

## KEKUATAN DAN LENDUTAN ELASTIS KOLOM SEMI PRACETAK AKIBAT BEBAN AKSIAL EKSENTRIK

Hafiz Mukhlisin<sup>1)</sup>, Ismediyanto<sup>2)</sup>, Zulfikar Djauhari<sup>2)</sup>

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

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

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : [hafizmukhlisin@yahoo.co.id](mailto:hafizmukhlisin@yahoo.co.id)

### *Abstract*

*This paper present a numerical simulation of four combine of normal-strenght and light-strenght concrete tied column. In this specimens, normal strength used as core concrete and light- strength used as shell concrete. The columns, with normal compressive strength is 23 MPa, and light strength concrete is 10 MPa. The columns had rectangular cross section with total dimension is 290×290 mm and the dimension of core concrete is 230×230 mm. The columns were subjected to axial and longitudinal loads, with various eccentricity (50 mm, 100 mm, 150 mm, and 200 mm). The columns analyzed with Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2. From the software the result are the elastic load-mide displacement and crack pattern. The analysis showed that the same eccentricity, the maximum axial load of 2.99 column is smaller than the theoretical concrete columns. While the maximum moment concrete column 2.55 less than the theoretical concrete columns. The column stiffness 0.29 kN/m. By using CAE Abaqus Student Edition Software 6.14-2 obtained deflection value of the total of 0.07 m on the eccentricity of 200 mm . And the smallest deflection of 0,031 m on the eccentricity of 50 mm.*

*Keyword: Hybrid concrete compression, eccentricity axial load, Abaqus CAE Student Edition 6.14-2.*

### **A. PENDAHULUAN**

Dalam perencanaan dunia teknik sipil khususnya pada perencanaan gedung, perencanaan kolom merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan. Hal ini disebabkan kolom memikul dua komponen yaitu beban dari balok dan pelat. Beban dari balok dan pelat akan disalurkan dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga sampai ke tanah melalui fundasi.

Struktur pracetak mengalami perkembangan yang sangat pesat. Sistem ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan struktur dengan sistem konvensional. Pada struktur pracetak dapat dilakukan kontrol kualitas yang baik sehingga terjamin kualitas struktur, lebih ekonomis karena adanya reduksi dalam penggunaan cetakan, perancah, maupun tenaga kerja dilapangan, lebih singkat dalam pelaksanaan pekerjaan dan juga lebih ramah lingkungan.

Untuk mendapatkan kekuatan kolom yang lebih kuat dan ekonomis, maka dilakukan penelitian dengan menggabungkan dua jenis beton yaitu *cast in situ* dan pracetak. Sehingga dibutuhkan kajian tentang kekuatan teoritis kolom, dan hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ), pola retak dan kegagalan kolom.

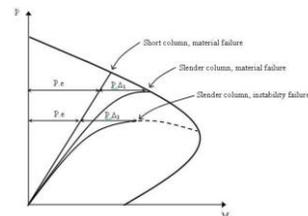
Pada penelitian ini, Analisis dilakukan dengan memanfaatkan *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan dalam menganalisis elemen-elemen struktur yang ada pada bangunan. Dengan menggunakan *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2* diharapkan memperoleh *output* yang tepat dan akurat berupa perilaku kekuatan dan pola keruntuhan kolom dengan beban aksial eksentris, supaya penelitian ini dapat melengkapi dari hasil penelitian sebelumnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan berikut dapat dirumuskan:

1. Perilaku lentur kolom semi pracetak akibat beban aksial eksentrik dengan menggunakan *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*.
2. Bagaimana hubungan beban-lendutan dan pola retak dan keruntuhan kolom semi pracetak dengan menggunakan *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*.
3. Bagaimana kekakuan yang terjadi pada kolom semi pracetak akibat beban aksial eksentris.

