

## ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG BERLUBANG

Ridho Asshiddiqi<sup>1</sup>, Suhendra<sup>2</sup>, Annisaa Dwiretnani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Batanghari

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Batanghari

e-mail: asshiddiqir@gmail.com, suhendra\_domas@yahoo.com

### ABSTRAK

Pipa yang ditanam pada kolom masih sering dijumpai pada struktur suatu bangunan gedung. Maksud dari pipa yang diletakkan di dalam kolom yaitu sering dimanfaatkan sebagai saluran sanitasi air bersih maupun air kotor, juga sebagai instalasi mekanikal elektrikal. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang diakibatkan adanya lubang dan juga pengaruh pergeseran atau perpindahan posisi lubang pada kolom terhadap kekuatannya. Penelitian ini menjelaskan tentang kapasitas penampang kolom dalam menahan gaya aksial dan momen lentur secara bersamaan pada satu arah (*uniaxial*). Penelitian ini dilakukan pada dua jenis penampang, yaitu penampang tidak berlubang dan penampang berlubang. Untuk penampang berlubang terdapat 3 ukuran lubang yaitu lubang diameter 50 mm, 63 mm dan 75 mm. Penelitian juga dilakukan terhadap kemungkinan pergeseran pipa pada penampang, asumsi pergeseran yang terjadi pada pipa dimulai dari tengah penampang dengan interval pergeseran 10 mm hingga jarak maksimum yang dapat terjadi. Digunakan penampang dengan dimensi 250 mm x 250 mm serta luas tulangan longitudinal sebesar 1,7% dari luas penampang kolom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar lubang pada penampang kolom, maka semakin rendah pula kekuatan penampang. Penurunan kekuatan aksial maksimum terdapat pada lubang 75 mm (7,07%  $A_g$ ) dengan kekuatan maksimum penampang sebesar 89,52% dan momen 98,20% dari penampang tidak berlubang.

**Kata kunci** : Kolom, Berlubang, Kekuatan Penampang

### ABSTRACT

*Pipes planted in columns are still often found in the structure of a building. The purpose of the pipe that is placed in the column is that it is often used as a sanitation channel for clean and dirty water, as well as an electrical mechanical installation. Therefore, this study aims to determine how much influence the existence of a hole has and also the effect of shifting or shifting the position of the hole in the column on its strength. This study describes the cross-sectional capacity of the column to withstand the axial force and bending moment simultaneously in one direction (uniaxial). This research was conducted on two types of cross sections, namely non-perforated sections and perforated sections. For a perforated cross section there are 3 sizes of holes, namely holes with a diameter of 50 mm, 63 mm and 75 mm. Research was also carried out on the possibility of shifting the pipe in the cross section, assuming the shift that occurs in the pipe starts from the middle of the cross section with a shift interval of 10 mm to the maximum distance that can occur. A cross section with dimensions of 250 mm x 250 mm is used and the longitudinal reinforcement area is 1.7% of the column cross-sectional area. The results showed that the larger the hole in the column cross-section, the lower the cross-sectional strength. The decrease in maximum axial strength is found in the 75 mm (7.07%  $A_g$ ) hole with a maximum strength of 89.52% cross-section and 98.20% moment of non-perforated cross-section.*

**Keywords** : Column, Perforated, Sectional Strength

### PENDAHULUAN

Pada sebuah struktur bangunan gedung, kolom merupakan salah satu elemen yang sangat penting untuk diperhatikan, karena jika terjadi keruntuhan

pada kolom dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang berada di atasnya, sehingga hal ini kan berpengaruh terhadap segi keamanan bagi pengguna (Asroni, 2010). Oleh karena itu dalam

sebuah perencanaan, kekuatan cadangan yang diberikan pada kolom lebih tinggi daripada elemen-elemen lainnya pada struktur atas bangunan.

Pipa yang ditanam pada kolom masih banyak dijumpai dalam suatu struktur bangunan, terutama struktur beton bertulang. Tujuan dari pipa yang diselubungkan tersebut antara lain sering dimanfaatkan sebagai instalasi mekanikal, elektrikal, sanitasi air bersih dan juga sanitasi air kotor. Maksud lain dari diletakkannya pipa didalam kolom juga berkaitan dengan sisi estetika sebuah bangunan agar tampak lebih rapi.

