

# ANALISIS EKSPERIMEN LENTUR KOLOM BATATON PRACETAK AKIBAT BEBAN AKSIAL EKSENTRIS

Ismeddiyanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
[idediyant@gmail.com](mailto:idediyant@gmail.com)

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis secara eksperimental terhadap perilaku lentur kolom dengan bekisting bataton pracetak. Dalam penelitian ini diuji 4 buah kolom bataton dan 1 buah kolom kontrol masing-masing berpenampang persegi, dengan ukuran tinggi 290 mm, lebar 290 mm dan panjang 1800 mm. Penulangan benda uji kolom tersebut adalah 8P12 untuk tulangan longitudinal dengan sengkang P8-75. Mutu beton cast in place adalah  $f_c' = 23,55$  MPa. Pengujian dilakukan dengan pemberian gaya tekan aksial eksentris yang besarnya 50 mm, 100 mm, 150 mm dan 200 mm pada kolom bataton. Satu buah kolom kontrol diberikan diberikan gaya eksentris sebesar 200mm. Pengujian dilakukan secara eksperimen dan dilakukan pula perhitungan analitis sebagai pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada eksentrisitas beban yang sama, beban aksial maksimum kolom bataton 2,50 kali lebih kecil daripada kolom beton referensi. Sedangkan momen maksimum kolom bataton 2,44 kali lebih kecil daripada kolom beton referensi. Kekakuan rata-rata kolom bataton adalah 42,33. Pada eksentrisitas beban yang sama, kekakuan kolom bataton 12,68% lebih besar daripada kolom beton referensi. Daktililitas rata-rata kolom bataton adalah 1,47. Pada eksentrisitas beban yang sama, daktililitas kolom bataton 12,12% lebih besar daripada kolom beton referensi.

**Kata kunci:** bataton, beban aksial eksentris, beton referensi, kolom.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sistem pracetak yang relatif baru dan sedang berkembang adalah pracetak bataton. Sistem ini merupakan sistem struktur rangka dimana kolom dan balok menjadi elemen utama pemikul beban. Dalam sistem ini digunakan bataton kolom untuk tiang penyangga, bataton U untuk balok, serta bataton H untuk dinding pengisi dan pengaku. Sistem ini telah banyak diaplikasikan pada rumah sederhana maupun pada gedung hingga 3 lantai.

Selama ini struktur beton pracetak umumnya direncanakan dengan anggapan komponen pracetak bersifat monolit dengan beton *cast in place*. Dengan pendekatan ini, sistem struktur pracetak direncanakan sebagai sistem struktur konvensional. Konsep desain kapasitas yang umum dalam perancangan struktur konvensional juga digunakan dalam perancangan struktur pracetak. Pada struktur pracetak bataton konsep ini tentu tidak dapat diterapkan.

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah adanya perbedaan mutu antara bataton pracetak dan beton *cast in place*, maka elemen struktur tersebut tidak dapat dianggap monolit. Kualitas beton *cast in place* sulit dikontrol akibat kendala pada proses pelaksanaan seperti disebutkan di atas. Mutu bataton yang relatif rendah akan berdampak terjadinya *spalling* pada bataton sebagai selimut beton. Hal ini akan menyebabkan perilaku struktur kolom bataton pracetak menjadi rumit, untuk itu diperlukan analisis secara eksperimental.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis secara eksperimental terhadap perilaku lentur kolom pracetak bataton. Hasil yang diharapkan adalah mendapatkan hubungan antara beban aksial eksentris dan lendutan lateral yang terjadi pada kolom serta beban maksimum dan lendutan lateral maksimum yang terjadi pada

kolom akibat beban aksial sentris dan eksentris, daktilitas dan kekakuan kolom akibat beban aksial eksentris dan pola keruntuhan kolom akibat beban aksial eksentris.

## Tinjauan Pustaka

Penelitian pada kolom bataton pracetak belum banyak dilakukan baik secara eksperimental maupun numerik.

Nuryanti (2010) melakukan analisis non linear kolom beton bertulang penampang persegi berongga dengan variasi eksentrisitas beban dan variasi mutu beton. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis numerik mengetahui kekuatan, kekakuan, daktilitas, pola retak dan model keruntuhan kolom beton bertulang.

