

ANALISA NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN INTERIOR BALOK-KOLOM PRACETAK TERHADAP BEBAN STATIK¹

Qurratu Ayanin Wahyu Romadhani², Bagus Soebandono³, Hakas Prayudha⁴

Abstract

Beam-column joint is a very important part of the precast structure in behaving as a connection of energy dissipation among precast elements. The purpose of this research is to know how the behavior of interior joint of precast beam-column, stress and strain parameters, crack load, failure, stiffness, ductility, and energy dissipation. Two test specimens were used for T-beam interior connections and rectangular columns (Model 1) and one test piece of interior beam and circle (Model 2) interior joints modeled with ABAQUS 6.13-1 program, with reinforcement on the model 1 using 6D16 for negative and positive reinforcement, with P10-100 stirrups, for columns using 6D16 reinforcement with P10-100 stirrups. In model 2 using 4D16 on the beam reinforcement for positive and negative reinforcement, the column uses 6D-16 reinforcement with P10-100 stirrups. In this study using static load that given on the column 30000 N on model 1 and on model 2 45000 N. The results showed the occurrence of strain of 0.028 mm and stress of 12.48 N in model 1, in model 2 0.011 mm and 10.12 N. Ductility in model 1 is 3.24 and model 2 is 4.67. With load 30000 N model 1 experiencing displacement 299,241 mm. In model 2 with 45000 N load displacement 160.3 mm. Elastic stiffness of model 1 is 100.25 N/mm, model 2 is 279,792 N / mm. The crack pattern that occurs on both specimens is a shear crack.

Key Word : ABAQUS 6.13-1, Interior, Precast, Beam-Column Joint

Abstrak

Sambungan balok-kolom merupakan bagian struktur pracetak yang sangat penting dalam berperilaku sebagai penghubung disipasi energi antar elemen pracetak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku sambungan interior balok-kolom pracetak, dengan parameter tegangan dan regangan, beban crack, failure, kekakuan, daktilitas, serta disipasi energi. Benda uji yang digunakan adalah dua buah benda uji sambungan interior balok-T dan kolom persegi (Model 1) dan satu buah benda uji sambungan interior balok persegi dan kolom lingkaran (Model 2) yang dimodelkan dengan program ABAQUS 6.13-1, dengan penulangan pada model 1 menggunakan 6D16 untuk tulangan negatif dan positif balok, dengan sengkang P10-100, penulangan untuk kolom menggunakan tulangan 6D16 dengan sengkang P10-100. Pada model 2 menggunakan 4D16 pada penulangan balok untuk tulangan positif dan negatif, pada kolom menggunakan tulangan 6D-16 dengan sengkang P10-100. Pada penelitian ini menggunakan beban statik pada kolom sebesar 30000 N pada model 1 dan pada model 2 sebesar 45000 N. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya regangan sebesar 0,028 mm dan tegangan sebesar 12,48 N pada model 1, pada model 2 sebesar 0,011 mm dan 10,12 N. Daktilitas model 1 sebesar 3,24 dan model 2 sebesar 4,67. Dengan beban 3000 N model 1 mengalami displacement 299,241 mm. Pada model 2 dengan beban 45000 N mengalami displacement 160,3 mm. Kekakuan elastis model 1 sebesar 100,25 N/mm, sedangkan model 2 sebesar 279,792 N/mm. Pola keretakan yang terjadi pada kedua benda uji adalah retak geser.

Kata kunci : ABAQUS 6.13-1, Interior, Pracetak, Sambungan balok-kolom

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM: 20130110070, e-mail : qurratu_ayanin@rocketmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

1. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Pada saat ini pembangunan struktur dan infrastruktur menuntut suatu tanggung jawab yang besar, mutu yang bahan yang baik, dan sistem kerja yang menjamin terlaksananya suatu pembangunan yang baik. Selain itu, juga menuntut suatu pembangunan yang ekonomis, serta dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien. Pembangunan di bidang struktur pada saat ini menggunakan dua metode, yaitu beton konvensional (Cast in-site) yang di cor di lokasi pembangunan dan beton pracetak yang dicetak di pabrik (Fabrication) kemudian dibawa ke lokasi pemasangan (Transportation) dan di rakit menjadi suatu struktur yang utuh (Erection).