Dari sisi lain mengakibatkan adanya lubang pada kolom akibat pipa tersebut, hal ini tentu akan berdampak pada kekuatan kolom itu sendiri, dikarenakan luasan penampang kolom yang berkurang. Sebagaimana pada Pasal 6.3.4 SNI 2847 : 2013 di sana disebutkan bahwa untuk pipa yang diletakkan didalam suatu kolom tidak boleh mengambil lebih dari 4 persen dari luasan penampang, hal ini ditujukan untuk kekuatan penampang atau untuk memberikan perlindungan jika terjadi kebakaran. Pipa pada kolom juga tidak boleh mengurangi kekuatan konstruksi secara berlebihan.

Hal di atas merupakan latar belakang yang mendasari peneliti melakukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap penampang yang diakibatkan adanya lubang, serta pengaruh pergeseran posisi lubang terhadap kekuatan kolom yang bisa terjadi saat pemasangan di lapangan.

Pada umumnya beban yang menumpu pada kolom berupa beban kombinasi antara gaya aksial dan momen lentur. Hubungan tersebut yang kemudian dirangkum dalam suatu diagram yang biasa disebut Diagram Interaksi Kolom (Wahyudi, 1997). Tujuan dari diagram ini yaitu untuk

memberi gambaran tentang kekuatan penampang kolom.

Pada penampang kolom dengan beban aksial sentris, beban yang bekerja pada penampang terjadi tepat pada sumbu kolom. Dapat diartikan bahwa jika terjadi keruntuhan kolom, regangan dan tegangan akan merata pada seluruh penampang. Pada kondisi ini kapasitas beban maksimum dapat diperoleh dari kontribusi beton dan baja tulangan. Kemudian SNI memberikan batasan untuk mengurangi eksentrisitas minimum yang terjadi dengan memberi nilai reduksi sebesar 20 persen, hal ini dilakukan mengingat pada kenyataannya beban aksial sentris sangat jarang dijumpai dilapangan, sehingga secara matematis dirumuskan seperti persamaan berikut :

$$P_o = 0,8 \times (0,85 f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y) \dots (1)$$

Keterangan:

$P_o$  = kekuatan aksial nominal pada eksentrisitas nol (kN)

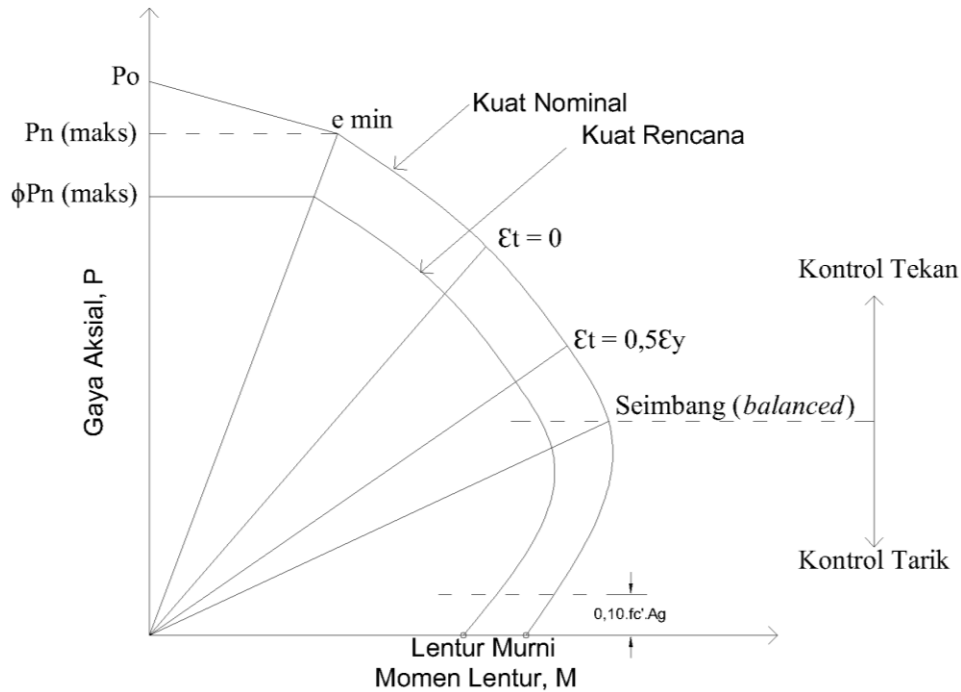
$f_c'$  = kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)

