

**ARTIKEL ILMIAH**  
**PEMODELAN PENGARUH DIAMETER LUBANG**  
**TERHADAP KAPASITAS AKSIAL DAN MOMEN KOLOM**  
**MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ANSYS**

*Modeling The Effect Of Hole Diameter On Axial And Moment Capacity  
Columns By Using ANSYS Software*



**Oleh:**

**LARA FIANA**

**F1A 019 098**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MATARAM**

**2023**

**ARTIKEL ILMIAH**

**PEMODELAN PENGARUH DIAMETER LUBANG TERHADAP  
KAPASITAS AKSIAL DAN MOMEN KOLOM MENGGUNAKAN  
SOFTWARE ANSYS**

Oleh:

**LARA FIANA  
FIA 019 098**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



**Dr. Ngudivono, ST., MT.**  
NIP: 19740505 199903 1 003

Tanggal: 31 Mei 2023

2. Pembimbing Pendamping



**Ir. Suryawan Murtiadi, M.Eng., Ph.D.**  
NIP: 19580718 1993 03 1 001

Tanggal: 31 Mei 2023

Mengetahui,  
Sekretaris Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Dr. Eng. Hartana, ST., MT.**  
NIP: 19740315 199803 1 002

# PEMODELAN PENGARUH DIAMETER LUBANG TERHADAP KAPASITAS AKSIAL DAN MOMEN KOLOM MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS

Lara Fiana<sup>1</sup>, Ngudiyono<sup>2</sup>, Suryawan Murtiadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

---

## ABSTRAK

Tuntutan estetika dari sisi arsitektural dalam sebuah bangunan sering dijadikan sebagai alasan utama pemasangan pipa-pipa drainase ataupun instalasi mekanikal elektrik di dalam kolom. Pemasangan pipa pada kolom dapat menyebabkan berkurangnya luas penampang kolom. Dalam Peraturan SNI 2847-2013 pasal 6.3.4 sudah dijelaskan penempatan saluran atau pipa di dalam kolom diperbolehkan dengan syarat tidak boleh melebihi 4% dari luas penampang kolom, namun dalam praktik di lapangan luas penampang pipa yang dipasang melebihi dari batas yang telah ditetapkan dalam peraturan yang sudah ada. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh diameter lubang pada kolom terhadap kapasitas aksial dan momen.

Pada penelitian ini telah dilakukan pemodelan suatu kolom tanpa dan dengan variasi lubang dengan menggunakan Software ANSYS. Untuk penampang berlubang terdapat 3 ukuran lubang yaitu diameter 1.5 inch, 2 inch, dan 3 inch. Ukuran penampang kolom 250 mm x 250 mm dengan luas tulangan longitudinal sebesar 1,3% dan panjang 4 m.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang pada penampang kolom, kapasitas aksial dan momen mengalami penurunan. Penurunan kapasitas aksial kolom berlubang 1.5 inch, 2 inch, dan 3 inch berturut sebesar 2.27%, 3.42% dan 7.73%, sedangkan kapasitas momen mengalami penurunan berturut sebesar 35.89%, 36.11% dan 37.34% dibandingkan dengan kolom tidak berlubang. Adanya lubang pada kolom juga berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan dan regangan pada penampang kolom.

**Kata kunci** : Kolom Berlubang, Diameter lubang, Kapasitas Aksial, Kapasitas Momen, Software ANSYS

## **ABSTRACT**

*Aesthetic demands from the architectural side of a building are often used as the main reason for installing drainage pipes or electrical mechanical installations inside columns. Installation of pipes in the column can cause a reduction in the cross-sectional area of the column. In the SNI Regulation 2847-2013 article 6.3.4 it has been explained that the placement of channels or pipes in the column is permitted on condition that it does not exceed 4% of the cross-sectional area of the column, but in practice in the field the cross-sectional area of the pipe installed exceeds the limit set in the existing regulations.*

*Therefore this study aims to determine how much influence is caused by the hole diameter in the column using ANSYS software. This study describes the axial capacity of the column in resisting axial forces and discusses the column moment. This research was conducted on two types of sections, namely sections without holes and sections with holes. For perforated sections, there are 3 hole sizes, namely hole diameters of 1.5 Inch, 2 Inch and 3 Inch. A cross section with dimensions of 250 mm x 250 mm is used with a longitudinal reinforcement area of 1.3% of the column cross-sectional area.*

*From the research results show that the larger the diameter of the hole in the cross section of the column, the less the axial capacity of the column to withstand the load. The largest decrease in axial capacity occurred in columns with 3 inch holes (9.95%) with a decrease in axial capacity of 7.73% compared to non-perforated columns. In addition, the hole diameter in the column also affects the column moment, the larger the hole diameter, the smaller the moment results, the largest moment reduction occurs in columns with 3 inch holes (9.95%), with a 37.34% decrease in moment value to perforated column. The existence of holes in the column affects the distribution pattern of stress and strain in the column.*

**Keywords :** *Hollow column, Axial capacity, Moment capacity, ANSYS Software*

## **PENDAHULUAN**

### **LATAR BELAKANG**

Kolom merupakan bagian dari kerangka bangunan yang menempati posisi terpenting dalam sistem struktur bangunan. Jika suatu kolom mengalami kegagalan, dapat mengakibatkan runtuhnya komponen struktur terkait lainnya, atau bahkan runtuh total seluruh struktur bangunan (Dipohusodo, 1999). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 kolom merupakan elemen struktural yang mempunyai fungsi untuk menahan beban vertikal dan horizontal dari bangunan di atasnya, kemudian menyalurkan beban tersebut ke pondasi. Kolom biasanya terbuat dari beton bertulang atau baja tulangan dan memiliki bentuk silinder atau persegi. Dalam kegiatan pembangunan, kolom biasanya dimanfaatkan untuk menyalurkan kebutuhan utilitas bangunan seperti pipa-pipa drainase ataupun instalasi mekanikal elektrik dan pipa-pipa jenis lainnya yang dipasang di dalam kolom.

Tuntutan estetika dari sisi arsitektural dalam sebuah bangunan sering dijadikan sebagai alasan utama pemasangan pipa-pipa drainase ataupun instalasi mekanikal elektrik di dalam kolom. Pemasangan pipa pada kolom dapat menyebabkan berkurangnya luas penampang kolom. Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan didapatkan bahwa pemasangan pipa di dalam kolom menyebabkan kapasitas aksial dari kolom mengalami penurunan karena luas penampang kolom berkurang, yang diakibatkan oleh pemasangan pipa pada kolom, semakin lebar diameter pipa yang dipasang semakin menurun kapasitas aksial kolom dalam menahan beban.

Dalam Peraturan SNI 2847-2013 pasal 6.3.4 sudah di jelaskan penempatan saluran atau pipa di dalam kolom

diperbolehkan dengan syarat tidak boleh melebihi 4% dari luas penampang kolom, yang diperlukan untuk kekuatan atau untuk perlindungan terhadap kebakaran, pipa pada kolom juga tidak boleh mengurangi kekuatan konstruksi secara berlebihan. Namun pada praktik di lapangan luas penampang pipa melebihi dari batas yang telah ditetapkan dalam peraturan yang sudah ada. Penambahan pipa di dalam kolom apabila tanpa perencanaan dan tidak mengikuti peraturan bisa berakibat pada keruntuhan struktur bangunan karena ketidakmampuan kolom menahan beban.

Kasus ini sering sekali diabaikan oleh pihak perencana bangunan, karena dianggap bukan hal yang terlalu penting dalam perencanaan. Namun jika tidak direncanakan dan dilaksanakan sesuai prosedur, penambahan lubang (rongga) tersebut bisa berakibat fatal terhadap bangunan tersebut karena menyangkut kekuatan struktur menahan beban. Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi pengaruh diameter lubang terhadap kapasitas aksial dan momen kolom menggunakan software ANSYS.

### **RUMUSAN MASALAH**

Dari uraian latar belakang diatas, maka akan dilakukan penelitian tentang :

1. Seberapa besar pengaruh lubang terhadap kapasitas aksial dan momen kolom menggunakan software ANSYS.
2. Sejauh mana pengaruh lubang terhadap pola distribusi tegangan dan regangan yang terjadi.

### **TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh lubang terhadap kapasitas aksial dan momen kolom menggunakan software ANSYS.
2. Untuk mengetahui pengaruh lubang terhadap pola distribusi tegangan dan regangan yang terjadi.