### A.1. Kolom Pendek

Kolom pendek didefinisikan sebagai kolom yang beban ultimitnya tidak direduksi oleh deformasi lentur, karena tambahan eksentrisitasnya. Maka momen maksimum sama dengan  $P.e$  pada lintasan P-M linier akhirnya material yang runtuh (*failure*) jika mencapai garis interaksi (Park dan Paulay, 1975).



Gambar 1. Diagram interaksi kolom pendek

(Sumber: Park dan Paulay, 1975)

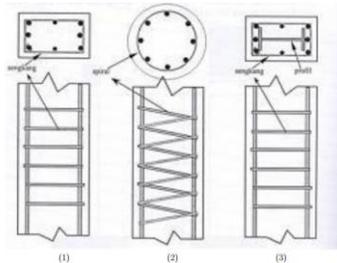
### A.2. Jenis Kolom Berdasarkan Bentuk Penampang

Berdasarkan bentuk penampangnya kolom dapat dibedakan menjadi:

1. Kolom empat persegi dengan tulangan longitudinal dan tulangan pengikat/sengkang. Bentuk penampang kolom bisa berupa bujur sangkar atau berupa empat persegi panjang. Kolom dengan bentuk empat persegi panjang ini merupakan bentuk yang paling sering digunakan, mengingat pembuatannya yang lebih mudah, perencanaannya yang relatif lebih sederhana serta penulangan longitudinal yang lebih efektif.
2. Kolom bulat dengan tulangan longitudinal dan tulangan pengikat

spiral atau tulangan pengikat lateral. Kolom ini mempunyai bentuk yang lebih bagus dibanding bentuk yang pertama di atas, namun pembuatannya lebih sulit dan penggunaan tulangan longitudinalnya kurang efektif.

3. Kolom komposit jenis kolom ini digunakan profil baja sebagai pemikul lentur pada kolom. Selain itu tulangan longitudinal dan tulangan pengikat juga ditambahkan bila perlu.



Gambar 2. Jenis kolom berdasarkan penampang  
(Sumber : Bastari,2010)

### A.3. Beban Aksial Eksentrik Kolom

Beban aksial eksentrik adalah beban aksial yang tidak bekerja melalui pusat penampang. Dalam beberapa bagian ditempatkan pada eksentrisitas yang semakin besar (sehingga menghasilkan momen yang besar) sampai akhirnya kolom menerima momen lentur sehingga beban aksial diabaikan seperti pada kasus berikut:

- a. Beban aksial besar dan momen diabaikan. Untuk kasus ini keruntuhan akan terjadi oleh hancurnya beton, dengan semua tulangan dalam kolom mencapai tegangan leleh dalam tekan.
- b. Beban aksial besar dan momen kecil sehingga seluruh penampang

tertekan. Jika suatu kolom menerima momen lentur kecil (yaitu jika eksentrisitas kecil) seluruh kolom akan tertekan tetapi tekanan di suatu sisi akan lebih besar dari sisi lainnya. Tegangan tekan maksimum dalam kolom sebesar  $0,85 f'_c$  dan keruntuhan akan terjadi oleh runtuhnya beton semua tulangan tertekan.

- c. Eksentrisitas lebih besar dari kasus sebelumnya sehingga tarik mulai terjadi pada satu sisi kolom. Jika eksentrisitas ditingkatkan, beban tarik akan mulai terjadi pada satu sisi kolom dan baja tulangan pada sisi tersebut akan menerima beban tarik yang lebih kecil dari tegangan leleh sedangkan pada sisi yang lain tulangan akan mendapat beban tekan. Keruntuhan akan terjadi karena haancurnya beton pada sisi yang tertekan.
- d. Kondisi beban berimbang, saat kita terus menambah esentrisitas, akan dicapai suatu kondisi di mana tulangan pada sisi tarik mencapai leleh dan pada saat bersamaan beton pada sisi lainnya mencapai tekanan maksimum  $0,85 f'_c$ . Situasi ini disebut kondisi berimbang.
- e. Momen besar, beban aksial relatif kecil. Jika eksentrisitas terus ditambah, keruntuhan terjadi akibat tulangan meleleh sebelum hancur nya beton.
- f. Momen lentur besar, pada kondisi ini,keruntuhan terjadi seperti halnya pada balok.