$f_y$  = kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan (MPa)

$A_g$  = luas bruto penampang kolom (mm<sup>2</sup>)

$A_{st}$  = luas total tulangan longitudinal (mm<sup>2</sup>)

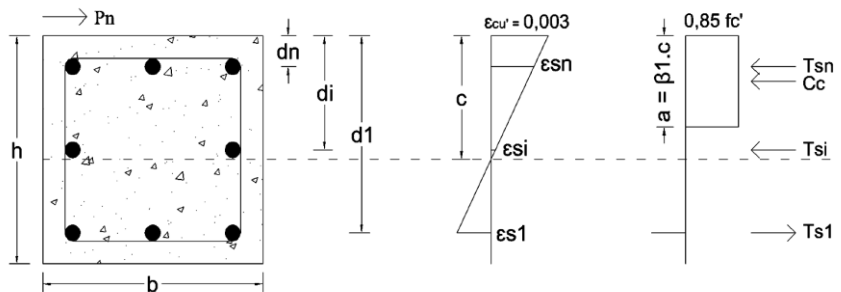
Eksentrisitas akan timbul apabila beban aksial bergeser dari pusat sumbu kolom, sehingga kolom akan memikul kombinasi antara beban aksial dan momen. Kombinasi tersebut kemudian digambarkan dalam bentuk Diagram Interaksi Kolom. Dalam pembuatan diagram interaksi kolom ini menjelaskan kondisi penampang mulai dari kondisi beban sentris sampai dengan kondisi beban aksial sama dengan nol atau kondisi lentur murni.



**Gambar 1. Diagram Interaksi Kolom**  
(Sumber : Data Olahan, 2019)

Pada kolom dengan beban eksentris tegangan yang terjadi tidak merata pada penampang. Kolom akan mengalami lentur akibat momen, pada suatu sisi penampang akan mengalami tarikan yang

ditahan baja tulangan, sedangkan pada sisi lain penampang menahan beban tekan yang ditahan oleh beton dan baja tulangan (Ali Asroni, 2010).



**Gambar 2. Penampang kolom bujur sangkar, Distribusi regangan dan Distribusi tegangan pada keadaan eksentris**  
(Sumber : Park and Paulay diolah, 1975)

Jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$c = \frac{0,003 \times d_i(\text{maks})}{0,003 - \epsilon_t} \quad (2)$$

Keterangan :

$d_i \text{ maks}$  = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal pada baris dengan nilai maksimum (mm)

$\epsilon_t$  = regangan tarik neto dalam lapisan terjauh baja tarik longitudinal

Analisis pada penampang persegi seperti ini dapat dilakukan menggunakan kompatibilitas regangan dan tegangan. Analisis dapat dimulai dari kondisi aksial murni yaitu ketika regangan dan tegangan merata pada seluruh penampang, yang berarti bahwa seluruh regangan dalam kondisi tertekan. Dari analisa tersebut kemudian

didapatkan keseimbangan gaya vertikal dan momen yaitu sebagai berikut:

$$P_n = C_c + \sum T_{si} \quad (3)$$

$$M_{nc} = C_c \times \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) \quad (4)$$

$$M_{nsi} = T_{si} \times \left(\frac{h}{2} - d_i\right) \quad (5)$$

$$M_n = M_{nc} + \sum M_{nsi} \quad (6)$$

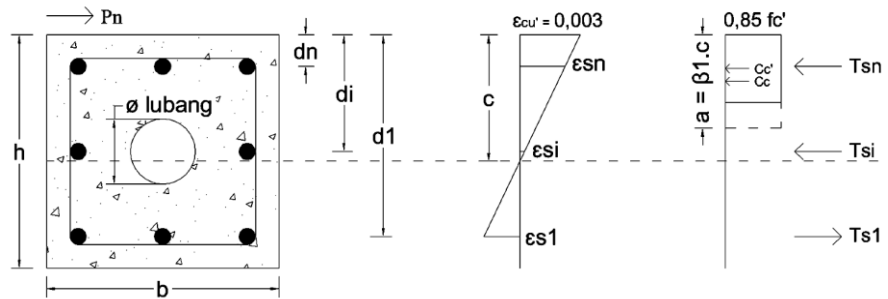
Keterangan :