Metode beton konvensional melakukan pengecoran di tempat bangunan itu dibangun, metode ini dikenal juga dengan nama sistem cor di tempat. Pelaksanaan metode konvensional lebih sederhana karena hanya menggunakan alat-alat yang sederhana seperti skop, cangkul dan sebagainya, serta tidak memerlukan alat bantu khusus seperti crane. Tetapi sistem ini memiliki kekurangan dalam hal biaya tambahan untuk pekerjaan bekisting dan pengecoran, serta waktu pengerjaan yang lama, serta sulit dalam pengontrolan mutu beton. Sedangkan metode beton pracetak lebih unggul di dalam hal waktu pelaksanaan, tidak memerlukan biaya tambahan dalam pekerjaan bekisting, serta kualitas mutu yang seragam sehingga mudah dikontrol.

Imran dkk, (2009) menyatakan bahwa sambungan balok-kolom (*beam-column joint*) merupakan daerah kritis dan memiliki keterbatasan kapasitas menerima beban. Sistem sambungan yang digunakan untuk menghubungkan elemen-elemen pracetak harus direncanakan agar dapat berperilaku dengan baik dalam mentransfer beban. Penempatan dan kekuatan sambungan perlu direncanakan dengan baik sehingga kehadirannya tidak menyebabkan keruntuhan prematur pada struktur (Nurjaman, 2000).

Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan pada sambungan interior balok-kolom pracetak tipe kolom persegi dan balok-T serta kolom lingkaran dan balok persegi. Penelitian ini akan meneliti tentang perilaku sambungan pracetak seperti beban crack, lendutan yang terjadi pada kolom, beban ultimit, nilai kekakuan, disipasi energi, pola retak dan tipe keruntuhan, serta tegangan dan regangan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan benda uji yang dimodelkan dengan

ABAQUS. dengan harapan penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam mendesain sambungan pracetak, serta hasil yang didapat sesuai keadaan *real* di lapangan.

B. Rumusan Masalah

Penelitian ini meneliti tentang perilaku sambungan interior balok-kolom pracetak dengan menggunakan aplikasi bantu ABAQUS. Penelitian ini bertujuan menganalisa perilaku dan parameter-parameter yang terdapat pada sambungan interior balok-kolom pracetak dengan desain sambungan yang di desain sendiri sesuai dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu.

C. Batasan Masalah

- 1) Penelitian ini tidak menguji secara langsung data bahan material yang digunakan, melainkan menggunakan data penelitian sebelumnya.
- 2) Pembebanan menggunakan *concentrated force* sebesar 30000 N untuk model 1 dan 45000 N untuk model 2 pada masing-masing kolom guna menganalisis perilaku kolom dan sambungannya.
- 3) Pembebanan tidak dilakukan hingga model mencapai kondisi runtuh.
- 4) Tidak menganalisis struktur bagian bawah.
- 5) Anakisa penampang elemen struktur menggunakan program ABAQUS 6.13-1.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui nilai tegangan dan regangan.
- 2) Mengetahui nilai daktilitas.
- 3) Mengetahui besarnya *displacement*.
- 4) Mengetahui nilai kekakuan.
- 5) Mengetahui disipasi energi.
- 6) Mengetahui besar beban *crack* dan pola retak pada sambungan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk menambah pengetahuan serta kajian tentang sambungan interior balok-kolom pracetak Mengetahui perilaku sambungan interior balok-kolom pracetak.
- 2) Mengetahui perilaku dari sambungan interior balok-kolom pracetak dengan variasi penampang dan beban.

- 3) Mengetahui parameter-parameter yang terdapat pada sambungan balok-kolom pracetak, seperti tegangan dan regangan, daktilitas, *displacement*, kekakuan, disipasi energi, serta pola retak pada sambungan