Dalam penelitian ini dimodelkan 13 jenis kolom beton bertulang penampang segiempat yang terdiri dari 8 kolom eksperimen yang berupa 2 kolom masif dan 6 kolom berongga dengan ukuran  $150 \times 150 \text{ mm}^2$ , panjang 800 mm, 2 kolom berongga dengan variasi eksentrisitas beban yaitu RCM1 ( $e=38 \text{ mm}$ ) dan RCM2 ( $e=385 \text{ mm}$ ), dengan ukuran  $550 \times 550 \text{ mm}^2$ , panjang 4000 mm, dan 3 kolom berongga dengan variasi mutu beton yaitu 3030A ( $f_c'=28 \text{ MPa}$ ), 3030B ( $f_c'=30 \text{ MPa}$ ), dan 3030C ( $f_c'=35 \text{ MPa}$ ), dengan dengan ukuran  $300 \times 300 \text{ mm}^2$ , panjang 3200 mm. Mutu baja tulangan yang digunakan P12:  $f_y=328,69 \text{ MPa}$ ,  $E_s=234778,44 \text{ MPa}$  dan D22 dan D25:  $f_y=487,8718 \text{ MPa}$ ,  $E_s=204835,4183 \text{ MPa}$ . Kolom dianalisis menggunakan *software* elemen hingga nonlinier ATENA V.2.1.10 dan hasilnya dibandingkan dengan hasil eksperimen sebelumnya dari Zacoeb (2003).

Priyosulistyo (2004) melakukan peneli-tian untuk melihat perilaku elemen struktur plat dan kolom beton bertulang setelah dibakar mengikuti standar pembakaran ASTM E119. Penerapan uji-beban pada struktur yang disangsikan kekuatannya seperti tertera dalam ACI 318-95 diterapkan dan didiskusikan. Penelitian ini melibatkan pula alat uji tidak-merusak (non-destructive apparatus) yaitu Schmidt Hammer dan Ultrasonic Pulse Velocity meter (PUNDIT).

Benda uji berupa plat beton bertulang berukuran  $60 \times 600 \times 1200 \text{ mm}$  dengan tulangan pokok diameter 6 mm–75 mm. Beton dibuat dengan dua variasi kekuatan yaitu 20 MPa dan 50 MPa dengan tulangan pokok yang memiliki tegangan leleh 360 MPa. Benda uji kolom berukuran tampang  $200 \times 200 \text{ mm}^2$  dibuat dengan dua variasi panjang yaitu 1250 mm (kolom pendek) dan 1800 mm (kolom panjang). Beton dibuat dengan mutu normal 25-30 MPa sedang baja tulangan memiliki tegangan leleh 360 MPa. Bersamaan dengan itu dibuat pula benda uji silinder berdiameter 150 mm tinggi 300 mm dan juga silinder berdiameter 100 mm tinggi 200 mm. Sebelum dan setelah dibakar elemen struktur dicermati sifat-sifat mekaniknya melalui alat UPV dan Schmidt Hammer. Plat dibebani pada sepertiga bentangannya oleh beban terpusat sedang kolom dibebani sejajar sumbu panjangnya dalam dua eksentrisitas (besar ; 150 mm dan kecil ; 60 mm). Beban itu diberikan dalam beberapa tahap untuk dilihat sifat kelenturan dan beban berulang (*elasticity and repeatability*). Pada akhir pengujian seluruh elemen struktur dibebani dengan cara serupa hingga runtuh.