- $C_c$  = gaya tekan beton (kN)
- $d_i$  = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal pada baris i (mm)
- $M_n$  = kekuatan lentur nominal pada penampang (kNm)
- $M_{nc}$  = kekuatan lentur nominal pada penampang yang diperhitungkan terhadap beton tekan (kNm)

$M_{nsi}$  = kekuatan lentur nominal pada penampang yang diperhitungkan terhadap tulangan pada baris i (kNm)

$P_n$  = kekuatan aksial nominal penampang (kN)

Pada penampang kolom yang berlubang, kapasitas kekuatan penampang kolom dalam menahan beban aksial akan menurun seiring dengan luas penampang kolom yang berkurang akibat lubang. Berkurangnya kekuatan penampang akan terjadi ketika tinggi blok tegangan persegi ekuivalen beton mencapai area lubang pada penampang, hal ini terjadi karena luas penyebaran tegangan yang berkurang. Sehingga jarak antara titik berat area blok tegangan persegi ekuivalen akibat lubang ( $a'$ ) dengan pusat plastis penampang akan terjadi penyesuaian. Sehingga gaya tekan beton akibat pengaruh lubang mengalami penyesuaian menjadi  $C_c'$ .



**Gambar 3. Penampang kolom bujur sangkar berlubang, Distribusi regangan dan Distribusi tegangan (Sumber : Data Olahan, 2019)**

Dengan mempertimbangkan keseimbangan gaya vertikal, maka dapat dirumuskan kekuatan aksial pada kondisi beban sentris pada penampang berlubang sebagai berikut :

$$P_o = 0,85 f_c' \times ((A_g - A_L) - A_{st}) + A_{st} \times f_y \dots (7)$$

Sedangkan pada penampang berlubang dengan beban eksentris, gaya tekan beton akibat adanya pengaruh lubang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times ((a \times b) - A_L') \dots (8)$$

Keterangan :

- $A_L'$  = luas lubang pipa yang berada di blok tegangan beton tekan (mm<sup>2</sup>)
- $C_c'$  = gaya beton tekan akibat pengaruh lubang (kN)

Selanjutnya dengan memperhatikan keseimbangan vertikal dan momen, didapat

persamaan kekuatan aksial dan momen sebagai berikut :

$$P_n = C_c' + \sum T_{si} \dots (9)$$

$$M_{nc} = C_c' \times (\bar{y} - y') \dots (10)$$

$$M_{nsi} = T_{si} \times (\bar{y} - d_i) \dots (11)$$

$$M_n = M_{nc} + \sum M_{nsi} \dots (12)$$

Keterangan :

- $C_c'$  = gaya tekan beton akibat pengaruh lubang (kN)
- $\bar{y}$  = jarak pusat plastis penampang kolom (mm)
- $y'$  = jarak titik berat blok tegangan beton tekan akibat pengaruh lubang (mm)

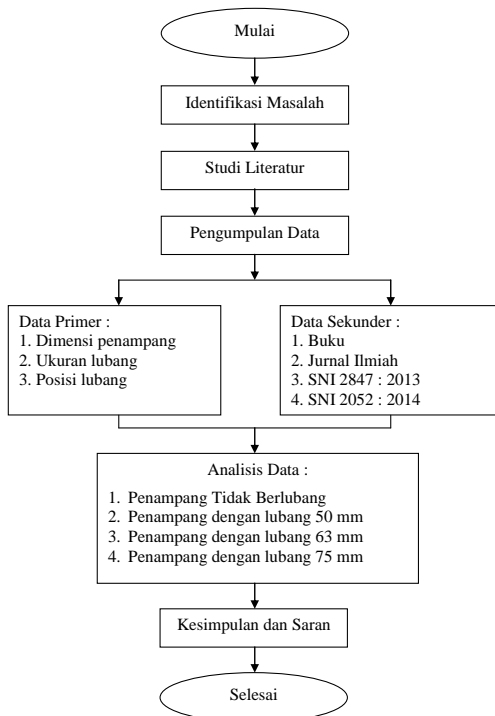
## METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan terhadap penampang kolom dengan dimensi 250 mm x 250 mm dan Mutu Beton ( $f_c'$ ) 25 Mpa. Untuk tulangan digunakan 8D13 dengan Mutu Baja ( $f_y$ ) 400 MPa. Selanjutnya penampang di analisis terhadap beberapa jenis penampang baik tanpa lubang ataupun dengan lubang menggunakan diagram interaksi kolom.