2. Tinjauan Pustaka

A. Sistem Sambungan Pracetak

Hutahuruk (2008), melakukan penelitian tentang sambungan balok-kolom pracetak menggunakan kabel strand sebagai sambungan dengan system PSA. Penelitian terdiri dari 3 buah sambungan balok-kolom eksterior pracetak. Dengan rincian dua buah sambungan (JBKEP-1 dan JBKEP-2) dan satu buah sambungan monolit sebagai control (JBKEM). Dari penelitian diperoleh, disipasi energy sambungan JBKEP-2 mencapai maksimum pada drift ratio 7,8 dengan nilai 28934,02 kgmm sedangkan sambungan JBKEM mencapai maksimum pada drift ratio 3,50 dengan nilai 57499,04 kg.mm. Pada benda uji JBKEP-2 menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan dengan indikasi timbul retak pada leher sambungan (sisi-sisi pertemuan balok-kolom), spalling yang cukup besar terjadi pada elemen balok G-1 serta terjadi slip antara kabel sling dengan grouting. Sedangkan pada join JBKEM timbul retak yang merata pada balok dan kolom dan spalling pada muka balok yang menerima beban hingga selimut beton terkelupas. Hasil daktilitas yang didapatkan pada sambungan JBKEP-2 adalah sebesar 2,047 untuk beban tarik, 1,545 untuk beban tekan, sehingga diperoleh 1,796 untuk daktilitas rata-rata. Pada sambungan JBKEM 2,024 diperoleh untuk beban tarik sebesar 2,441 dan untuk beban tekan, sehingga diperoleh daktilitas rata-rata sebesar 2,233. Kekakuan sambungan JBKEP-2 adalah 14,718 kg/mm untuk beban tarik, 8,169 kg/mm untuk beban tekan, 11,444 kg/mm untuk kekakuan rata-rata dan untuk sambungan JBKEM nilainya sebesar 131,910 kg/mm untuk beban tarik, 73, 349 kg/mm untuk beban tekanan dan 102,630 untuk kekakuan rata-rata.

B. Analisa Sambungan Balok-Kolom

Adi, dkk (2014) melakukan penelitian eksperimental tentang kekakuan sambungan balok dan kolom pracetak dengan sistem sambungan basah dan monolit dengan menggunakan sambungan kombinasi plat baja dan baut mur. Dimana mutu beton yang digunakan sebesar 30 MPa, Kemudian diberikan beban aksial dan lentur

satu arah. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil beban maksimum pada benda uji kolom monolit tanpa sambungan adalah 321,57 kN. Beban puncak pada benda uji kolom dengan sambungan adalah 331,938 kN kemudian runtuh pada 152,766 kN. Lendutan vertikal yang terjadi pada ujung kolom bagian atas untuk kolom monolit tanpa sambungan pada beban 321,57 kN adalah 14 mm. Sedangkan lendutan untuk kolom dengan sambungan pada beban 331,938 kN adalah 14,6 mm dan pada beban 152,76 kN adalah 15,88 mm. Lendutan horisontal yang terjadi pada ujung kolom bagian atas untuk kolom monolit tanpa sambungan pada beban 321,57 kN adalah 2,02 mm. Sedangkan lendutan untuk kolom dengan sambungan pada beban 331,938 kN adalah 2,42 mm dan pada beban 152,76 kN adalah 3,4 mm. Kekakuan benda uji kolom dengan sambungan lebih kuat dibandingkan dengan benda uji monolit. Pada hubungan tegangan dan regangan didapatkan modulus elastisitas kolom monolit lebih besar dibandingkan kolom dengan sambungan. Pola retak menunjukkan pola retak pertama yang terjadi pada kolom tanpa sambungan lebih cepat terjadi dibandingkan dengan kolom menggunakan sambungan, retak pertama pada benda uji kolom terletak pada saat beban 130 kN, sedangkan pada kolom dengan sambungan terjadi pada saat beban 180 kN. Retak yang terjadi berupa letak lentur terlebih dahulu kemudian baru retak pada bidang geser.

3. LANDASAN TEORI

A. Konsep Dasar Pracetak

Beton pracetak merupakan elemen atau komponen beton dengan atau tanpa tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. Dan semua komponen pracetak beserta sambungannya harus mampu menahan semua kondisi pembebanan dan kekangan dari fabrikasi awal sampai penggunaan akhir pada struktur. Termasuk pembongkaran bekisting, penyimpanan, transportasi, dan ereksi (SNI 2847:2013).

B. Komponen Pacetak

Berikut adalah komponen yang paling sering digunakan dalam pengaplikasian bangunan.

1) Balok

Bagian horisontal yang mendukung komponen dek dan hollow slab, balok biasanya dianggap komponen struktural. Tiga jenis balok yang sering digunakan : balok persegi panjang, balok tee terbalik, dan balok-L

2) Kolom

Kolom biasanya mendukung anggota yang bersilangan silang seperti balok, spandrels, atau panel. Secara tradisional bentuk kolom persegi atau empat persegi panjang, kolom biasanya diperuntukkan sebagai komponen bertingkat. Dari komponen satu tingkat sampai enam atau lebih tingkatan.