## **DASAR TEORI TINJAUAN PUSTAKA**

(Ahmed, 2019) dalam studi ini dilakukan pemodelan elemen hingga balok dan kolom beton bertulang menggunakan ANSYS. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil antara eksperimen di laboratorium dengan hasil yang diperoleh menggunakan ANSYS yaitu dalam hal tegangan, regangan dan retak di sekitar lubang. Dari hasil keduanya, disimpulkan bahwa respon kolom disekitar lubang memiliki pola retak yang berada pada tahap elastis dan pasca elastis.

(Kassim & Ahmad, 2018) meneliti tentang pengurangan kekuatan yang terjadi pada kolom bracing pendek dan pengaruh faktor-faktor yang akan meningkatkan atau mengurangi perubahan kekuatan kolom, pada penelitian ini menggunakan enam. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa mengubah diameter lubang di dalam luas penampang memiliki pengaruh besar yang signifikan terhadap beban yang dibawah kapasitas, di mana pengurangan 5% dan 1,8% pada luas penampang menyebabkan penurunan masing-masing 20% dan 10% dalam kapasitas kekuatan dukung. Namun, peningkatan kuat tekan beton dan rasio tulangan tidak menunjukkan pengaruh yang cukup besar, sedangkan jarak ikatan memiliki efek kecil pada hasil.

(Batubara & Manik, 2018) Penelitian ini menggunakan 4 (empat) buah benda uji yakni benda uji tanpa lubang, benda uji

dengan lubang diameter 1" (2,25%), benda uji kolom dengan lubang 1¼" (3,52%) dan benda uji kolom dengan lubang 1½" (5,067%) dari luas bruto benda uji kolom. Dari penelitian didapatkan nilai benda uji kolom tanpa lubang mampu menerima beban aksial sebesar 44,884 ton dengan nilai deformasi adalah 4,03 mm, kolom dengan lubang diameter 1" mampu menerima beban aksial sebesar 43,014 ton dengan nilai deformasi adalah 3,87 mm; kolom dengan lubang diameter 1¼" mampu menerima beban aksial sebesar 35,533 ton dengan nilai deformasi adalah 3,54 mm dan kolom dengan lubang diameter 1½" mampu menerima beban sebesar 29,923 ton dengan nilai deformasi adalah 3,01 mm.

(Laris Parningotan Situmorang, H. Manalip, 2017) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan kapasitas beban aksial akibat penambahan pipa PVC pada kolom. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penambahan pipa PVC pada kolom yang menyebabkan pengurangan luas penampang pada kolom memiliki pengaruh terhadap kapasitas beban aksial. Dimana semakin besar lubang pada kolom semakin berkurang kapasitas beban aksialnya. Kolom dengan variasi luas lubang 2% terhadap luas penampang kolom mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 1,18%. Kolom dengan variasi luas lubang 4% terhadap luas penampang kolom mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 2,52%. Dan untuk variasi luas lubang 6% terhadap luas penampang kolom mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 4,34%.

(Sugianto et al., 2015) Penelitian ini meninjau kolom pendek dengan model

berupa silinder beton yang diberi lubang dengan luas berbeda-beda kemudian dilakukan uji tekan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa perbandingan antara diameter lubang  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ", 2",  $2\frac{1}{2}$ " dan 3" pada silinder beton adalah setiap penambahan luas lubang  $0,015 \text{ cm}^2$  ada penurunan kuat tekan sebesar 0,02% terhadap silinder beton diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Adanya lubang pada kolom beton menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan beton.

## LANDASAN TEORI

### Beton

Menurut SNI 2847:2019 Beton adalah bahan campuran yang terdiri dari agregat halus dan kasar, semen, air, dan bahan tambahan, jika diperlukan. Agregat halus dapat berupa pasir, sedangkan agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah. Bahan tambahan dapat berupa aditif atau bahan lain yang ditambahkan ke dalam campuran untuk meningkatkan sifat-sifat beton. Standar ini menjelaskan juga bahwa beton harus memenuhi persyaratan teknis tertentu untuk kekuatan, kekakuan, kepadatan, dan keberlanjutan, agar dapat digunakan secara efektif dan aman dalam konstruksi bangunan dan infrastruktur.

### Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari kerangka struktural bangunan yang berfungsi untuk memikul beban dari balok. Kolom merupakan elemen struktur tekan yang memegang peranan sangat penting dalam sebuah bangunan, sehingga keruntuhan suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan keruntuhan (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga keruntuhan total (total collapse) lantai, seluruh struktur (Sudarmoko, 1996)

a. Kolom Dengan Beban Sentris

Kolom sentris adalah jenis kolom pada bangunan yang menerima beban aksial terpusat pada sumbu geometris kolom. Beban aksial ini sejajar dengan sumbu geometris kolom, sehingga kolom mengalami tekanan secara seragam di seluruh penampang. Kolom sentris memiliki penampang yang seragam atau sama di setiap titik pada ketinggiannya.

Menurut SNI 2847-2013 pasal (10.3.6.2) rumus untuk mencari kapasitas aksial maksimal kolom beton bertulang pada komponen struktur non-prategang dengan jumlah pengikat (Sengkang), ialah:

$$P_n(\text{Max}) = 0.8 \{ 0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \}$$

Karena menggunakan perhitungan dengan skala simulasi maka penggunaan faktor reduksinya diabaikan sehingga rumusnya menjadi

$$P_n(\text{Max}) = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

Karena dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi menggunakan kolom berlubang dengan tulangan pengikat maka persamaan di atas dimodifikasi untuk perhitungan kapasitas aksial kolom berlubang digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_n(\text{max}) = 0,85 f_c' (A_g - A_{st} - A_h) + f_y A_{st}$$

Dimana :

$A_h$  = luas penampang berlubang

b. Kolom Dengan Beban Eksentris

Kolom yg mengalami beban eksentris, dimana kolom mengalami beban aksial (P) dan momen lentur (M). Apabila beban aksial (P) bergeser dari sumbu kolom, maka timbul eksentrisitas beban pada penampang kolom, sehingga kolom harus memikul kombinasi pembebanan aksial dan momen.

### Software ANSYS

Ansysis adalah sebuah perangkat lunak simulasi engineering yang digunakan untuk melakukan simulasi dan analisis terhadap produk dan sistem teknik dalam

berbagai industri, seperti aerospace, otomotif, energi, konstruksi, dan lain-lain. Perangkat lunak ini dirancang untuk membantu insinyur dan desainer dalam mengoptimalkan kinerja dan keandalan produk mereka dengan memungkinkan mereka untuk melakukan simulasi pada model virtual sebelum produk tersebut dibuat secara fisik. Ansys memiliki berbagai modul yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi mekanika struktural, dinamika fluida, elektronika, dan lain-lain, dan telah menjadi salah satu perangkat lunak simulasi terkemuka di dunia.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk analisis data pada penelitian ini adalah dengan melakukan simulasi menggunakan software ANSYS 23 Student Version.

### Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan pengumpulan informasi-informasi tentang penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik penelitian sehingga dapat menunjang penelitian ini. Adapun literatur yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Literatur berupa buku elektronik
2. Laporan penelitian terdahulu dengan topik yang sama

### Pengumpulan Data

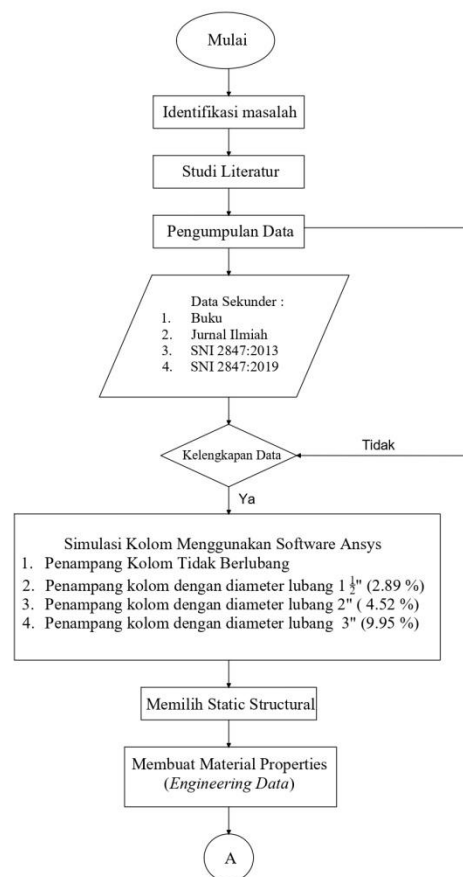
Setelah mengetahui teori serta konsep yang berhubungan dengan judul penelitian yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembahasan, kemudian dilakukan pengumpulan data, dimana data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari literatur dan instansi yang bersangkutan.