Mula-mula analisis dilakukan terhadap penampang kolom tanpa lubang, untuk mengetahui kekuatan utuh kolom tanpa adanya lubang. Selanjutnya penampang kolom di analisis dengan diberi lubang (pipa) dengan beberapa ukuran sebesar 3,14%, 4,99% dan 7,07%. Analisis juga meninjau kemungkinan pergeseran posisi lubang pada penampang. Asumsi pergeseran yang terjadi pada penampang dimulai dari tengah penampang pusat sumbu geometri penampang.

Pada penampang dengan posisi tulangan simetris, pusat plastis berada sejajar dengan pusat geometri penampang kolom. Sedangkan untuk penampang dengan posisi tulangan tidak simetris, dengan mengambil momen dari tulangan dan beton pusat plastis penampang dapat dihitung pusat plastis penampang.

Penelitian ini dapat dilihat secara ringkas dari bagan alir penelitian berikut :



**Gambar 4. Bagan Alir Penelitian  
(Sumber : Data Olahan, 2019)**

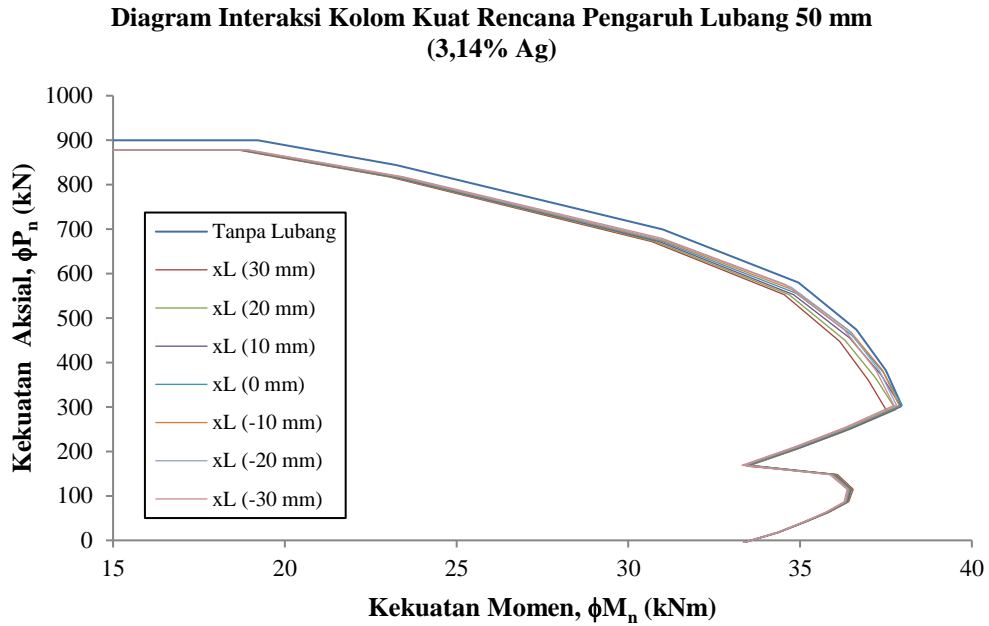
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan terhadap empat jenis penampang yaitu penampang tanpa lubang, penampang dengan lubang 3,14%, 4,99% dan penampang dengan lubang 7,07%. Dari hasil analisis diperoleh diagram interaksi kekuatan penampang kolom yang merupakan kombinasi gaya aksial ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ). Diagram interaksi tersebut terbentuk dari ragam kombinasi titik-titik dari blok tegangan tekan beton (a). Penampang tanpa lubang dianalisa seperti penampang pada umumnya, untuk menunjukkan kekuatan kolom tanpa adanya pengurangan kekuatan. Sebagai acuan kekuatan penampang, maka hasil analisa penampang berlubang digabungkan kedalam diagram interaksi kolom berlubang.