Uji tidak-merusak menunjukkan bahwa hasil UPV lebih mendekati hasil uji silinder inti, uji keliatan bila dibandingkan dengan hasil dari Schmidt Hammer. Pengurangan kekuatan pada baja tulangan pasca temperatur tinggi sangat kecil (1-4%) bahkan ada kecenderungan menguat. Kuat tekan beton mutu normal dan mutu tinggi berkurang berturut-turut 25-35% dan 20-25%. Plat beton dan kolom beton eksentrisitas besar pasca temperatur tinggi masih memiliki sifat daktilitas yang baik bila dibandingkan dengan kolom beton eksentrisitas kecil. Pengurangan kekuatan, yang ditunjukkan oleh bahannya (25-35%) melampaui pengurangan kekuatan elemen strukturnya (20%). Pengurangan modulus elastisitas tidak terkait dengan pengurangan kekuatan, tetapi lendutan. Penggunaan syarat lendutan maksimum seperti tertera dalam ACI 318-95 tidak memberikan pemenuhan bagi setiap elemen struktur (plat dan kolom) yang dirancang untuk memiliki kekuatan yang sangat dekat dengan kemampuan nominalnya.

## 2. METODOLOGI

### Bahan

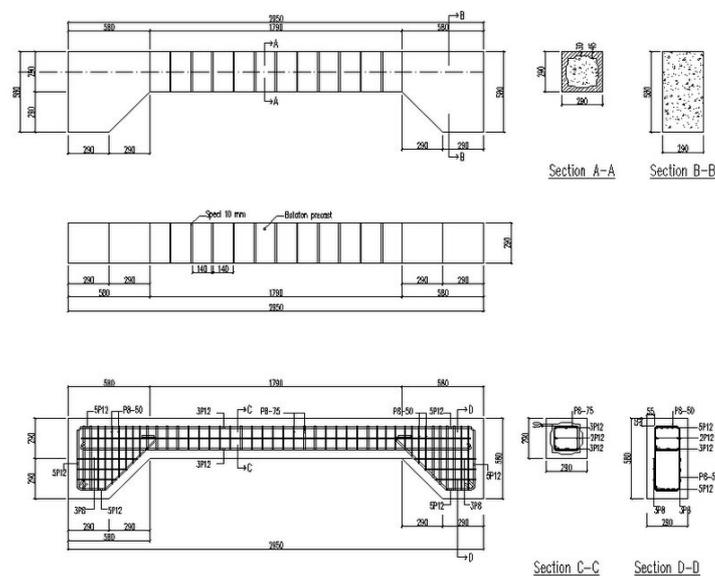
Bata beton pracetak (bataton) berasal dari PT. HOLCIM Tbk., memiliki dimensi lebar 29 mm; panjang 29 mm dan tinggi 14 mm. Jumlah bataton yang digunakan pada benda uji kolom sebanyak 12 buah. Bataton kolom yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kuat tekan bruto rerata 7,69 MPa, dengan nilai kuat tekan terendah 3,17 MPa.

Beton merupakan campuran semen Portland pozolan (type A), pasir dan agregat kasar dengan ukuran butir maksimum 10mm, yang menghasilkan kuat tekan rata-rata 23,55 MPa.

Baja tulangan yang digunakan adalah baja tulangan polos produk PT. Krakatau Steel dengan diameter 12 mm dan 8 mm. Tegangan tarik baja diameter 12 mm memiliki nilai rata-rata  $f_y = 368,00$  MPa dan Modulus elastisitas baja  $E_s = 191822,67$  MPa sedangkan untuk tulangan diameter 8 mm nilai rata-rata  $f_y = 357,93$  MPa dan  $E_s = 182764$  MPa.

Tabel 1. Tabel Benda Uji

Kode Kolom	Jumlah (buah)	B (mm)	H (mm)	L (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Senggang	Eksentrisitas (mm)															
C – 50	1	290	290	1790	8P12	P8-75	50															
C – 100	1	290	290	1790	8P12	P8-75	100															
C – 150	1	290	290 <td 1790	8P12	P8-75	150	C – 200	1	290	290	1790	8P12	P8-75	200	CK – 200	1	290	290	1790	8P12	P8-75	200
C – 200	1	290	290	1790	8P12	P8-75	200															
CK – 200	1	290	290	1790	8P12	P8-75	200															