### Simulasi Menggunakan Software ANSYS

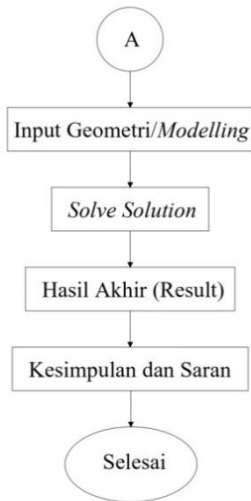
Sebelum dilakukan simulasi maka dilakukan beberapa langkah awal untuk proses simulasi menggunakan Software ANSYS

- a. Buka Software ANSYS
- b. Mengatur Static Structural
- c. Engineering Data
- d. Input Geometry/Modelling
- e. Membuat pemodelan (Model)
- f. Setup
- g. Solution
- h. Hasil akhir (Result)

### Bagan Alir Penelitian







Gambar 1. Bagan alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Geometri

Simulasi pengaruh lubang terhadap kapasitas aksial dan momen kolom menggunakan software ANSYS 2023 R1 Student Version dengan data geometri pada tabel berikut:

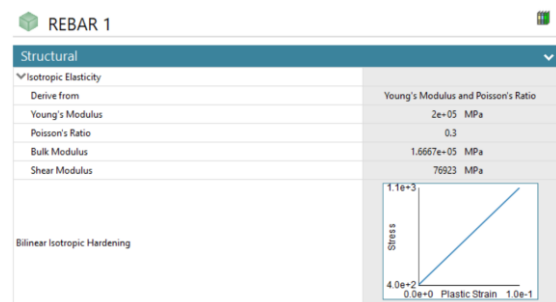
Tabel 1. Data geometrik kolom

No	Data Geometri	Besaran	Satuan
1	Panjang X	4000	mm
2	Panjang Y	250	mm
3	Panjang Z	250	mm

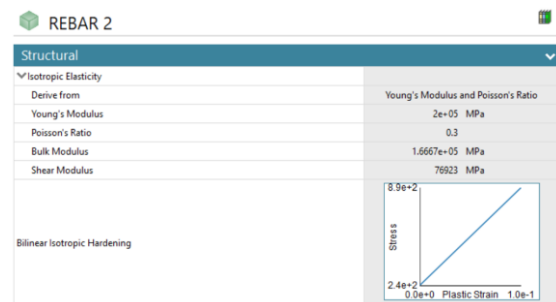
Dengan material properties sebagai berikut:

CONCRETE	
Structural	
Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	21019 MPa
Poisson's Ratio	0.2
Bulk Modulus	11677 MPa
Shear Modulus	8757.9 MPa
Drucker-Prager	
Drucker-Prager Base	
Uniaxial Compressive Strength	20 MPa
Uniaxial Tensile Strength	1.5 MPa
Biaxial Compressive Strength	23 MPa

Gambar 2. Material properties beton



Gambar 3. Material properties rebar 1



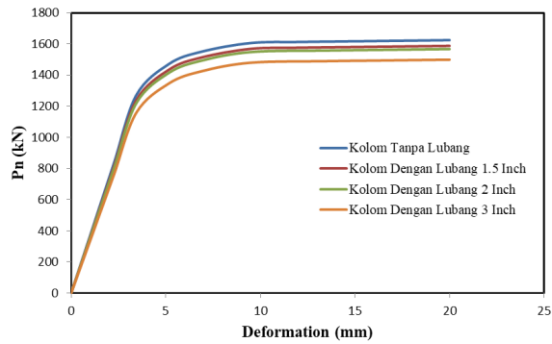
Gambar 4. Material properties rebar 2

## Hasil Simulasi Software ANSYS

### Beban Sentris

#### 1. Kapasitas Aksial Kolom

Kapasitas aksial yang terjadi pada kolom dengan variasi lubang yang berbeda-beda dapat dilihat pada grafik berikut:

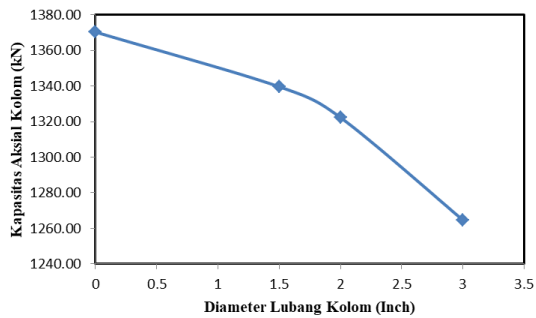


Gambar 5. Hasil pengujian kapasitas aksial kolom tanpa dan dengan lubang bervariasi terhadap deformasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai kapasitas aksial maksimal dari kolom yang di dapatkan dari simulasi software ANSYS dengan variasi kolom tanpa lubang, kolom dengan lubang 1.5”, kolom dengan lubang 2”, dan kolom dengan lubang 3”, berturut turut adalah sebesar 1624.3 kN, 1587.4 kN, 1568.8 kN, dan 1498.8 kN.

Tabel 2. Rekapitulasi kapasitas aksial kolom

No	Diameter Lubang Kolom (Inch)	Permodelan (kN)	Penurunan Kapasitas Aksial (%)
1	0	1624.3	0.00%
2	1.5	1587.4	2.27%
3	2	1568.8	3.42%
4	3	1498.8	7.73%



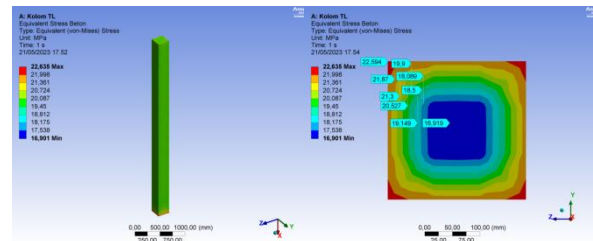
Gambar 6. Grafik penurunan kapasitas aksial kolom

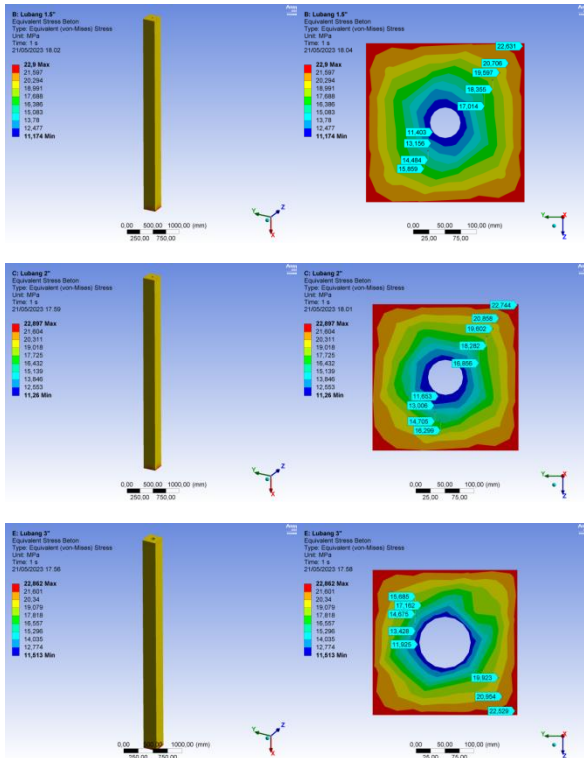
Dari diagram di atas menunjukkan adanya penurunan kapasitas aksial kolom setiap penambahan diameter lubang. Kapasitas beban aksial kolom normal persegi dengan ukuran 250 x 250 x 4000 (mm) tanpa lubang, menjadi pembanding terhadap kapasitas beban aksial kolom untuk masing-masing variasi luas lubang 1.5”,

2”, dan 3” terhadap luas penampang kolom. Pada saat kolom dengan lubang sebesar 1.5” dari luas permukaan kolom kapasitas aksialnya menurun sebesar 36.9 kN terhadap kapasitas kolom normal. Untuk kolom dengan lubang sebesar 2” terjadi penurunan kapasitas aksial sebesar 55.5 kN. Untuk kolom dengan lubang sebesar 3” kapasitas aksial kolom mengalami penurunan sebesar 125.5 kN. Dari grafik di atas menunjukkan semakin besar diameter lubang kapasitas aksial kolom semakin berkurang. Hasil yang di dapat dari simulasi ini relevan dengan penelitian di laboratorium yang di lakukan oleh (Laris Parningotan Situmorang , H . Manalip, 2017) hasil yang di dapat yaitu dimana semakin besar lubang pada kolom semakin berkurang kapasitas beban aksialnya. Kolom yang digunakan yaitu dengan variasi luas lubang 2% terhadap luas penampang kolom mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 1,18%. Kolom dengan variasi luas lubang 4% terhadap luas penampang kolom mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 2,52%. Dan untuk variasi luas lubang 6% terhadap luas penampang kolom mengalami penurunan kapasitas beban aksial sebesar 4,34%.