3) *Hollow Slab*

Hollow slab, juga dikenal sebagai papan, digunakan di berbagai bangunan untuk komponen lantai/dinding. Ini termasuk rumah untuk keluarga dan keluarga tunggal, sekolah, hotel, pusat perawatan kesehatan, perkantoran, fasilitas manufaktur, dan lainnya.

4) *Pile*, dll

Pile biasanya digunakan untuk mendukung struktur dalam kondisi tanah yang buruk, terutama di lingkungan laut, karena adaptasi dan ketahanannya yang sangat baik terhadap korosi. Ukuran pile yang paling kecil, 10 sampai 14 inci, biasanya digunakan untuk membangun proyek seperti pusat konvensi, hotel, dan fasilitas besar lainnya, dll.

C. Sistem Sambungan Pracetak

Terdapat beberapa sistem pracetak yang digunakan dan diterapkan di Indonesia, antara lain :

- 1) Sistem Pracetak C-Plus
- 2) Sistem Brespaka
- 3) Sistem Pracetak KML (Kolom Multi Lantai)
- 4) Sistem Struktur Pracetak JEDDS (Joint Elemen Dengan Dua Simpul)
- 5) Sistem Struktur Pracetak Adhi BCS (Beam Column System)

D. Hubungan Tegangan dan Regangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya (F) atau reaksi dalam yang timbul per satuan luas(A). Persamaan yang digunakan menurut singer, 1995.

$$\sigma = F/A$$

Dimana,

σ = Tegangan

F = Gaya

A = Luas

Regangan adalah perubahan ukuran dari panjang awal sebagai hasil dari gaya yang menarik atau menekan pada material. Hal ini sesuai dengan pernyataan Singer, 1995, Ilmu Kekuatan Bahan edisi ke 2, Erlangga, Jakarta. Dengan rumusan :

$$\epsilon = (L-L_0) / L_0$$

Dimana,

ϵ = Regangan

L = Panjang mula-mula

L_0 = Panjang akhir

E. Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan struktur atau komponen struktur untuk mengalami deformasi inelastic bolak-balik berulang setelah leleh pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk mendukung bebannya, sehingga struktur tetap berdiri walaupun sudah retak/rusak dan diambang keruntuhan.

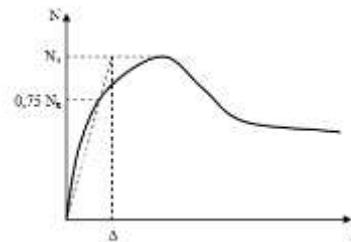
Mentukan nilai daktilitas dapat menggunakan rumus : $\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$

Dimana,

μ_{Δ} =Daktilitas

Δ_u =Displacement saat kondisi ultimit

Δ_y =Displacement saat kondisi leleh



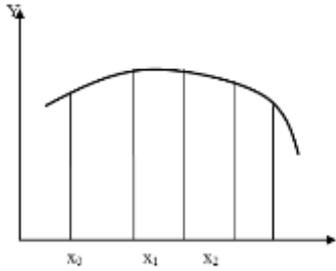
Gambar 3.1 Penentuan nilai Δ_y

F. Disipasi Energi

Disipasi energi adalah kemampuan struktur dalam menyerap energi melalui proses leleh pada daerah sendi plastis. Kapasitas energi dapat dihitung dari luas area grafik hubungan beban dan displacement. Luas area dapat dihitung dengan pendekatan aturan trapesium banyak pias seperti gambar 3.2.

Luas area (A) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

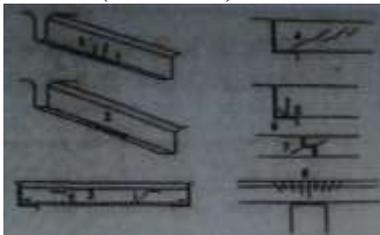
$$A = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \left(\frac{f(x_i) + f(x_{i-1})}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 3.2 aturan trapesium dengan banyak pias.

G. Pola Retak

Retak merupakan jenis kerusakan yang paling sering terjadi pada struktur beton, retak bisa terjadi pada saat beton mulai mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak yang terjadi saat beton mulai mengeras (beton belum mampu menahan beban) antara lain terjadi karena pembekuan udara dingin (pada daerah dengan musim dingin), susut (shrinkage), penurunan (settlement), dan penurunan acuan (formwork).