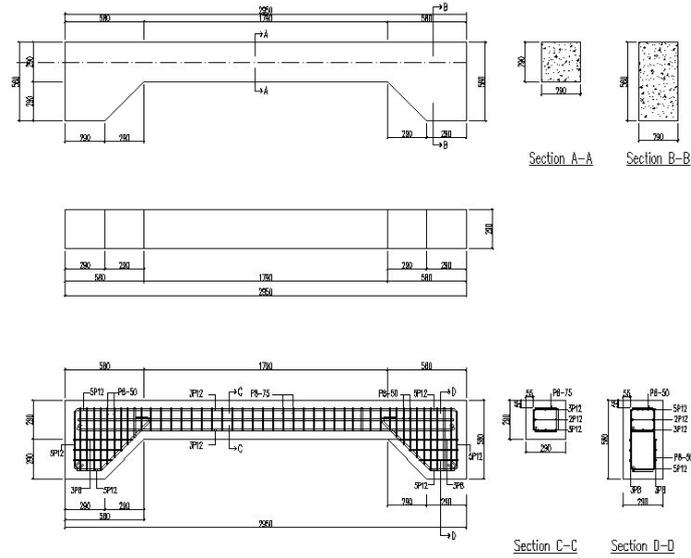
Gambar 1. Detail dan Konfigurasi Penulangan Benda Uji Kolom C

## Setup dan Prosedur Pengujian

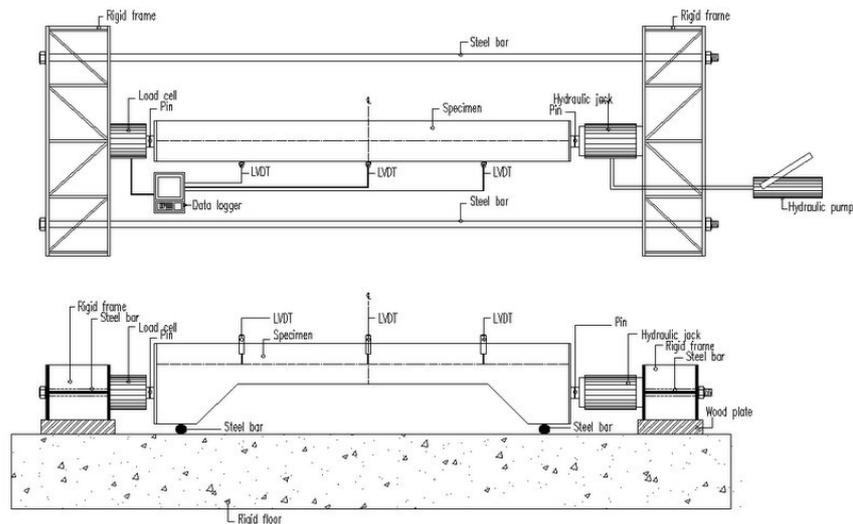
Peralatan utama yang digunakan dalam pengujian adalah *load cell*, *hydraulic jack*, pompa hidrolik, *data logger* dan 3 buah *LVDT* yang secara skematik ditunjukkan dalam Gambar 3.

Pengujian dilakukan setelah benda uji kolom berumur 28 hari. Pembebanan dilakukan secara statik yang ditimbulkan dengan *hydraulic jack* dan nilai pembacaan beban dari *load cell* dengan bantuan alat *data logger*. Sedangkan untuk pembacaan besarnya lendutan menggunakan 3 buah *dial gauge*. Sebelum dilakukan pengujian kolom, dilakukan juga pengujian silinder beton untuk mendapatkan kuat tekan karakteristik beton.

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji kolom diberi beban kecil dari *hydraulic jack* untuk mengontrol bahwa *dial gauge*, *load cell* dan *strainmeter* yang akan digunakan berfungsi seperti yang direncanakan. Pembacaan beban dan lendutan dilakukan secara bertahap, mulai pembebanan nol sampai maksimum. Besarnya tahap pembacaan beban pada tiap-tiap pembebanan (*loading step*) bervariasi antara 4 kN sampai 10 kN. Pembebanan diberikan sampai dicapai kondisi benda uji runtuh dan pada pengujian dilakukan pula pengamatan retak dan pengukuran lebar retak yang terjadi.