## 2. Tegangan

### a. Tegangan Kolom

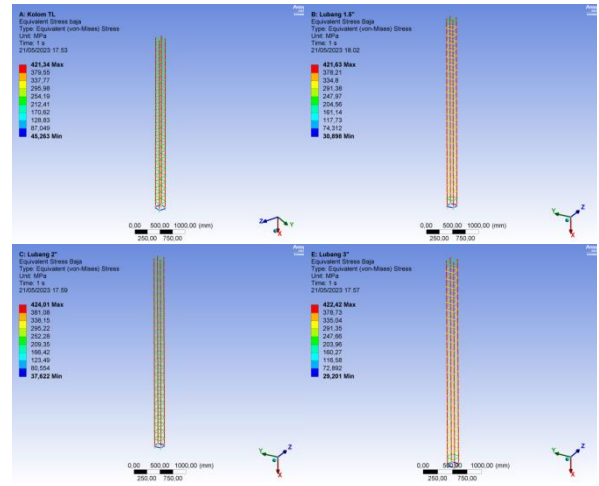




Gambar 7. Tegangan beton

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal terjadi pada tumpuan kolom yang ditunjukkan dengan kontur berwarna merah, kontur dengan warna merah menunjukkan sudah terjadinya tegangan maksimal pada kolom tersebut. Berdasarkan nilai tegangan yang telah didapatkan dari hasil simulasi, kolom sudah di anggap runtuh karena tegangannya melebihi dari 20 MPa. Setelah dilakukan *section plane* pada kolom di bagian tumpuan tempat terjadinya tegangan maksimal kolom, didapatkan pola distribusi tegangan kolom. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan kolom, tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan kolom yang berlubang.

b. Tegangan Baja

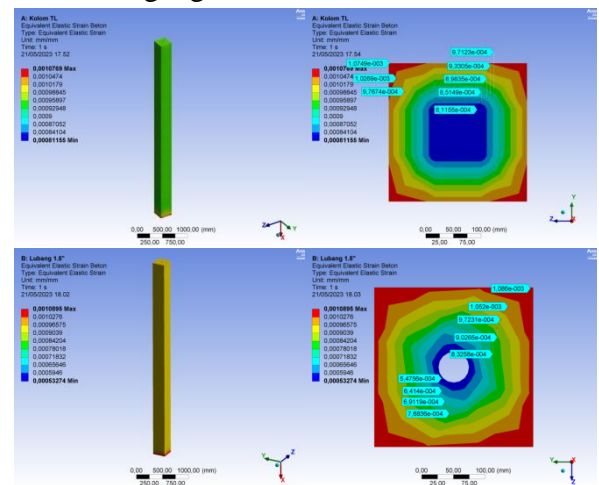


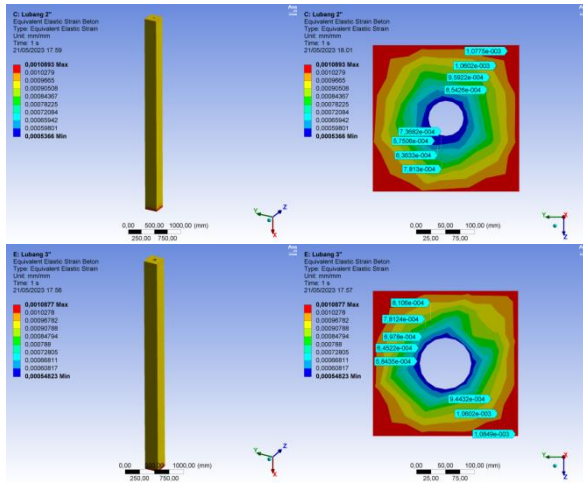
Gambar 8. Tegangan baja

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan baja sudah mengalami tegangan maksimal yang ditandai dengan kontur berwarna merah. Berdasarkan nilai tegangan yang telah didapatkan dari hasil simulasi, baja sudah di anggap runtuh karena tegangannya melebihi dari 400 MPa. Dilihat dari gambar diatas didapatkan pola distribusi tegangan baja. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, akan berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan baja. Tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan kolom yang berlubang.

3. Regangan

a. Regangan Beton

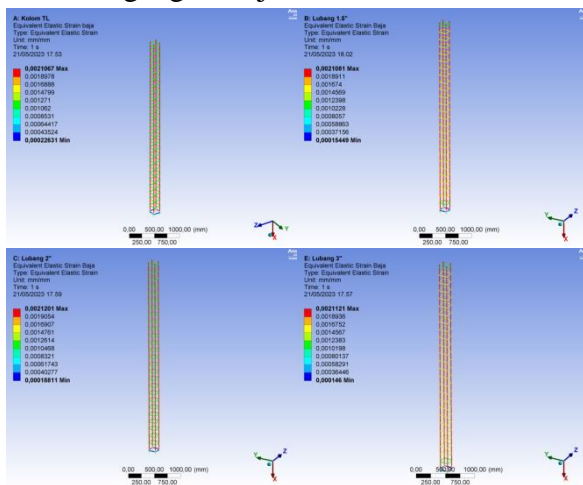




Gambar 9. Regangan beton

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa regangan beton terjadi pada tumpuan kolom yang ditunjukkan dengan kontur berwarna merah, kontur berwarna merah menunjukkan tempat terjadinya regangan beton maksimum pada kolom tersebut. Setelah dilakukan section plane pada kolom di bagian tumpuan tempat terjadinya regangan beton maksimal, didapatkan pola distribusi regangan beton. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, berpengaruh terhadap pola distribusi regangan beton, regangan beton maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan kolom yang berlubang.

b. Regangan Baja



Gambar 10. Regangan Baja

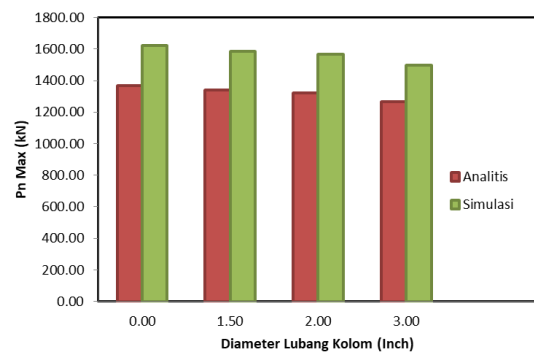
Dari gambar di atas dapat dilihat kontur berwarna merah menunjukkan tempat terjadinya regangan baja maksimum. Dari gambar di atas menunjukkan dengan adanya lubang pada kolom, akan berpengaruh terhadap pola distribusi regangan baja, regangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan regangan kolom yang berlubang.