#### A.4 Beton Semi Pracetak

Beton semi pracetak merupakan metode penggabungan dari beton pracetak dan konvensional.

Adapun hal penting yang harus diperhatikan dalam menganalisis dan merencanakan beton semi pracetak ini yaitu:

1. Perencanaan elemen-elemen pracetak  
Elemen-elemen pracetak harus direncanakan terhadap kondisi-kondisi yang dialami mulai dari proses fabrikasi sampai pada saat kondisi beban layan, termasuk didalam pengangkutannya dari cetakan, penyimpanan, transportasi dan ereksi.
2. Perencanaan sambungan (*joint*) elemen-elemen pracetak  
Sifat natural dari elemen pracetak yang digabungkan menjadi kesatuan struktur, menyebabkan struktur beton pracetak tidak dapat mencapai kondisi monolit, seperti bila beton di cor di tempat. Untuk itu perlu diperhatikan pendetailan titik kumpul atau *joint* pada elemen-elemen ini sehingga mencapai kondisi sama seperti monolit (*monolithic emultion*).

#### A.5. Diagram Interaksi

Menurut Cormac (2014), jika beban aksial tekan bekerja pada kolom beton pendek, maka kolom mengalami regangan merata atau perpendekan.

Dengan berubahnya beban aksial kolom, maka momen yang dapat ditahan oleh kolom akan berubah.

Kolom umumnya runtuh baik tarik atau tekan. Diantara kedua keruntuhan tersebut dinamakan

kondisi beban seimbang. Definisi beban seimbang mempunyai regangan 0,003 pada sisi tertekan pada saat yang sama dengan tulangan tarik lainnya mempunyai regangan  $f_y/E_s$ . Pada kondisi seimbang regangan adalah -0,003 pada sisi tertekan kolom dan regangan sebesar  $f_y/E$  pada bagian tulangan tarik. Kolom yang menerima beban aksial dan lentur mempunyai susunan tulangan yang tidak simetris. Ketika hal ini terjadi eksentrisitas harus diperhitungkan secara benar dari pusat penampang.

Diagram interaksi sangat berguna untuk mempelajari kekuatan kolom dengan perbandingan momen yang bervariasi. Setiap kombinasi beban yang berada pada bagian dalam kurva berarti aman, sedangkan setiap kombinasi yang berada di luar kurva yang menyatakan keruntuhan.

#### A.6. Keruntuhan Kolom

##### A.6.1 Keruntuhan Seimbang

Kondisi keruntuhan seimbang tercapai apabila tulangan tarik mengalami regangan leleh pada saat itu beton mengalami regangan batasnya. Persamaan tinggi sumbu netral pada kondisi seimbang yaitu:

$$\frac{c_b}{d} = \frac{0,003}{0,003 + \left(\frac{f_y}{E_s}\right)} \quad (1)$$

##### A.6.2 Keruntuhan tarik

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Apabila  $e > e_b$ , maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang

diawali dengan lelehnya tulangan tarik.

Apabila tulangan tekan diasumsikan telah leleh maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut.

$$P_n = 0,85 f'_c b a \quad (2)$$

$$M_n = P e = 0,85 f'_c b a \left( \frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y (d - d') \quad (3)$$

### A.6.3 Keruntuhan Tekan

Jenis keruntuhan dapat ditentukan dengan membandingkan gaya aksial  $P_n$  dan gaya aksial pada kondisi seimbang maka jika  $P_n < P_{nb}$  terjadi keruntuhan tarik.

