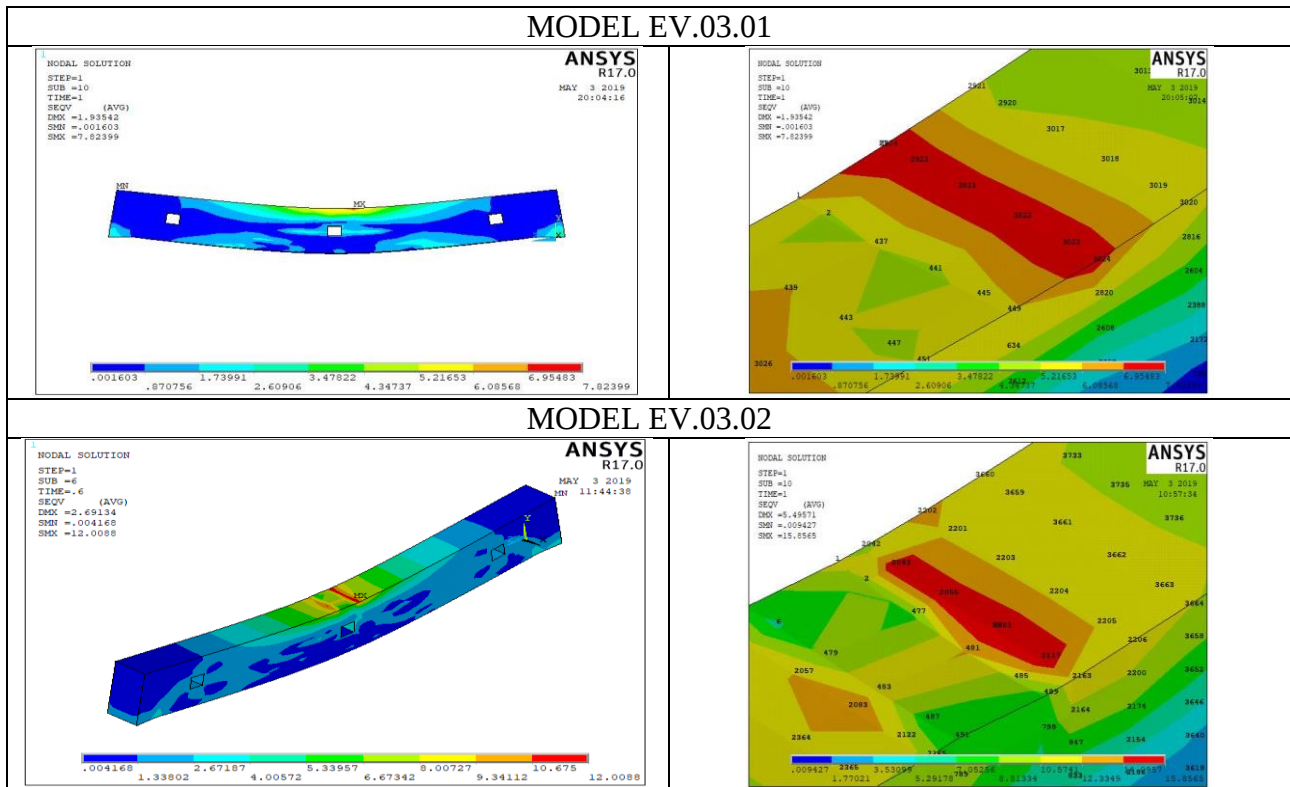


MODEL EV.02.01

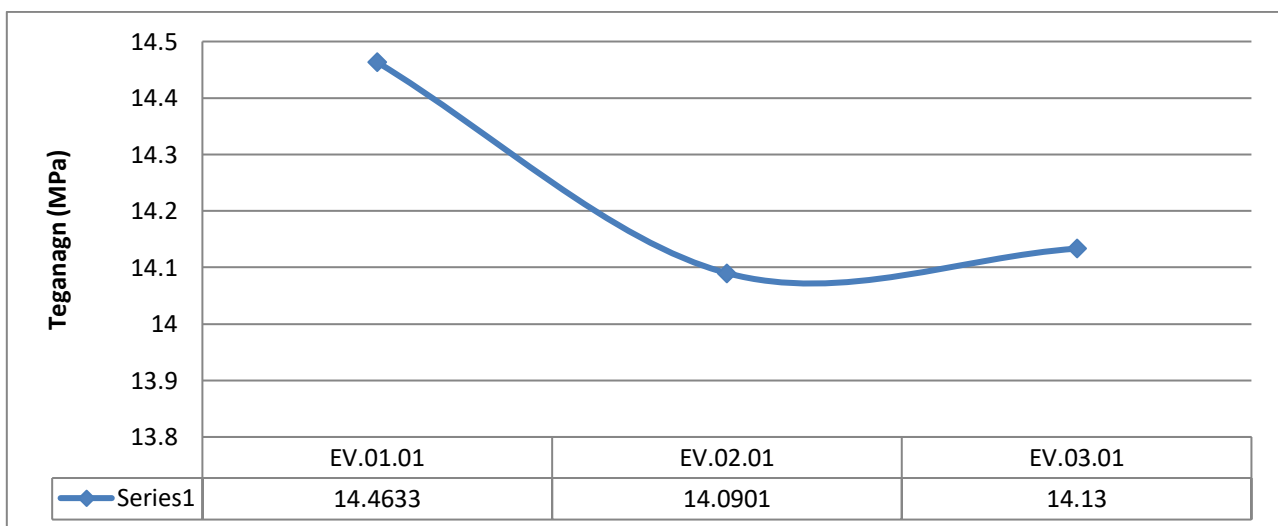


MODEL EV.02.02





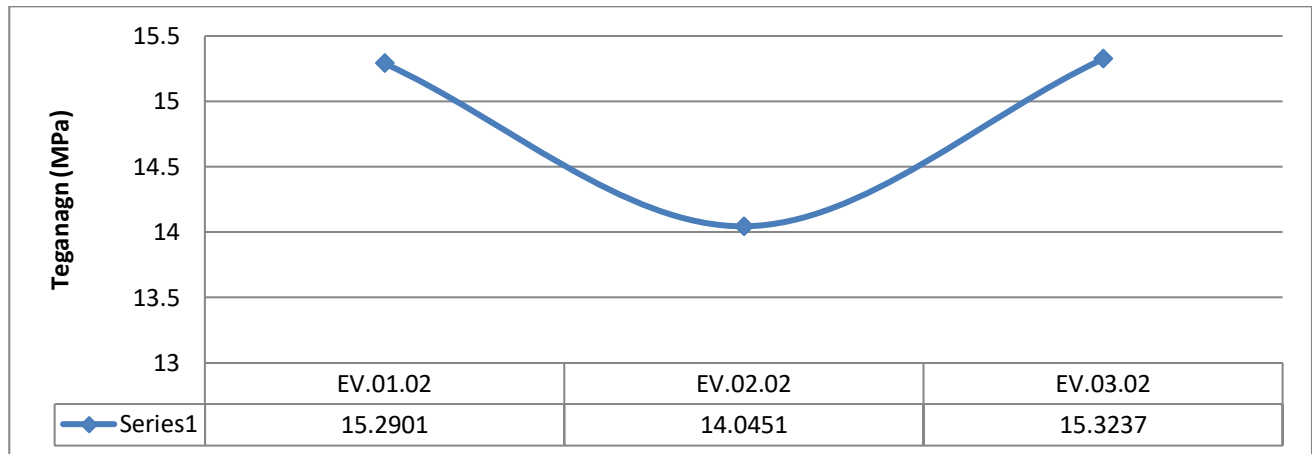
Gambar 5. Perilaku Tegangan Dan Regangan Pada Model Balok Berlubang



Gambar 6. Perbandingan Tegangan Beton pada Balok Berlubang dengan Variasi Jumlah Lubang

Pada model dengan variasi jumlah lubang tanpa perkuatan geser, perbandingan tegangan dapat dilihat pada gambar 6. Pada model yang dilubangi satu buah didaerah lapangan memiliki tegangan paling besar yaitu 14,4633 Mpa, model yang memiliki dua buah lubang di daerah tumpuan memiliki tegangan sebesar 14,0901 Mpa dan model yang memiliki tiga buah lubang didaerah lapangan dan

tumpuan memiliki tegangan sebesar 14,1300 Mpa. Penempatan lubang pada daerah momen lapangan dan tumpuan ternyata mempengaruhi tegangan yang terjadi pada balok, lubang yang ditempatkan ditumpuan memiliki rasio tegangan 0,9742 lebih kecil daripada balok dengan lubang didaerah lapangan.