Gambar 3.2 Pola Retak (Triwiyono, 2000)

4. METODE PENELITIAN

A. Materi Penelitian

Penelitian ini meneliti tentang perilaku sambungan interior balok-kolom pracetak, dengan benda uji balok T dan kolom persegi, serta balok persegi dan kolom lingkaran. Penelitian ini bertujuan membandingkan kekuatan antara 2 benda uji tersebut. Data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini bersumber dari studi literatur buku, jurnal, dan penelitian-penelitian lain yang mendukung terlaksananya penelitian ini. Adapun data-data yang digunakan adalah data mekanis bahan. Pada penelitian ini menggunakan mutu beton $f'c = 17$ Mpa dan baja dengan $f_y = 420$ Mpa.

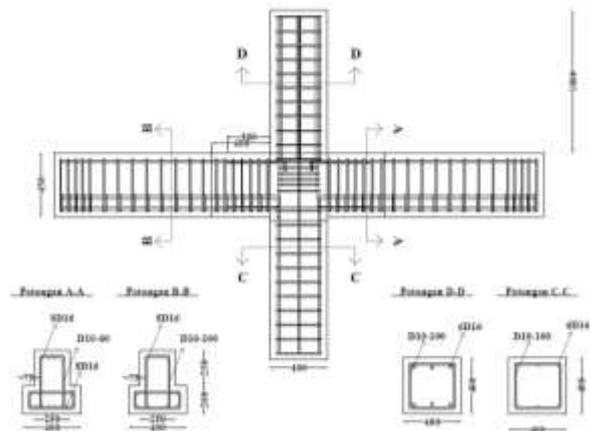
B. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini selama berjalannya penelitian hingga selesai adalah berupa program bantu, yaitu AutoCAD dan ABAQUS CAE 6.13. Autocad digunakan untuk mendesain benda uji sebelum dimodelkan ke dalam ABAQUS. Baik dimensi, dan bentuk penampang balok maupun kolom. Sedangkan ABAQUS 6.13 digunakan sebagai program bantu untuk menganalisis perilaku sambungan interior

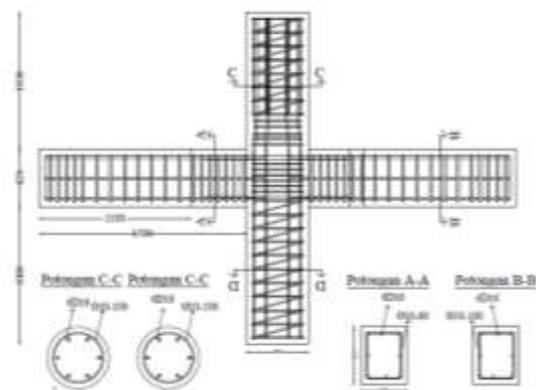
balok dan kolom pracetak sehingga didapatkan parameter-parameter yang diinginkan.

C. Perencanaan Benda Uji

Perencanaan benda uji merupakan desain awal benda uji, termasuk jenis sambungan, dimensi penampang, serta data-data perencanaan yang diperlukan. Adapun detail benda uji sambungan interior balok T dan kolom persegi dapat dilihat pada gambar 3.3, untuk detail sambungan interior balok persegi dan kolom lingkaran dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.3 Benda uji 1



Gambar 3.4 Benda uji 2

D. Pemodelan dengan ABAQUS

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa prosedur sebagai berikut :

- 1) Menentukan topik yang akan diambil sebagai Tugas Akhir.
- 2) Study kasus dengan jurnal, literature lain dan pemodelan balok kolom Precast dengan ABAQUS 6.13-1. Peneliti melakukan studi literatur guna menambah landasan teori, guna mengambil studi kasus data material yang akan digunakan.

- 3) Memasukkan data (input file) ke modul ABAQUS 6.13-1 dan dianalisis (proses running), data yang dimasukkan berupa sifat mekanik material ABAQUS 6.13-1 untuk dilakukan proses running. Data material dapat dilihat pada tabel 4.1
- 4) Pembahasan hasil dan analisis, data hasil eksperimen dan simulasi selanjutnya dibahas dan dianalisis.
- 5) Kesimpulan, berisi tentang intisari yang dapat diambil setelah dilakukan penelitian.