4. Perbandingan Kapasitas Aksial Kolom Secara Simulasi dan Analitis

Untuk hasil perhitungan kapasitas aksial pada masing-masing kolom secara simulasi dan analitis dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 3. Kapasitas Aksial Kolom Secara Analitis dan Simulasi

Diameter Lubang Kolom (Inch)	Pn Analitis (kN)	Pn Simulasi (kN)	Persentase Error
0	1370.37	1624.30	15.63%
1.5	1339.62	1587.40	15.61%
2	1322.33	1568.80	15.71%
3	1264.66	1498.80	15.62%



Gambar 11. Diagram perbandingan hasil kapasitas kolom secara analitis dan simulasi

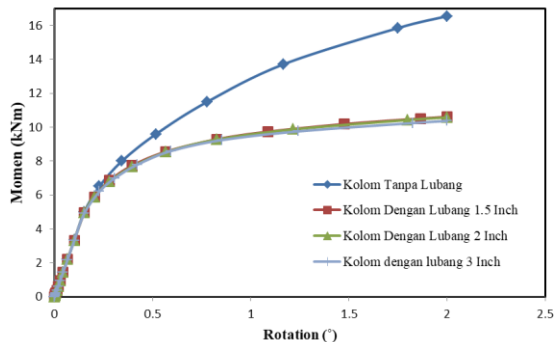
Dari diagram di atas dapat dilihat adanya perbedaan hasil kapasitas aksial kolom yang dihitung menggunakan perhitungan secara analitis dan hasil simulasi menggunakan software ANSYS. Perbedaan ini disebabkan karena adanya kemungkinan error. Perbedaan hasil persentase error setiap kolom berbeda-beda, mulai dari 15.63% untuk kolom

tanpa lubang, 15.61% untuk kolom dengan lubang 1.5", 15.71% untuk kolom dengan lubang 2", dan 15.62% untuk kolom dengan lubang 3". Hasil kapasitas aksial secara simulasi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan kapasitas aksial secara analisis.

### Beban Eksentris (Kapasitas penampang pada kondisi momen murni)

#### 1. Momen Kolom

Momen yang terjadi pada kolom dengan variasi lubang yang berbeda-beda dapat dilihat pada grafik berikut:

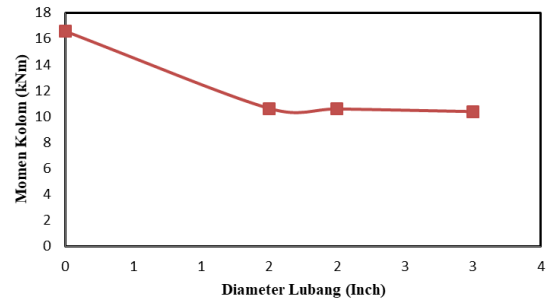


Gambar 12. Hasil Pengujian Momen Kolom Tanpa dan Dengan Lubang Bervariasi Terhadap Rotasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai momen maksimal dari kolom yang di dapatkan dari simulasi software ANSYS dengan variasi kolom tanpa lubang, kolom dengan lubang 1.5" (2.89%), kolom dengan lubang 2" (4.52%), kolom dengan lubang 3" (9.95%), berturut turut adalah sebesar 16.56 kNm, 10.62 kNm, 10.58 kNm, dan 10.22 kNm.

Tabel 4. Rekapitulasi momen kolom

No	Diameter Lubang Kolom (Inch)	Simulasi (kNm)	Penurunan Momen Kolom (%)
1	0	16.56	0.00%
2	1.5	10.62	35.89%
3	2	10.58	36.11%
4	3	10.38	37.34%

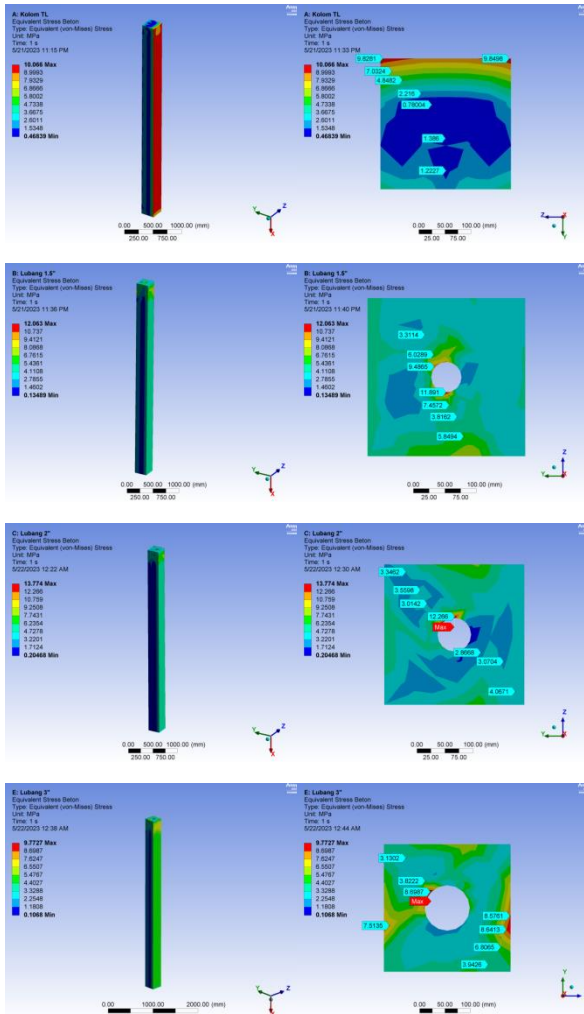


Gambar 13. Grafik penurunan momen kolom

Dari diagram di atas menunjukkan adanya penurunan momen kolom setiap penambahan diameter lubang. Momen kolom normal persegi dengan ukuran 250 x 250 x 4000 (mm) tanpa lubang, menjadi pembandingan terhadap momen kolom untuk masing-masing variasi luas lubang 1.5", 2", dan 3" terhadap luas penampang kolom. Pada saat penambahan lubang sebesar 1.5" dari luas permukaan, momen kolom menurun sebesar 5.94 kNm (35.89%) terhadap momen kolom normal. Untuk kolom dengan penambahan lubang sebesar 2" terjadi penurunan momen kolom sebesar 5.98 kNm (36.11%). Untuk kolom dengan penambahan lubang sebesar 3" momen kolom mengalami penurunan sebesar 6.34 kNm (38.28%). Dari grafik diatas menunjukkan dengan adanya lubang pada kolom menyebabkan momen kolom mengalami penurunan. Penurunan momen kolom terbesar pada simulasi ini terjadi pada kolom dengan lubang sebesar 3" penurunan momen kolom sebesar 6.18 kNm (37.34%). Penuruna nilai momen untuk kolom berlubang cukup besar apabila di bandingkan dengan kolom tanpa lubang.

#### 2. Tegangan

##### a. Tegangan Beton

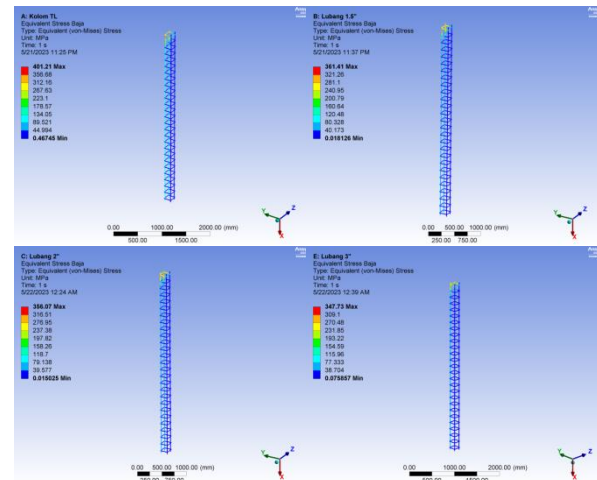


Gambar 14. Tegangan beton

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal pada kolom tanpa lubang terjadi pada bagian kolom yang mengalami tarik akibat dari kolom mendapat beban eksentris. Sedangkan untuk kolom dengan lubang tegangan maksimumnya berada area lubang kolom. Berdasarkan nilai tegangan pada keempat lubang kolom dianggap belum runtuh karena tegangannya belum melebihi 20 MPa. Setelah dilakukan section plane pada kolom di bagian atas kolom tempat pemberian beban eksentris kolom, didapatkan pola distribusi tegangan kolom. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan kolom, tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang

lebih kecil dibandingkan dengan kolom yang berlubang.