Gambar 7. Perbandingan Tegangan Beton pada Balok Berlubang dengan Variasi Panjang Perkuatan Geser

Pada model dengan variasi jumlah lubang dengan perkuatan geser, perbandingan tegangan dapat dilihat pada gambar 7. Pada model yang dilubangi satu buah didaerah lapangan memiliki tegangan paling besar yaitu 15,2901 Mpa, model yang memiliki dua buah lubang di daerah tumpuan memiliki tegangan sebesar 14,0451 Mpa dan model yang memiliki tiga buah lubang didaerah lapangan dan tumpuan memiliki tegangan sebesar 15,3237 Mpa. Penempatan lubang pada daerah momen lapangan dan tumpuan ternyata mempengaruhi tegangan yang terjadi pada balok. Bahkan penambahan tulangan geser pada tiap lubang pun mempengaruhi besarnya tegangan pada balok. Balok dengan lubang yang ditempatkan ditumpuan memiliki rasio tegangan 0,9186 lebih kecil daripada balok dengan lubang didaerah lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis maka dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit jumlah lubang semakin optimal balok menahan beban yang lebih besar Hal ini ditunjukkan dengan besarnya tegangan dan regangan yang terjadi sebelum keruntuhan terjadi. Penempatan lubang pada daerah lapangan lebih baik daripada didaerah tumpuan, balok dengan lubang didaerah tumpuan memiliki rasio tegangan 0,9742 lebih kecil daripada lubang dilapangan. Penambahan perkuatan geser dapat menambah besarnya tegangan pada balok sekitar 1,0842 kali dari pada balok dengan penulangan biasa. Diberikan

penambahan perkuatan geser disekitar lubang menambah tegangan pada balok, namun hal ini juga mengakibatkan berat sendiri beton semakin bertambah sehingga terjadi regangan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Fachrir Rivani, Ir, Petunjuk Praktikum Beton, Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik ULM, 1995
- Gideon Kesuma, Ir. M.Eng, Pedoman Pengerjaan Beton, Erlangga
- Iskandar, M.T. et all. Bahan Kuliah Struktur Beton Bertulang I, ULM, 2005
- Kent, D. C. and Park, R., Flexural Members with Confined Concrete, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, ST7, July, 1971, pp. 1969 - 1990.
- L. Dahmani, A. Khennane, and S. Kaci, Crack Identification In Reinforced Concrete Beams Using Ansys Software, Strength of Materials, Vol. 42, No. 2, Springer Science + Business Media, Inc., 2010.
- Nawy, E.G., Tavio, and Kusuma B., Beton Bertulang: Sebuah Pendekatan Mendasar, Edisi Kelima, ITS Press,, 2010.
- Patil, A. N. Shaikh, B. R. Niranjana, 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, 2013.
- Park, R., dan T. Paulay, Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons Inc., 1975.
- Rizky Fajar Pratama, Sugeng P. Budio, Ming Narto Wijaya. *Analisis Kekakuan Struktur Balok Beton Bertulang Dengan Lubang Hollow Core Pada Tengah Balok.*
- Setiawan, Agus. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI 2847 : 2013.* Jakarta: Erlangga.
- Tjitradi, Darmansyah. 2019. *Analisa Struktur & Aplikasi ANSYS untuk Insinyur Teknik Sipil.* Banjarmasin. Universitas Lambung Mangkurat Press.
- Wang, Salmon, Chu-Kia., Charles G. 1993. *Disain Beton Bertulang*, Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Wang, Salmon, Chu-Kia., Charles G.. 1993. *Disain Beton Bertulang*, Jilid 2. Jakarta: Erlangga