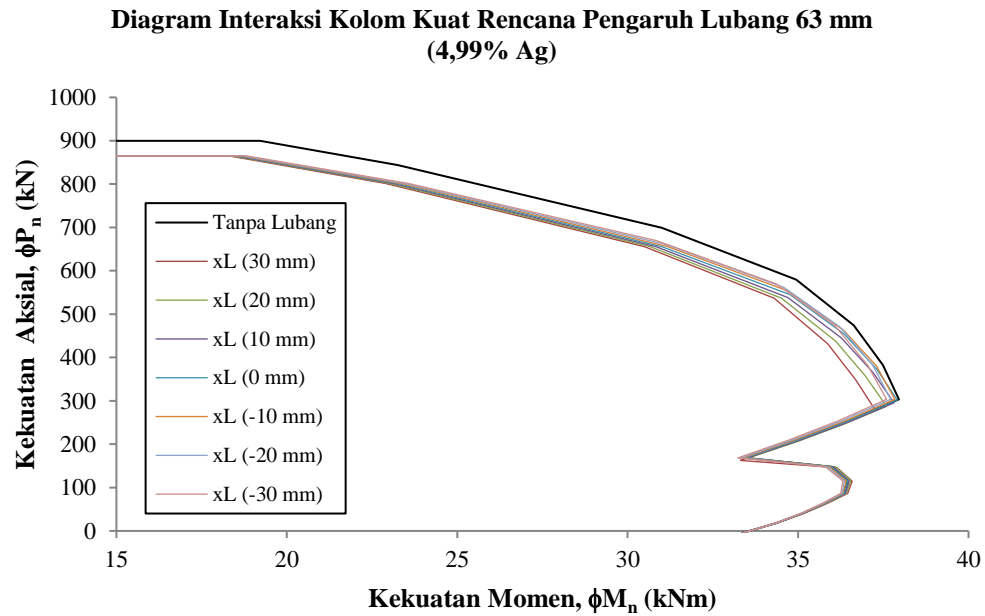
Untuk penampang berlubang dilakukan analisis terhadap pergeseran lubang yang terjadi. Titik awal lubang berada tepat pada tengah penampang atau berada pada titik 0 mm. Selanjutnya ditinjau lubang dengan posisi yang berbeda, asumsi perubahan jarak dengan interval sebesar 10 mm baik ke arah tepi serat tekan maupun tepi serat tarik, hingga posisi maksimal yang dapat terjadi. Sehingga didapatkan variasi posisi lubang untuk tiap ukuran lubang yaitu sebagai berikut :

1. Pada lubang 3,14% terdapat tiga lubang ke arah tepi serat tekan, tiga lubang ke arah tepi serat tarik dan satu lubang berada tepat di tengah penampang.
2. Pada lubang 4,99% terdapat tiga lubang ke arah tepi serat tekan, tiga lubang ke arah tepi serat tarik dan satu lubang berada tepat ditengah penampang.
3. Pada lubang 7,07% terdapat dua lubang ke arah tepi serat tekan, dua lubang ke arah tepi serat tarik dan satu lubang berada tepat ditengah penampang.