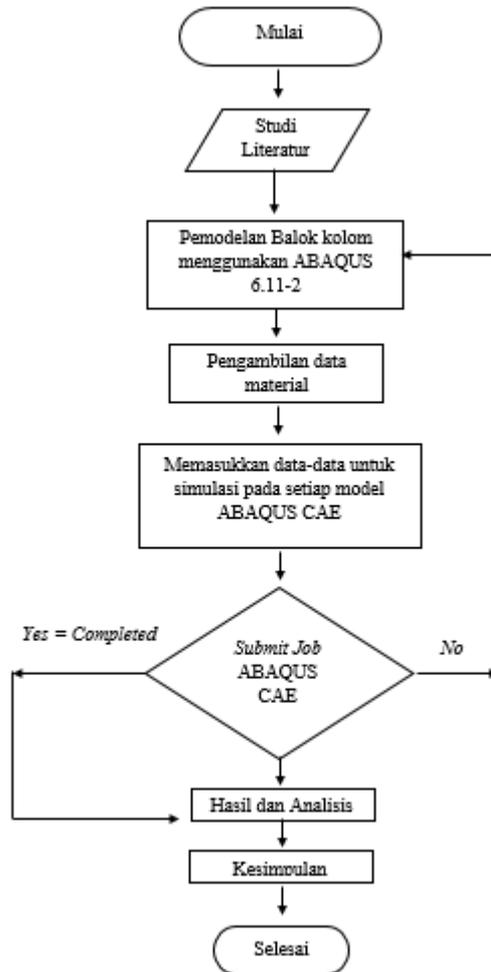
Concrete Compression Hardening		Concrete compression Damage	
Stress (Mpa)	Crushing Strain (-)	Damage C (-)	Crushing Strain(-)
15.0	0.0	0.0	0.0
20.1978	0.000075	0.0	0.000075
30.0006	0.000099	0.0	0.000099
40.3038	0.000154	0.0	0.000154
50.0077	0.000762	0.0	0.000762
40.2361	0.00255	0.195402	0.00255
20.2361	0.005675	0.596328	0.005675
5.2576	0.011733	0.894865	0.011733
Concrete Tension Stiffening		Concrete Tension Damage	
Stress (Mpa)	Cracking Strain (-)	Damage T (-)	Cracking Strain (-)
1.99893	0	0.0	0
2.842	0.000033	0.0	0.000033
1.86981	0.000160	0.404641	0.000160
0.86981	0.000280	0.69638	0.000280
0.226254	0.000684	0.920389	0.000684
0.056576	0.001087	0.001087	0.001087

Tabel 4.1 Data material beton

Young Modulus (Mpa)	Poison Ratio
200000	0.3
Yield Stress	Strain
420	0

420	0.018
500	0.028
500	0.198

Tabel 4.2 Data material baja

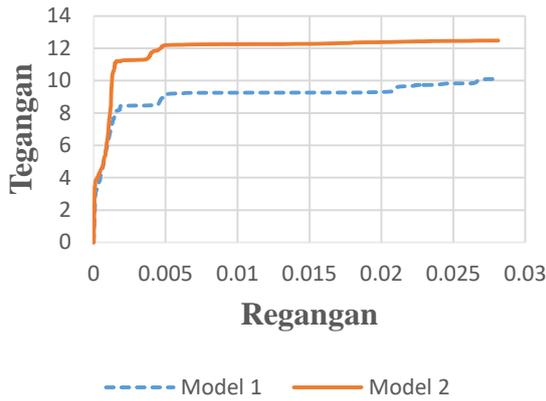


Gambar 4.1 Bagan alis penelitian

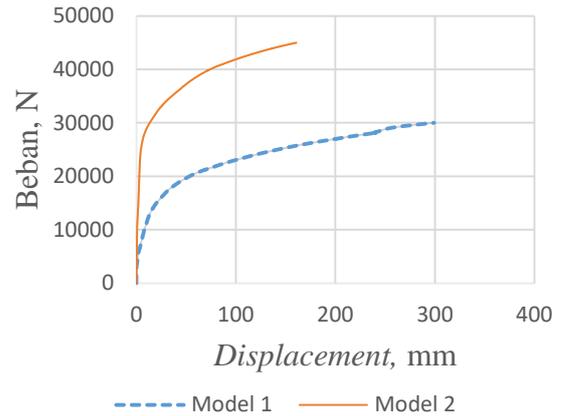
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tegangan dan Regangan

Hubungan tegangan dan regangan pada kedua model dapat dilihat pada gambar 5.1, kedua grafik memiliki kesamaan. Sesuai prinsip tegangan dan regangan, yaitu semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula regangan yang terjadi. Pada model 1 mengalami tegangan sebesar 10,12 N/mm dan regangan sebesar 0,028. Sedangkan pada model 2 12,48 N/mm mengalami regangan sebesar 0,028.