Gambar 2. Detail dan Konfigurasi Penulangan Benda Uji Kolom CK



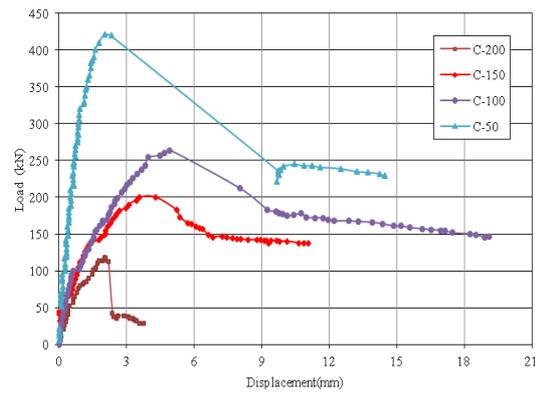
Gambar 3. Test Set Up

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

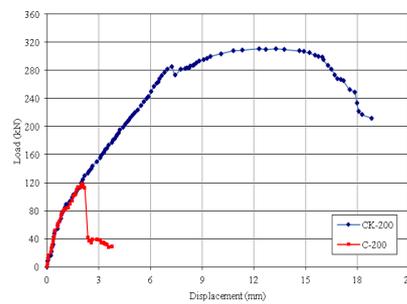
#### Kekakuan Kolom

Kurva hubungan beban lendutan hasil eksperimen dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Kekakuan kolom didasarkan pada beban maksimum kolom ( $P_{max}$ ) dan lendutan maksimum kolom ( $\Delta_{max}$ ). Nilai kekakuan kolom dapat dilihat pada Tabel 3.

Kekakuan kolom ( $K$ ) yang dimaksudkan adalah gaya ( $P$ ) yang diperlukan untuk mendapatkan satu unit *lateral displacement* (lendutan lateral) kolom ( $\Delta$ ) akibat beban aksial sesuai dengan definisi yang diberikan oleh Gere dan Timoshenko (1985). Kolom C-50 memiliki kekakuan terbesar dan semakin kecil sejalan dengan bertambahnya eksentrisitas beban. Kekakuan rata-rata dari kolom bataton adalah 42,33. Kolom C-200 memiliki nilai kekakuan 12,68% lebih besar jika dibandingkan dengan Kolom CK-200.



Gambar 4. Kurva Hubungan Beban-Lendutan Kolom C



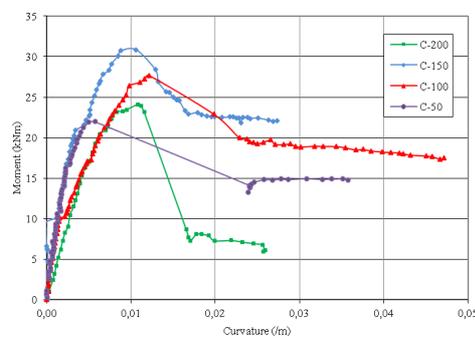
Gambar 5. Kurva Hubungan Beban-Lendutan Kolom C-200 dan CK-200

Tabel 3. Nilai Kekakuan Kolom

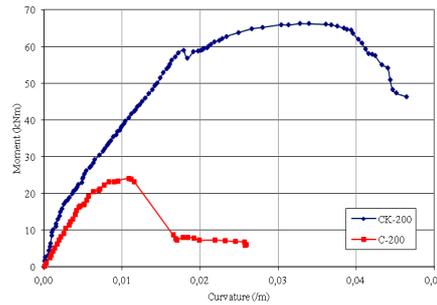
Benda Uji	Eksentrisitas (mm)	$P_{max}$ (kN)	$\Delta_{max}$ (mm)	Kekakuan (kN/mm)
C – 50	50	422	2,03	207,88
C – 100	100	264	4,92	53,66
C – 150	150	200	4,30	46,51
C – 200	200	118	4,40	26,82
CK – 200	200	311	13,28	23,42

### Kapasitas Lentur Kolom

Kekuatan lentur penampang kolom pada tengah tinggi (*midheight*) kolom diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Kurva Momen-Curvature Kolom C



Gambar 7. Kurva Momen-Curvature Kolom C-200 dan CK-200

Kapasitas lentur kolom C-50, C-100, C-150 dan C-200 memiliki nilai bervariasi. Kapasitas lentur rata-rata dari kolom tersebut adalah 26,16 kNm. Kolom C-200 memiliki kapasitas lentur 2,75 kali lebih kecil dari kolom CK-200.