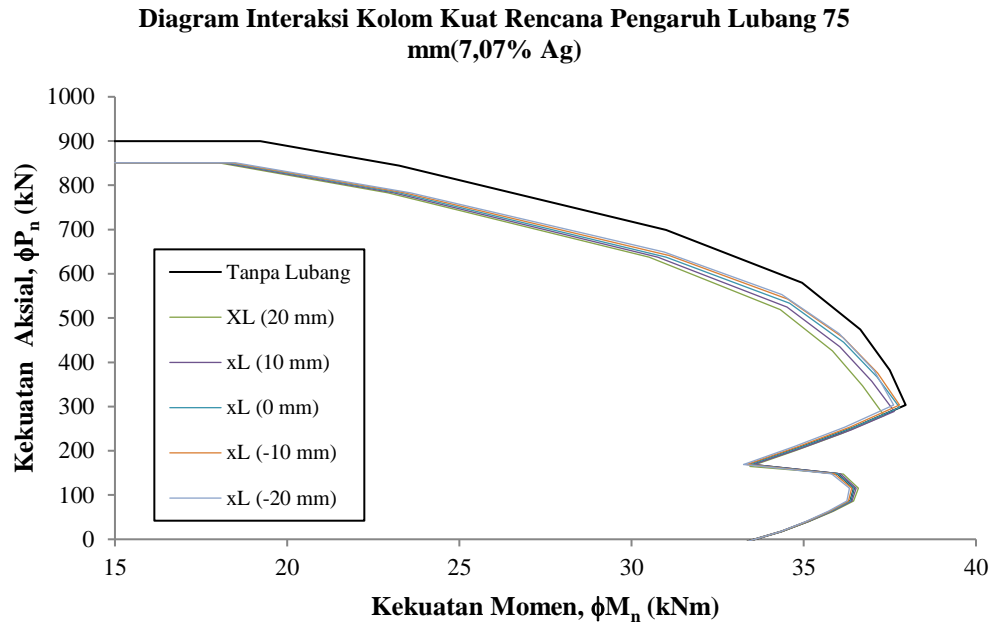
Setelah dilakukan perhitungan pada tiap penampang menggunakan diagram interaksi kolom, didapat hasil seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5. Diagram interaksi kolom kuat rencana pengaruh lubang 3,14%  
(Sumber : Data Olahan, 2019)**



**Gambar 6. Diagram interaksi kolom kuat rencana pengaruh lubang 4,99%  
(Sumber : Data Olahan, 2019)**



**Gambar 7. Diagram interaksi kolom kuat rencana pengaruh lubang 7,07%  
(Sumber : Data Olah, 2019)**

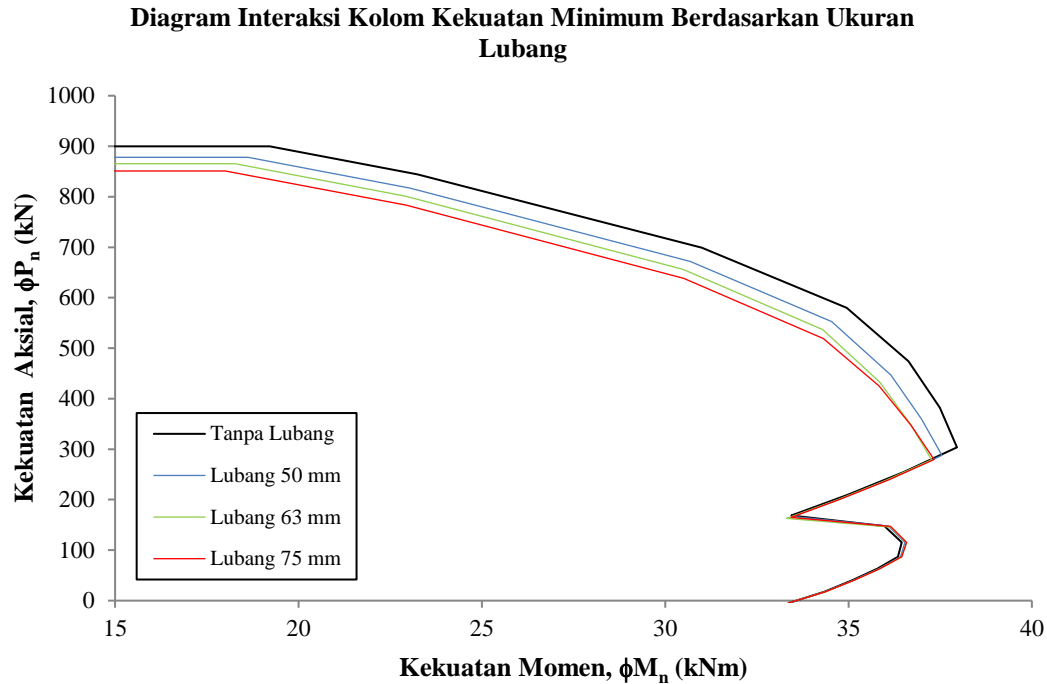
Dari hasil analisis diagram interaksi kolom terhadap kekuatan penampang pada masing-masing ukuran lubang beserta posisi lubang diperoleh :