### A.7. Persyaratan keamanan untuk kolom

Peraturan ACI yang digunakan untuk kolom jauh lebih rendah dari yang digunakan untuk lentur dan geser (0,9 dan 0,85 secara berturut-turut) nilai  $\Phi = 0,70$  diisyaratkan untuk kolom sengang persegi dan 0,75 untuk kolom spiral. Nilai  $\Phi$  yang sedikit lebih tinggi diberikan untuk kolom spiral karena mempunyai kekokohan lebih besar.

### A.8. Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2

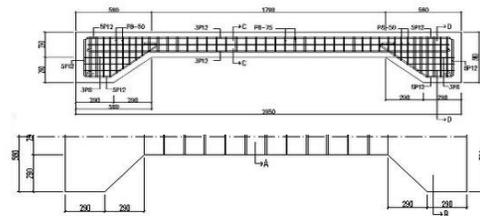
*Abaqus* adalah program simulasi rekayasa lentur yang kuat, didasarkan pada metode elemen hingga yang dapat memecahkan masalah mulai dari model material yang dapat mensimulasikan perilaku sebagian besar rekayasa.

## B. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai penjelasan mengenai data-data dan bagaimana secara keseluruhan penelitian ini dilakukan. Data-data mengenai permodelan kolom maupun pembebanan diberikan secara terperinci.

### B.1 Permodelan kolom

Permodelan dilakukan dengan memperhatikan tujuan dan batasan masalah dan dimodelkan pada *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*. Model kolom yang akan dianalisa dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 1.



Gambar 4. Permodelan kolom

Tabel 1. Rencana permodelan kolom

Variasi	Eksentrisitas (mm)	Dimensi kolom	Mutu tulangan ( $f_y$ ) (MPa)	Mutu beton ( $f'_c$ )	
				Cast in situ (MPa)	Pracetak (MPa)
1	50	290 × 290	368	23	10
2	100	290 × 290	368	23	10
3	150	290 × 290	368	23	10
4	200	290 × 290	368	23	10

Untuk mendapatkan grafik beban-lendutan untuk setiap variasi eksentrisitas beban secara numerik. Permodelan dilakukan dengan menggunakan dimensi penampang 290 × 290 mm, mutu beton 10 MPa untuk beton pracetak dan beton 23 MPa untuk beton *cast in situ*, diameter

tulangan longitudinal 12 mm, dan tulangan sengkang 8 mm.

### B.2. Parameter material beton

Material kolom direncanakan berdasarkan tujuan dan batasan masalah dan memasukkan material pada *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*. Adapun parameter material yang di *input* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter material beton

ksentrisitas (mm)	Density	Modulus elasticity (MPa)	Poisson ratio	Max principal stress		Mutu beton ( $f_c'$ )	
				Cast in situ (MPa)	Pra cetak (MPa)	Cast in situ (MPa)	Pracetak (MPa)
				<b>50</b>	2400	22396,37	0,2
<b>100</b>	2400	22396,37	0,2	3,4	1,5	23	10
<b>150</b>	2400	22396,37	0,2	3,4	1,5	23	10
<b>200</b>	2400	22396,37	0,2	3,4	1,5	23	10

### B.3. Parameter material baja

Permodelan di rencanakan dengan memasukkan material baja ke dalam *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*. Parameter yang dimasukkan dapat dilihat pada Tabel 3.

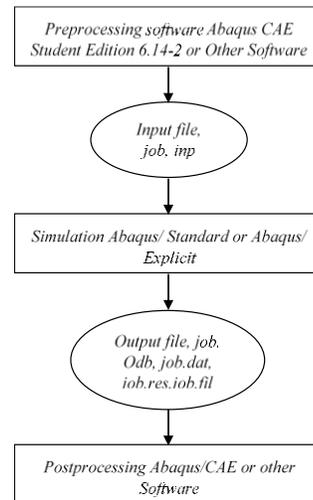
Tabel 4. Parameter material baja

Eksentrisitas (mm)	Density	Modulus elasticity (MPa)	Poisson ratio	Diameter tulangan	
				Sengkang (mm)	longitudinal (mm)
<b>50</b>	7850	200000	0,3	8	12
<b>100</b>	7850	200000	0,3	8	12
<b>150</b>	7850	200000	0,3	8	12
<b>200</b>	7850	200000	0,3	8	12