### Daktilitas Kolom

Nilai beban dan lendutan kolom yang diperoleh saat pengujian dapat digunakan untuk mendapatkan nilai momen lentur maksimum dan *curvature* kolom pada *midheight* kolom.

Tabel 4. Nilai Daktilitas Kolom

Benda Uji	Eksentrisitas (mm)	Curvature Leleh (m <sup>-1</sup> )	Curvature Ultimit (m <sup>-1</sup> )	Daktilitas
C-50	50	0,006	0,012	2,00
C-100	100	0,012	0,018	1,48
C-150	150	0,011	0,014	1,27
C-200	200	0,011	0,0125	1,14
CK-200	200	0,033	0,043	1,30

Berdasarkan Tabel 4 daktilitas rata-rata dari kolom C-50, C-100, C-150 dan C-200 adalah 1,47. Kolom C-200 memiliki daktilitas 12,12% lebih kecil dari kolom CK-200.

### Ragam Kegagalan Kolom

Beban aksial yang menyebabkan retak lentur awal (*first crack*) terjadi bervariasi. Beban maksimum yang terjadi juga merupakan beban yang menyebabkan *spalling* pada sisi tekan kolom. *Spalling* pada daerah tekan menentukan terjadi secara tiba-tiba bersamaan dengan dicapainya beban maksimum. Beban maksimum yang terjadi tidak merupakan beban yang menyebabkan *spalling* pada sisi tekan kolom. *Spalling* pada daerah tarik menentukan tidak secara tiba-tiba dan terjadi setelah dicapainya beban maksimum.

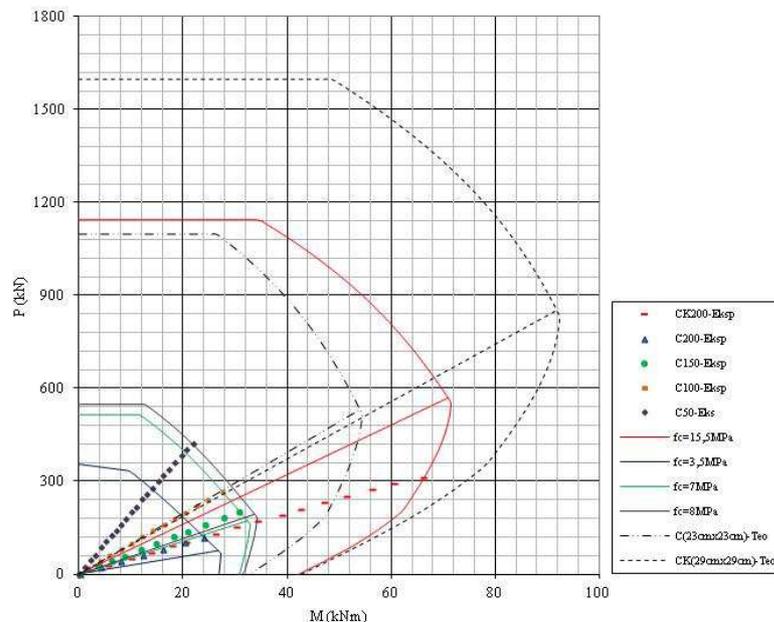
Pada kolom C-50 retak awal terjadi pada saat beban hampir mencapai beban maksimum. Pada kolom C-50 akibat beban aksial eksentris kegagalan yang terjadi akibat tegangan tekan sehingga *spalling* terjadi secara tiba-tiba. Pada kolom C-100, C-150 retak awal terjadi pada saat beban mencapai 19,50% dari beban maksimumnya. *Spalling* terjadi pada kolom C-100, C-150 dan C-200 pada saat beban mencapai beban maksimumnya. Berbeda retak awal pada kolom C-200 terjadi pada beban mencapai 69,49% dari beban maksimumnya. Kolom CK-200 mengalami retak awal pada saat beban mencapai 33 % dari beban maksimum, dan *spalling* terjadi setelah beban mencapai beban maksimum. Beban maksimum yang dapat dicapai kolom C-200 lebih kecil 2,64 kali beban maksimum pada kolom CK-200.