1. Adanya lubang pada penampang kolom dapat mengurangi kapasitas kekuatan kolom tersebut.
2. Dari analisis pada tiap ukuran lubang, dapat dilihat bahwa semakin besar lubang terhadap luasan penampang, maka kekuatan kolom semakin menurun. Berikut merupakan persentase penurunan kekuatan berdasarkan ukuran lubang :
  - a. Untuk lubang 3,14% kekuatan aksial maksimum penampang adalah 93,97% dengan momen 98,66%.
  - b. Untuk lubang 4,99% kekuatan aksial maksimum penampang adalah 91,09% dengan momen 97,88%.

c. Untuk lubang 7,07% kekuatan aksial maksimum penampang adalah 89,52% dengan momen 98,20%.

3. Ketika lubang menjauh dari pusat geometri penampang kolom menuju ke arah tepi serat tekan penampang, maka kekuatan aksial semakin menurun.

Selanjutnya dari hasil analisis empat penampang diatas, diambil posisi minimum kekuatan penampang yang terjadi. Untuk penampang dengan lubang 3,14% terjadi pada posisi lubang dengan jarak 30 mm ke arah tepi serat tekan. Kemudian untuk penampang dengan lubang 4,99% terjadi pada posisi lubang 30 mm ke arah tepi serat tekan, sedangkan pada lubang 7,07% terjadi pada posisi lubang 20 mm ke arah tepi serat tekan. Diagram interaksi kolom terhadap kekuatan minimum untuk tiap ukuran lubang seperti terlihat pada Gambar 8.



**Gambar 8. Diagram interaksi kolom kekuatan minimum berdasarkan ukuran lubang (Sumber : Data Olahan, 2019)**

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa penurunan kekuatan terbesar terjadi pada penampang dengan lubang 7,07% atau 75 mm. Penurunan kekuatan maksimum terjadi pada ukuran lubang 7,07% dengan kekuatan aksial sebesar 89,52% atau menurun sebesar 10,48% dengan momen 98,20%.

#### KESIMPULAN

1. Semakin besar lubang pada penampang, maka semakin besar penurunan kapasitas penampang yang terjadi.
2. Ketika posisi lubang semakin jauh menuju ke arah tepi serat tekan, seiring itu kekuatan aksial penampang semakin menurun.
3. Penurunan kekuatan aksial maksimum terdapat pada lubang dengan luas 7,07%  $A_g$  yaitu sebesar 89,52% atau menurun sebesar 10,48% dengan kekuatan momen sebesar 98,20%.
4. Pada kondisi seluruh bagian lubang berada pada area blok tegangan tekan, momen akan semakin tinggi ketika lubang bergeser ke arah tepi serat tarik.
5. Pada kondisi seluruh bagian lubang tidak berada pada area blok tegangan tekan, momen akan semakin tinggi ketika lubang bergeser ke arah tepi serat tekan.

#### SARAN

1. Pada pengaplikasiannya agar perlu ditempatkan posisi lubang tetap pada pusat sumbu kolom, guna menghindari eksentrisitas yang tinggi akibat momen.
2. Dapat dilakukan penelitian lanjut terhadap kolom bersumbu rangkap atau *biaxial*.
3. Dapat dilakukan penelitian terhadap kasus yang terjadi dilapangan dengan dimensi dan beban yang ada.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. (2010). *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gere, James M, P. Timoshenko. 1987. *Mekanika Bahan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- McCormac, Jack C. (2003). *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Nawy, Edwad G. (2010). *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Park, Robert, T. Paulay. (1975). *Reinforced Concrete Structure*. Canada: Department of Civil Engineering University of Canterbury Christchurch New Zealand.



SNI 06-0084-2002. *Pipa PVC Untuk Saluran Air Minum*. Badan Standarisasi Nasional.  
SNI 2052:2014. (2014). *Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional  
SNI 2847:2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Wahyudi, L, Rahim, Syahril A. (1997). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.  
Wesli. (2015). *Metodologi Penelitian Teknik Sipil*. Banda Aceh: PeNa.