Gambar 5.1 Grafik tegangan dan regangan



Gambar 5.3 Grafik hubungan beban dan displacement

B. Daktilitas

Daktilitas kolom adalah kemampuan kolom untuk tidak mengalami runtuh. Nilai daktilitas kolom dapat diambil dari perbandingan antara nilai displacement ultimit dan displacement saat luluh pertama. Pada model 1 nilai daktilitas kolom sebesar 3,24 dan pada model 2 sebesar 4,67. Hal ini membuktikan bahwa kemampuan kolom pada model 2 lebih baik dari pada kolom pada model 1.



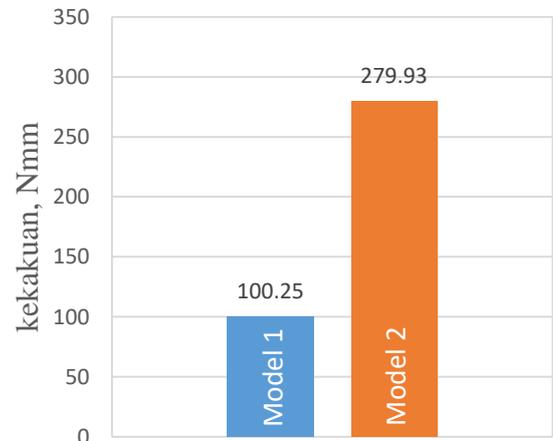
Gambar 5.2 Grafik batang nilai daktilitas

C. Beban dan Displacement

Hubungan beban dan displacement untuk model 1 dan model 2 dari analisis numerik dapat dilihat pada gambar 5.3. Berdasarkan gambar dapat diperhatikan bahwa bentuk kurva memiliki kemiripan pola yang sama. Tetapi bila ditinjau dari beban, model 1 diberikan beban sebesar 30000 N dan mengalami displacement sebesar 299,24 mm. Sedangkan model 2 diberikan beban sebesar 45000 N mengalami displacement sebesar 160,279 mm.

D. Kekakuan

Pada saat beban lateral maksimum tercapai, kolom pada model 1 memiliki nilai kekakuan sebesar 100,25 N/mm, sedangkan pada model 2 pada saat beban lateral maksimum memiliki kekakuan sebesar 279,93 N/mm. Perbedaan nilai kekakuan kolom model 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar 5.4.



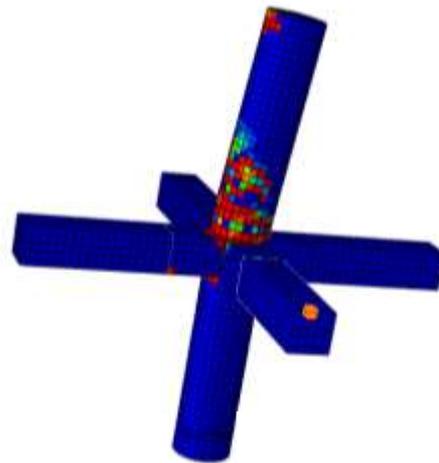
Gambar 5.4 Grafik batang nilai kekakuan

E. Disipasi Energi

Disipasi energi pada model 1 dan 2 sebesar 8028 joule dan 4267 joule. Nilai disipasi energi model 1 lebih besar 1,7 kali dari model 2, artinya model 1 memiliki kemampuan memencarkan energi lebih baik dari model 2.



Gambar 5.5 Grafik batang nilai disipasi energi

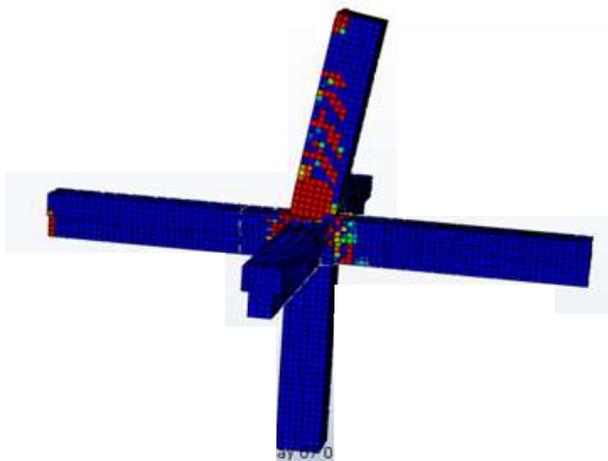


Gambar 5.7 Tipe kerusakan pada model 2.