### B.4. Permodelan menggunakan *software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*.

Metode elemen hingga digunakan untuk menghitung besarnya kekuatan lentur yang terjadi pada suatu kolom semi pracetak dengan memberikan beban aksial dan memvariasikan eksentrisitas pada

kolom semi pracetak. Metode elemen hingga *nonlinier* tersebut diaplikasikan kedalam *Abaqus Student Edition 6.14-2* dan di *running* untuk mendapatkan nilai kekuatan lentur, beban-lendutan serta pola retak dan keruntuhan kolom.

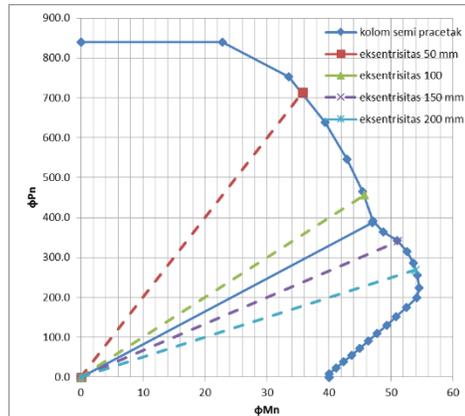


Gambar 5. Diagram alir proses *running*

## C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### C.1. Diagram interaksi P-M teoritis

Bagian ini menyajikan analisis kurva Pn-Mn analisis menggunakan persamaan yang ada pada Bab III. Selanjutnya hasil analisis teoritis nya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram interaksi kolom

### C.2. Kekuatan teoritis kolom

Hasil dari gambar diagram interaksi, selanjutnya dimasukkan ke dalam Tabel. Dan hasilnya dapat dilihat Tabel 5.

Tabel 5. Kekuatan teoritis kolom

Variasi	$f'_c$ (MPa)	$f_y$ (MPa)	Eksentrisitas (mm)	$P_{nominal}$ (kN)	$M_{nominal}$ (kN.m)
C-50	23	368	50	713,2	35,7
C-100	23	368	100	456,2	45,7
C-150	23	368	150	340,5	51,1
C-200	23	368	200	269,3	54

### C.3 Hasil analisis dengan menggunakan Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2.

Hasil analisis kolom semi pracetak dengan variasi eksentrisitas sehingga diperoleh kurva hubungan beban-lendutan seperti yang dijelaskan pada subbab berikut.

#### C.3.1 Evaluasi Retak pada kolom semi pracetak

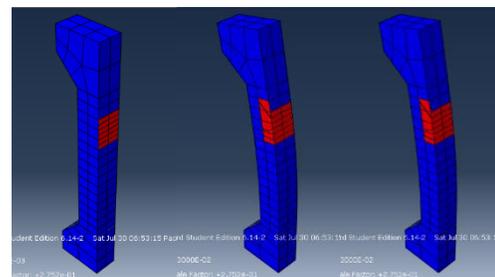
Hasil analisa Hasil analisa Abaqus CAE Student Edition 6.14-2

untuk retak awal struktur pada kolom dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Beban retak awal, spalling dan retak maksimum

Variasi kolom semi pracetak	Eksentrisitas	Beban (kN)		
		Retak awal	Spalling	Beban maksimum
C-50	50	4,867	273,872	284,545
C-100	100	3,91	243,301	243,301
C-150	150	5,34	153,705	191,711
C-200	200	10,42	162,458	162,458