### b. Tegangan Baja

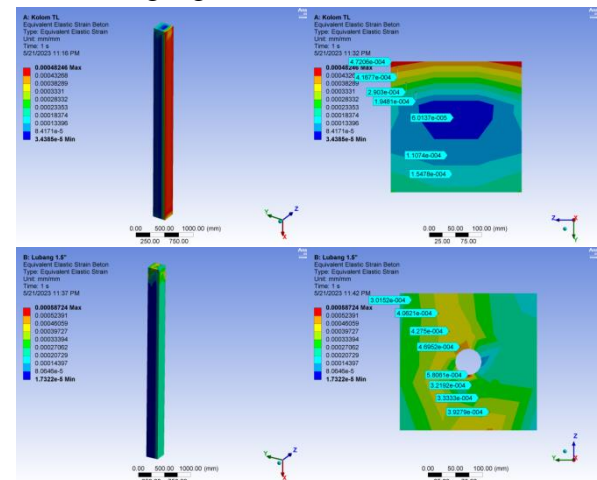


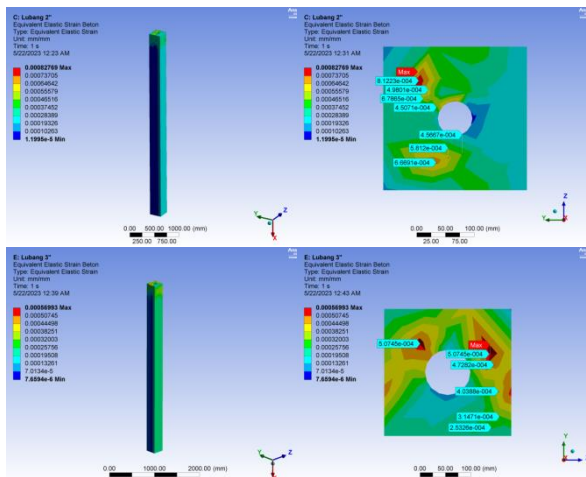
Gambar 15. Tegangan baja

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal baja terjadi pada bagian kolom yang mengalami tekan akibat dari kolom mendapat beban eksentris. Dilihat dari gambar diatas didapatkan pola distribusi tegangan baja. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, akan berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan baja, tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang berlubang, yang di akibatkan oleh adanya beban eksentris.

### 3. Regangan

#### a. Regangan Beton

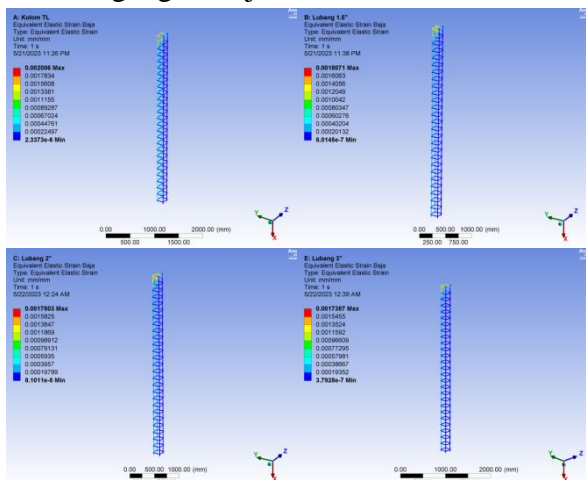




Gambar 16. Regangan beton

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal pada kolom tanpa lubang terjadi pada bagian kolom yang mengalami tarik akibat dari kolom mendapat beban eksentris. Sedangkan untuk kolom dengan lubang tegangan maksimumnya berada pada area lubang kolom. Setelah dilakukan *section plane* pada kolom di bagian atas kolom tempat pemberian beban eksentris kolom, didapatkan pola distribusi tegangan kolom. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, berpengaruh terhadap pola distribusi regangan kolom. Regangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan kolom yang berlubang.

b. Regangan Baja

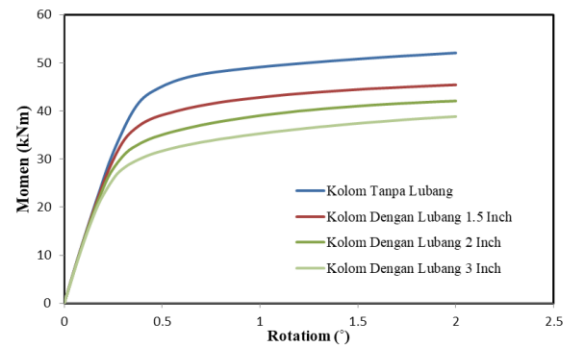


Gambar 17. Regangan baja

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa regangan maksimal baja terjadi pada bagian kolom yang mengalami tekan akibat dari kolom mendapat beban eksentris. Dilihat dari gambar diatas didapatkan pola distribusi regangan baja. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, akan berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan baja, tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang berlubang, yang di akibatkan oleh adanya beban eksentris.

**Beban Eksentris (Kapasitas penampang pada kondisi seimbang)**

1. Momen Kolom

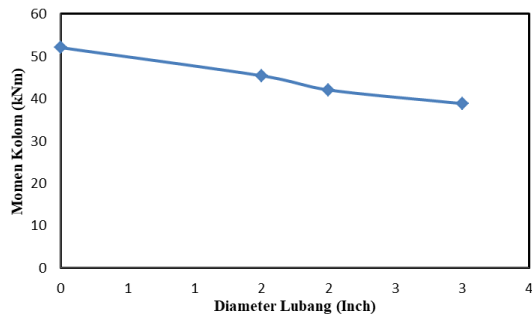


Gambar 18. Hasil pengujian momen kolom tanpa dan dengan lubang bervariasi terhadap rotation

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai momen maksimal dari kolom yang di dapatkan dari simulasi software ANSYS dengan variasi kolom tanpa lubang, kolom dengan lubang 1.5”, kolom dengan lubang 2”, kolom dengan lubang 3”, berturut turut adalah sebesar 52.06 kNm, 45.43 kNm, 42.07 kNm, dan 38.84 kNm.

Tabel 5. Rekapitulasi momen kolom

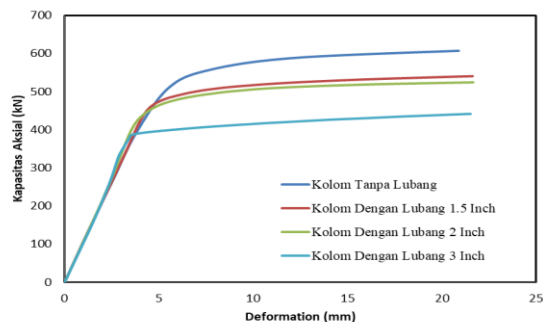
No	Diameter Lubang Kolom (Inch)	Momen Simulasi (kNm)	Penurunan Momen Kolom (%)
1	0	52.06	0.00%
2	1.5	45.43	12.74%
3	2	42.07	19.18%
4	3	38.84	25.39%



Gambar 19. Grafik penurunan momen kolom

Dari diagram di atas menunjukkan adanya penurunan momen kolom setiap penambahan diameter lubang. Momen kolom normal persegi dengan ukuran 250 x 250 x 4000 (mm) tanpa lubang, menjadi pembandingan terhadap momen kolom untuk masing-masing variasi luas lubang 1.5", 2", dan 3" terhadap luas penampang kolom. Pada saat penambahan lubang sebesar 1.5" dari luas permukaan, momen kolom menurun sebesar 6.63 kNm (12.74%) terhadap momen kolom normal. Untuk kolom dengan penambahan lubang sebesar 2" terjadi penurunan momen kolom sebesar 9.99 kNm (19.18%). Untuk kolom dengan penambahan lubang sebesar 3" momen kolom mengalami penurunan sebesar 13.22 kNm (25.39%). Penurunan momen kolom terbesar pada simulasi ini terjadi pada kolom dengan lubang sebesar 3" penurunan momen kolom sebesar 613.22 kNm (25.39%).

## 2. Kapasitas Aksial kolom

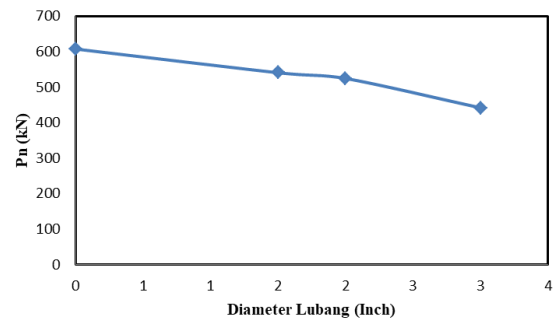


Gambar 20. Hasil Pengujian Kapasitas aksial kolom tanpa dan dengan lubang bervariasi terhadap deformation

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai kapasitas aksial maksimal dari kolom yang di dapatkan dari simulasi software ANSYS dengan variasi kolom tanpa lubang, kolom dengan lubang 1.5", kolom dengan lubang 2", kolom dengan lubang 3", berturut turut adalah sebesar 607.18 kN, 540.50 kN, 524.30 kN, dan 441.62 kN.