F. Beban Crack dan Pola Retak

Beban retak adalah besar beban saat terjadinya retak pertama kali pada beton. Besar beban saat model 1 mulai retak adalah ketika diberikan beban sebesar 15000 N sedangkan pada model 2 sebesar 22000 N.

Pola retak yang terjadi pada model benda uji dapat dilihat pada output damage yang terjadi. *Damage* yang terjadi pada model 1 dapat dilihat pada gambar 5.6 dan model 2 pada gambar 5.7. Kedua model memiliki kesamaan pola retak yang sama yaitu retak geser. Hal ini dapat dibuktikan karena bentuk dari retak ini akan membentuk sudut 45° terhadap gaya yang bekerja pada komponen tersebut.



Gambar 5.6 Tipe krusakan pada model 1

6. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan dan regangan yang terjadi pada model 1 sebesar 12,48 N dan 0,028 mm. Pada model 2 regangan dan tegangan yang terjadi sebesar 0,011 mm dan 10,12 N.
2. Nilai daktilitas pada model 1 lebih rendah dari model 2. Pada model 1 memiliki daktilitas sebesar 3,24 dan pada model 2 sebesar 4,67.
3. Model 1 mengalami displacement sebesar 299,241 mm dengan beban 30 kN. Model 2 mengalami displacement sebesar 160,3 mm dengan beban 45 kN. Dapat disimpulkan bahwa model 2 memiliki kapasitas beban yang lebih besar dari model 1.
4. Kekakuan pada model 1 saat beban mencapai beban maksimum adalah 100,25 N/mm pada model 2 kekakuan pada saat beban maksimum adalah 279,9 N/mm.
5. Saat beban lateral mencapai maksimum model 1 dapat memencarkan energi sebesar 8028 joule sedangkan pada model 2 saat beban lateral maksimum dapat emencarkan energi sebesar 4267 joule.
6. Pada model 1 dan 2 pertama kali terjadi *crack* yaitu pada saat beban terdistribusi 50% dari beban total yang diberikan pada penampang. Model 1 terjadi *crack* pada beban 15000 N dan model 2 terjadi *crack* pada beban 22500 N. Tipe kerusakan dan tipe retak yang terjadi pada model 1 dan 2 memiliki kesamaan. Dengan membentuknya sudut retak 45° dari arah beban yang diberikan, maka disimpulkan kedua model mengalami retak geser.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakuakn, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan penelitian selanjutnya dengan pembeban dinamis.
2. Dilakukan pengujian material terlebih dahulu, agar perilaku bahan sesuai dengan pengujian material yang dilakukan.
3. Dapat menganalisa sistem sambungan balok-kolom pracetak yang lainnya.
4. Untuk hasil yang lebih mendekati kondisi *real* di lapangan, agar dapat mengambil studi kasus untuk membandingkan hasil analisa numerik dan lapangan.

7. DAFTAR PUSTAKA

- ABAQUS keywords manual, version 6.1: Hibbitt,Karlsson& Sorensen, Inc., 2006.
- Adi, dkk., 2014, *Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Imran Iswandi, dkk., 2009, *Study Eksperimental Sambungan Kolom-Kolom Pada Sistem Beton Pracetak Dengan Menggunakan Sleeves*, Seminar dan Pameran Haki, Jakarta.
- Kurniawan, 2014, *Analisis Numerik Perilaku Sambungan Balok-kolom Beton Pracetak Tipe SRPM-PB2*, UGM, Yogyakarta
- Makmur, M. 2015, *Perilaku Sambungan Balok-Kolom Pracetak Interior Untuk Bangunan Sederhana Berdasarkan Metode Eksperimental*, UGM, Yogyakarta.
- Niken, C., (2008), *Perilaku Lentur Sambungan Model Takik pada Balok Aplikasi untuk Beton Pracetak*, Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Volume 8, Nomor 2, Juli : 149 – 161.
- Nurjannah, S.A., (2011), *Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi serta Ramah Lingkungan*, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3, Palembang, 26-27 Oktober 2011.
- Triwiyono, A., 2000, *Bahan Ajar Perbaikan dan Perkuatan Bangunan Beton Bertulang, program pascasarjana*, UGM, Yogyakarta.