Tabel 6 mengindikasikan bahwa baik keruntuhan tekan maupun keruntuhan tarik awalnya terjadi kurang dari 5% beban aksial *spalling*. Pada keruntuhan tekan, retak *spalling* lebih dari 95% beban aksial maksimum, dan kolom yang mengalami keruntuhan tarik retak *spalling* terjadi lebih dari 95% beban aksial maksimum, dan kolom yang mengalami keruntuhan keruntuhan tarik, retak *spalling* kurang dari 85% beban aksial maksimum.



a. Retak awal b. *spalling* c. Retak maksimum

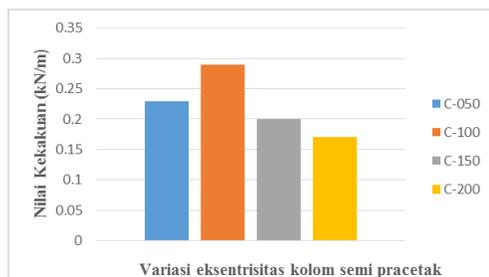
Gambar 7. Retak pertama, Retak *spalling*, dan Retak pada beban maksimum kolom eksentrisitas 50 mm menggunakan Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2.

### C.3.2 Kekakuan kolom

Kekakuan kolom dihitung dengan menggunakan variabel beban aksial, modulus elastisitas, dan momen inersia mengikuti rumus (Chen.W.F, 1987). Hasil kekakuan kolom dapat dilihat Tabel 7.

Tabel 7. Nilai kekakuan kolom

Model kolom semi pracetak	eccentricity	Pmaks (kN)	Lendutan (m)	Kekakuan (kN/m)
C-050	50 mm	279,1	0,08	0,23
C-100	100 mm	227,54	0,14	0,29
C-150	150 mm	197,7	0,21	0,2
C-200	200 mm	162,5	0,27	0,17



Gambar 8. Grafik kekakuan kolom

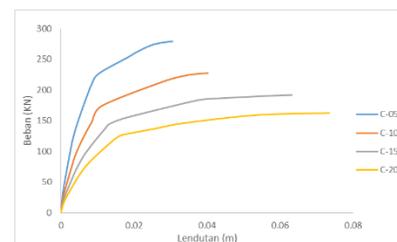
### C.3.3 Grafik Beban-Lendutan

Kolom yang dianalisis pada penelitian ini merupakan jenis kolom pendek yang di running dengan menggunakan *Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*, berdasarkan hasil analisis diperoleh grafik yang ditampilkan pada gambar.

Tabel 8. Hasil analisa Beban-Lendutan

Model kolom semi pracetak	Eccentricity	Pmaks (KN)	Lendutan (m)	$\Delta_{maks}$ (m)
C-050	50 mm	279,097	0,031	0,0806
C-100	100 mm	227,535	0,04	0,1436
C-150	150 mm	197,711	0,063	0,213
C-200	200 mm	162,458	0,07	0,27

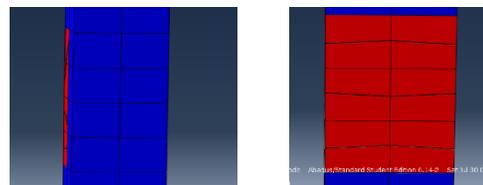
Pada tabel 8 menjelaskan bahwa hasil peningkatan nilai lendutan eksentrisitas 50 mm, 100 mm, 150 mm, dan 200 mm, dengan peningkatan masing-masing 29,03%, 103,22%, 125,81%, terhadap beton dengan eksentrisitas 50 mm.



Gambar 9. Grafik Beban aksial-lendutan

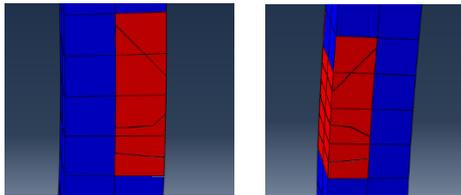
### C.4.Pola keruntuhan

Pola keruntuhan pada kolom terjadi pada arah transversal yang mengikuti arah tulangan sengkang yang berupa tulangan tarik. Sedangkan daerah tekan juga mengalami retak yang searah tulangan sengkang pada saat mencapai beban maksimum kolom yang mengalami keruntuhan.