Tabel 6. Rekapitulasi kapasitas aksial kolom

No	Diameter Lubang Kolom (Inch)	Kapasitas Aksial Simulasi (kN)	Penurunan Kapasitas Aksial (%)
1	0	607.18	0.00%
2	1.5	540.50	10.98%
3	2	524.30	13.65%
4	3	441.62	27.27%



Gambar 21. Grafik penurunan kapasitas aksial kolom

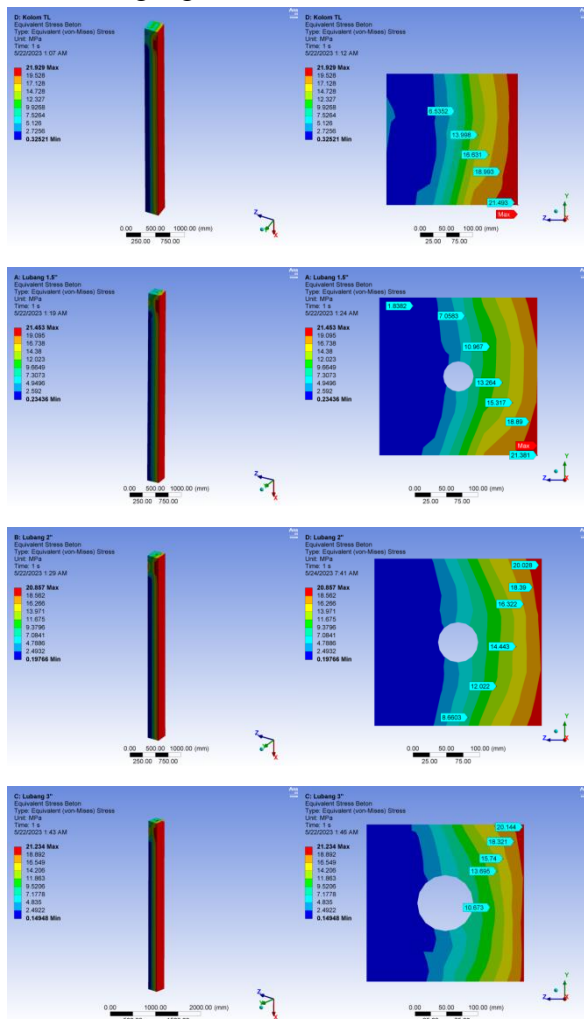
Dari diagram di atas menunjukkan adanya penurunan kapasitas aksial kolom setiap penambahan diameter lubang. Kapasitas beban aksial kolom normal persegi dengan ukuran 250 x 250 x 4000 (mm) tanpa lubang, menjadi pembandingan terhadap kapasitas beban aksial kolom untuk masing-masing variasi luas lubang 1.5", 2", dan 3" terhadap luas penampang kolom. Pada saat penambahan lubang sebesar 1.5" dari luas permukaan kolom kapasitas aksialnya menurun sebesar 66.68 kN (10.98%) terhadap kapasitas kolom normal. Untuk kolom dengan penambahan lubang sebesar 2" terjadi penurunan



kapasitas aksial sebesar 82.88 kN (13.65 %). Untuk kolom dengan penambahan lubang sebesar 3” kapasitas aksial kolom mengalami penurunan sebesar 165.56 kN (27.27%). Penurunan kapasitas aksial kolom terbesar pada simulasi ini terjadi pada kolom dengan lubang sebesar 3”, penurunan kapasitas aksial sebesar 165.56 kN (27.27%).

### 3. Tegangan

#### a. Tegangan Beton

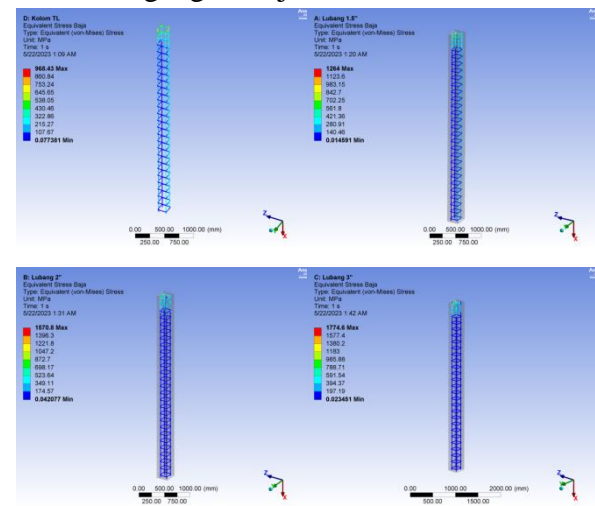


Gambar 22. Tegangan beton

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal terjadi pada bagian kolom yang mengalami tarik, yang ditunjukkan dengan kontur berwarna merah, kontur dengan warna merah menunjukkan sudah terjadinya tegangan maksimum pada kolom tersebut.

Berdasarkan nilai tegangan yang telah didapatkan dari hasil simulasi, kolom sudah di anggap runtuh karena tegangannya melebihi dari 20 MPa. Setelah dilakukan *section plane* pada kolom tempat terjadinya tegangan maksimal kolom, didapatkan pola distribusi tegangan kolom. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan kolom. Tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih besar dibandingkan dengan kolom dengan lubang.

#### b. Tegangan Baja

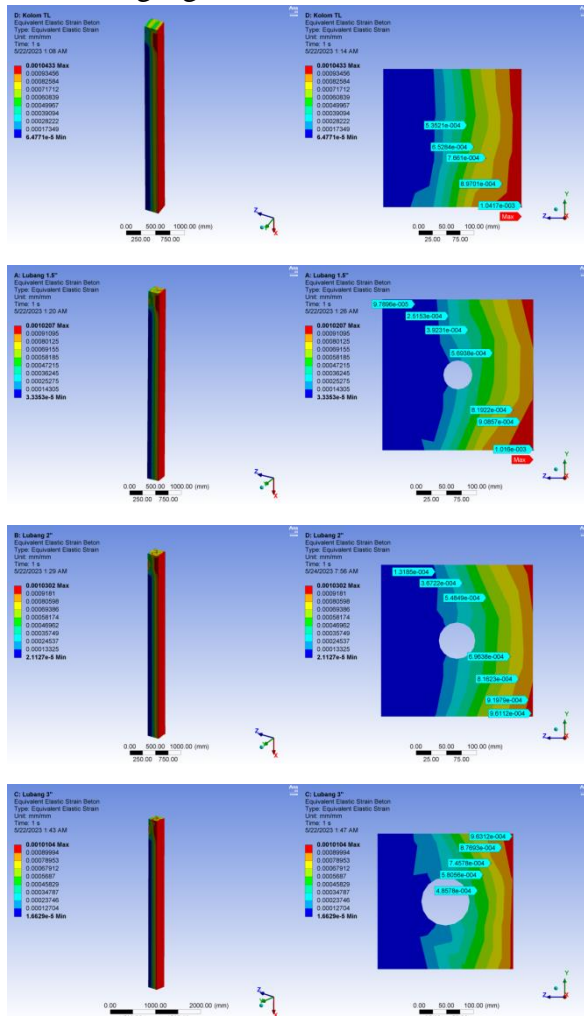


Gambar 23. Tegangan baja

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tegangan baja sudah mengalami tegangan maksimum. Berdasarkan nilai tegangan yang telah didapatkan dari hasil simulasi, baja sudah di anggap runtuh karena tegangannya melebihi dari 400 MPa. Dilihat dari gambar diatas didapatkan pola distribusi tegangan baja. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, akan berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan baja. Tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan kolom yang berlubang.