### Perbandingan Kapasitas Kolom Teoritis dan Eksperimen

Gambar 8 adalah diagram interaksi kolom hasil eksperimen dan perhitungan teoritis. Pada kurva di atas dapat dilihat titik beban dan momen maksimum hasil eksperimen untuk kolom batatan dan kolom beton (referensi). Berdasarkan kurva tersebut dapat diketahui mutu beton pada benda uji kolom. Mutu beton pada kolom batatan diketahui memiliki nilai terendah 3,5 MPa dan tertinggi 8 MPa, sedangkan untuk kolom beton (referensi) memiliki nilai 15,5 MPa.

Pada eksentrisitas yang sama, perbandingan beban aksial maksimum kolom referensi dan kolom bataton hasil eksperimen rata-rata sebesar 2,50. Pada eksentrisitas yang sama, perbandingan momen maksimum kolom referensi dan kolom bataton hasil eksperimen rata-rata sebesar 2,44.

Perbandingan beban maksimum kolom bataton teoritis dan eksperimen rata-rata sebesar 1,96. Pada kolom referensi CK-200 perbandingan beban maksimum kolom teoritis dan eksperimen sebesar 1,06. Perbandingan momen maksimum kolom bataton hasil eksperimen rata-rata sebesar 1,99. Berbeda dengan kolom referensi CK-200 perbandingan momen maksimum kolom teoritis dan eksperimen sebesar 0,99.



Gambar 8. Diagram Interaksi P-M Benda Uji

#### 4. KESIMPULAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada eksentrisitas yang sama, beban aksial maksimum kolom bataton 2,50 kali lebih kecil daripada kolom beton referensi.
2. Pada eksentrisitas yang sama, momen maksimum kolom bataton 2,44 kali lebih kecil daripada kolom beton referensi.
3. Kekakuan rata-rata kolom bataton adalah 42,33. Pada eksentrisitas beban yang sama kekakuan kolom bataton 12,68% lebih besar daripada kolom beton referensi.
4. Daktilitas rata-rata kolom bataton adalah 1,47. Pada eksentrisitas beban yang sama daktilitas kolom bataton 12,12% lebih besar daripada kolom beton referensi.
5. Mutu beton pada kolom bataton memiliki nilai yang relatif rendah, hal ini disebabkan karena pemadatan sulit dilakukan, pengecoran beton segar harus dilakukan secara bertahap serta adukan mortar untuk spesi jatuh di dalam bataton dan akan tercampur dengan beton segar.

##### Saran

Agar diperoleh hasil penelitian yang lebih baik, untuk penelitian lebih lanjut dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Mutu beton harus dijaga kualitasnya dengan cara dihindari jatuhnya adukan mortar dalam batatan dan tercampur dengan beton segar.
2. *Set up* pada saat pengujian supaya diperhatikan dan dijaga agar sesuai dengan pemodelan dan analisis teoritis.
3. Prosedur pengujian kolom setelah beban maksimum tercapai, sebaiknya diganti dengan sistem *displacement control* agar dapat ditangkap perilaku pasca beban puncak (*post peak behavior*).

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Innovation Task Group 1 and Collaborators, 2001, *Commentary on Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing*, American Concrete Institute.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, SNI-03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Strktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung, Surabaya.
- Gere, J.M., & Timoshenko, S.P., 1984. *Mechanics of Material, 2<sup>nd</sup> Edition*. Wadsworth, Inc., Belmont, California.
- Nuryanti. P., 2010, Analisis Non Linier Kolom Beton Bertulang Penampang Segiempat Berongga dengan Variasi Eksentrisitas Beban dan Mutu Beton, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Priyosulistyo, HRC., 2004, Perilaku Elemen Struktur Beton Bertulang Paska Bakar, *Konferensi Nasional Kegempaan II – PSIT UGM*, Yogyakarta.
- Zacoef. A., 2003, Kapasitas Lentur Kolom Pendek Beton Bertulang dengan Variasi Lubang, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.