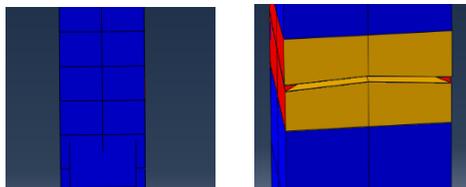
a. Tampak depan

b. Tampak belakang

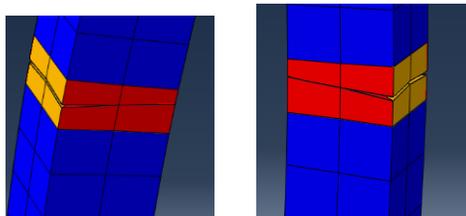


c. Tampak samping kiri d. Tampak samping kanan

Gambar 10 Pola keruntuhan retak eksentrisitas 50 mm menggunakan *Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*



a. Tampak depan b. Tampak belakang

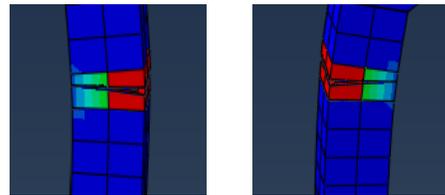


c. Tampak kiri d. Tampak kanan

Gambar 11 Pola keruntuhan retak eksentrisitas 50 mm menggunakan *Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*

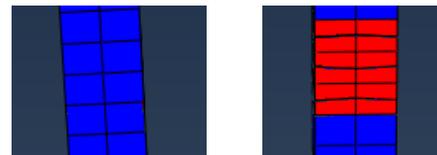


a. Tampak depan b. Tampak belakang

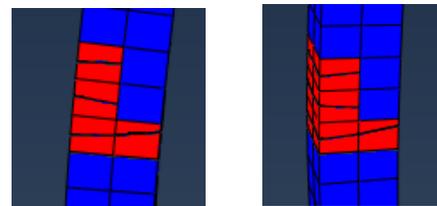


c. Tampak samping kiri d. Tampak samping kanan

Gambar 12. Pola keruntuhan retak eksentrisitas 150 mm menggunakan *Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*



a. Tampak depan b. Tampak belakang

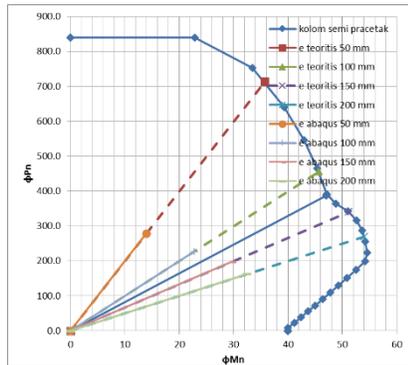


c. Tampak samping kiri d. Tampak samping kanan

Gambar 13 Pola keruntuhan retak eksentrisitas 50 mm menggunakan *Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*.

### C.5. Perbandingan Beban dan momen teoritis dengan *Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*

Hasil analisa beban dan momen dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram interaksi P-M hasil teoritis dan hasil Software Abaqus CAE Student Edition 6.14-2

Tabel 9. Perbandingan beban maksimum teoritis-beban maksimum Abaqus

Variasi kolom	Eksentrisitas (mm)	Beban Maksimum teoritis	Beban maksimum Abaqus	Rasio teoritis-Abaqus
C-050	50	713,2	279,1	2,99
C-100	100	456,2	227,5	2,29
C-150	150	340,5	197,7	1,78
C-200	200	269,3	162,5	1,26

Tabel 10. Perbandingan momen maksimum teoritis-beban maksimum Abaqus

Variasi kolom	Eksentrisitas (mm)	Momen Maksimum teoritis	Momen maksimum Abaqus	Rasio teoritis-Abaqus
C-050	50	35,7	13,95	2,55
C-100	100	45,7	22,75	2,00
C-150	150	51,1	29,66	1,72
C-200	200	54	32,49	1,66

#### D. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Hasil analisis *Abaqus CAE Student Edition 6.14-2* memberikan kesimpulan sebagai berikut.