### 4. Regangan

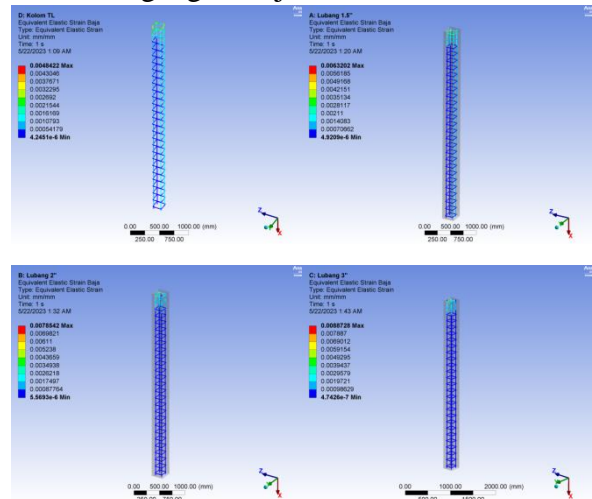
### a. Regangan Beton



Gambar 24. Regangan beton

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa regangan maksimal pada kolom terjadi pada bagian kolom yang mengalami tarik akibat dari kolom mendapat beban eksentris. Sedangkan untuk kolom dengan lubang regangan maksimumnya berada pada area lubang kolom. Setelah dilakukan *section plane* pada kolom di bagian atas kolom tempat pemberian beban eksentris kolom, didapatkan pola distribusi tegangan kolom. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, berpengaruh terhadap pola distribusi regangan kolom.

### b. Regangan Baja



Gambar 25. Regangan baja

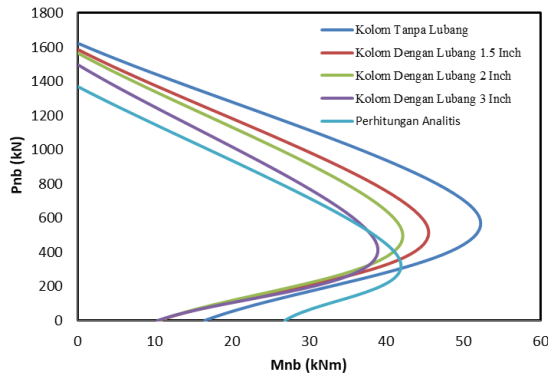
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa regangan maksimal baja terjadi pada bagian kolom yang mengalami tekan akibat dari kolom mendapat beban eksentris. Dilihat dari gambar di atas didapatkan pola distribusi regangan baja. Dari gambar di atas dengan adanya lubang pada kolom, akan berpengaruh terhadap pola distribusi tegangan baja. Tegangan maksimal pada saat kolom tanpa lubang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang berlubang, yang di akibatkan oleh adanya beban eksentris.

### Hasil Perbandingan Diagram Interaksi P-M Kolom Simulasi Dengan Perhitungan Analitis

Dari hasil perhitungan secara analitis, didapatkan bahwa kolom dengan penampang 250 x 250 mm ini dihitung dalam 3 kondisi yaitu, keadaan kapasitas aksial murni, keadaan momen murni dan keadaan balance, sehingga dengan menggunakan rumus analitis didapatkan nilai analitis seperti di tabel di bawah ini. Dimana perbedaan hasil antara perhitungan analitis dan simulasi dapat dilihat pada tabel berikut untuk masing-masing variasi lubang kolom.

Tabel 7. Tabel rekapitulasi nilai

	ANALITIS		Pemodelan							
			Tanpa Lubang		Lubang 1.5"		Lubang 2"		Lubang 3"	
	Kapasitas Aksial (kN)	Momen (kNm)	Kapasitas Aksial (kN)	Momen (kNm)	Kapasitas Aksial (kN)	Momen (kNm)	Kapasitas Aksial (kN)	Momen (kNm)	Kapasitas Aksial (kN)	Momen (kNm)
Pn	1370.37	0	1624.3	0	1587.4	0	1566.9	0	1498.8	0
(Pnb, Mnb)	403.16	41.06	607.18	52.06	540.5	45.43	524.3	42.072	441.62	38.843
Mn	0	26.87	0	16.56	0	10.62	0	10.579	0	10.376



Gambar 26. Diagram interaksi P-M kolom

Diagram di atas adalah hasil permodelan dan perhitungan kolom secara analitis. Mb pada grafik di atas merupakan nilai momen kolom pada keadaan balance atau seimbang. Pada perhitungan dengan eksentris 102 mm nilai Pn kolom sebesar 402.16 kN dengan nilai momen sebesar 41.06 kNm. Hasil perhitungan untuk permodelan dan analitis dapat dilihat pada Tabel 4.9. di atas. Adanya perbedaan nilai kapasitas aksial dan momen kolom di pengaruhi oleh diameter lubang kolom pada kolom. Dimana semakin besar diameter lubang didapatkan nilai kapasitas aksial dan momen kolom dalam keadaan balance akan semakin kecil juga.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan menggunakan software ANSYS menunjukkan semakin besar lubang pada kolom maka semakin berkurang kapasitas aksial kolom tersebut dalam menahan beban. Hasil pemodelan kolom dengan variasi lubang 1.5", lubang 2", dan lubang 3",

didapatkan persentase nilai penurunan kapasitas aksial berturut turut adalah sebesar 2.27%, 3.42 %, dan 7.73%..

2. Dari pemodelan juga menunjukkan semakin besar lubang pada kolom maka akan berpengaruh pada momen dari kolom tersebut. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan menggunakan software ANSYS dengan variasi lubang 1.5", lubang 2", dan lubang 3", didapatkan persentase penurunan nilai momen kolom berturut turut adalah sebesar 35.89%, 36.11%, dan 37.34%.
  3. Berdasarkan tiga kondisi yang dimodelkan untuk kolom berlubang dan tidak berlubang, menunjukkan dengan adanya lubang pada kolom berpengaruh terhadap perubahan tegangan dan regangan maksimal kolom. Hasil distribusi tegangan dan regangan kolom yang dibebani menggunakan beban sentris dan beban eksentris menunjukkan pola distribusi tegangan dan regangan kolom akan berubah apabila terdapat lubang di dalam kolom.
- Saran**
1. Pengujian dengan menggunakan pemodelan harus divalidasi untuk memastikan akurasi dari perangkat yang digunakan.
  2. Pemodelan harus dilakukan dengan menggunakan perangkat yang mendukung penggunaan software yang digunakan untuk mensimulasi.
  3. Bisa di lakukan penelitian lanjutan dengan penempatan lubang yang berbeda pada kolom.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. (2019). Experimental Study and Finite Element Modelling of Reinforced Concrete Column Having An Opening.

- Industrial Engineering Letters*, 9(1), 19–24. <https://doi.org/10.7176/iel/9-1-03>
- Ali Asroni. (2010). Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang. In *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional (SNI)*, 1–265.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2019). SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Standar Nasional Indonesia*, 8, 720.
- Batubara, S., & Manik, D. (2018). Pengaruh Lubang Pada Kolom Akibat Gaya Aksial Tekan. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v1i1.202>
- Dipohusodo, I. (1999). Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Insani, S. N., Tjaronge, W., & Tanijaya., J. (n.d.). Pengaruh Jarak Sengkang dengan Variasi Kuat Tekan pada Kolom.
- Kassim, M. M., & Ahmad, S. A. (2018). Strength Evaluation of Concrete Columns with Cross-Sectional Holes. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 23(4), 1–8. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000391](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000391)
- Laris Parningotan Situmorang, H. Manalip, B. D. H. (2017). Pengaruh Variasi Luas Pipa Pada Elemen Kolom Beton Bertulang Terhadap Kuat Tekan. *TEKNO Vol.15/No.67/April 2017*, 15(67).
- Nugraha, P., & Antoni (2007). Teknologi Beton. Yogyakarta: ANDI.
- Nuryanti, P., Sulityo, D., & Suhendro, B. (2018). Non-Linear Analysis of Hollow Reinforced Concrete Column Quare Cross-Section With Various Load Eccentricity and Concrete Strength. *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*, 5(1), 33. <https://doi.org/10.26418/lantang.v5i1.24083>
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013. In *Badan Standarisasi Nasional*.
- Schodek, D. L. (1991). *ISTRUKTUR 7*.
- Sudarmoko, 1996. Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Sugianto, A., Indriani, A. M., & Husein, I. (2015). Pengaruh Luas Lubang Pipa Pada Kolom Pendek Dengan Variasi Diameter Lubang Pipa 1½”, 2”, 2½” Dan 3”. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 3(2), 75–80. <https://doi.org/10.32487/jtt.v3i2.83>
- Thomas, H. U., & Tarigan, J. (2019). Analisis Perbandingan Tegangan Baut Sambungan Balok Kolom Antara Metode Manual Dengan Metode Numerik (Ansys). *Jurnal Teknik Sipil Usu*, 8(1).