- a. Hasil analisis dengan memvariasikan eksentrisitas beban memperoleh lendutan yang terbesar pada eksentrisitas 200 mm dengan nilai lendutan sebesar 0,07 m.
- b. Peningkatan eksentrisitas beban pada kolom menyebabkan meningkatnya lendutan pada kolom. Sementara untuk beban aksialnya tersendiri mengalami penurunan. Secara mekanik semakin meningkatnya eksentrisitas semakin meningkatnya lendutan yang terjadi pada kolom. Peningkatan nilai lendutan dengan eksentrisitas 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, dengan peningkatan masing-masing 29,03%, 103,22%, 125,81% terhadap beton dengan eksentrisitas 50 mm.
- c. Peningkatan nilai eksentrisitas beban kolom menyebabkan nilai kekakuan mengalami penurunan. Secara mekanik, semakin besar eksentrisitas beban yang diberikan pada kolom semakin kecil kekakuan yang terjadi pada kolom.
- d. Peningkatan nilai eksentrisitas beban kolom menyebabkan nilai kekakuan mengalami penurunan. Secara mekanik, semakin besar eksentrisitas beban yang diberikan pada kolom semakin kecil kekakuan yang terjadi pada kolom.

- e. Pola retak yang terjadi pada kolom mengalami perpanjangan lebar retak seiring dengan peningkatan eksentrisitas beban dan menambahkan retak baru pada kolom.
2. Perbandingan beban aksial dan lendutan antara hasil analisis teoritis dan menggunakan *Abaqus CAE Student Edition 6.14-2* dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut.
    - a. Perbandingan beban aksial maksimum teoritis dengan menggunakan *Abaqus CAE Student Edition 6.14-2* dengan eksentrisitas 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, memiliki rasio sebesar 2,99; 2,29; 1,78; 1,26.
    - b. Perbandingan lendutan dengan hasil analisis teoritis dan menggunakan *Abaqus CAE Student Edition 6.14-2* dengan eksentrisitas 50 mm, 100 mm, 150 mm, dan 200 mm, memiliki rasio sebesar 0,77; 1,325; 1,265; dan 1,514.

#### E. SARAN

*Abaqus CAE Student Edition 6.14-2* dapat diandalkan sebagai alat bantu untuk menghitung nilai beban-lendutan pada kolom semi pracetak, karena cukup mudah digunakan dan hasil yang diperoleh cukup akurat. Dengan demikian penelitian ini dapat dikembangkan untuk gaya dalam lainnya pada struktur/komponen struktur menggunakan *Abaqus CAE Student Edition 6.14-2*. *Abaqus CAE*

*Student Edition 6.14-2* dapat digunakan sebagai alternatif dalam mengerjakan pekerjaan suatu proyek disamping menggunakan perhitungan secara manual.

#### F. DAFTAR PUSTAKA

- Chen.W.F, & L. (1987). *struktural stability*. Massachusetts: Elseiver science publishing.
- E.G.Nawy. (1990). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar* . Bandung: Eresco.
- Ismediyanto. (2015). Analisis eksperimental lentur kolom bataton pracetak akibat beban aksial eksentrik.
- McCormac, J. C. (2004). *Desain Beton Bertulang*. Bandung: Erlangga.
- Park.R, & Paulay.T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons.
- Bestari, R. (2008). Modul Kuliah : *Struktur Beton Bertulang II*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Mercu Buana.
- Soon, DF. (2008). *Beton semi pracetak atau hybrid concrete construction*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- ACI Innovation Task Group 1 and Collaborators, 2001. *Commentary on Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing*. American Concrete Institue

