

ANALISIS KUAT LENTUR SISTEM LANTAI *CURVED TILE* SEMI PRACETAK

Mustainul Murtadho¹⁾, Ismeddiyanto²⁾, Enno Yuniarko²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

Email : mustainul.murtadho@student.unri.ac.id

Abstract

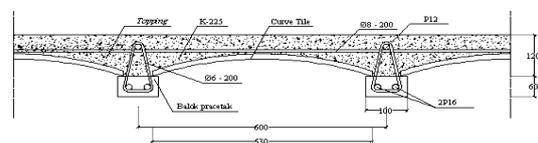
Semi-precast slab uses the combination of cast-in-place concrete and precast concrete. The use of conventional firmwrik to buid a building was not support for cinstruction method and it's very expensive for construction. Some advantages of precast system are related to its time, cost, predictability, reliability, productivity, health, safety, environment, coordination, innovation, reusability also relocability. The research aimed to analyse flexure behaviour of semi precast curved tile concrete slab using finite element software and its comparison to slices method. The analysis model was done in three element of structure, such as support beam, curved tile and cast in place concrete. The model was made in finite element analysis (FEA) program. Simulation done with two location of point load to get pure bending strength of slab. The result analysis has relation to the effect of load towards element bending, flexural moment and crack scheme on model. From the analysis maximum number of load (P) on semi precast slab system with slices method had higher number compared to finite element analysis (Abaqus). Slices method result had maximum number of P_{maks} 56.99 kN, while finite element software method had maximum number of P_{maks} 47.6 Kn. On semi precast concrete slab, the type of crack that occurred was flexural crack right on the area of highest number of flexural moment an show the crack pattern in the same direction of stirrups on the tensile side of slab.

Keywords: slab, support beam, curved tile, semi-precast, cast-in-place, finite element analysis software.

A. PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi sudah sangat Salah satu cara yang telah dilakukan dalam mengurangi penggunaan kayu hutan untuk proses pembangunan gedung antara lain dengan mengaplikasikan beton pracetak. Beberapa keuntungan system *precast* antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, *predictability*, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, *reusability*, serta *relocability* (Gibb, 1999).

Beton pracetak biasanya digunakan pada elemen bangunan yang bersifat tipikal seperti kolom dan balok beton, dinding penahan tanah, dan pelat lantai. Dalam sistem ini digunakan untuk lantai yang terdiri dari *support beam*, *curved tile*, dan beton *cast in place* di bagian atasnya, sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem lantai *curved tile* semi pracetak

Proses pembuatan pelat lantai dengan sistem semi pracetak cukup mudah, yaitu dengan memasang *curved tile* diatas *support beam* kemudian merangkai tulangan diatasnya. Selanjutnya dilakukan pengecoran di tempat untuk membuat pelat tang diinginkan. Pengerjaan sistem ini tidak memerlukan bekisting karena *curved tile* sudah berfungsi sebagai bekisting, sehingga diharapkan beton *cast in place* dapat menyatu dengan beton pracetak menjadi satu kesatuan dalam sistem struktur.

Penggunaan beton pracetak sebagai alternatif dalam pembangunan infrastruktur merupakan inovasi yang sangat baik, mengingat banyaknya keuntungan yang diperoleh dari sistem pracetak. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kekuatan maks (beban maksimal, momen maksimal), lendutan ijin, pola retak dan pola keruntuhan secara analisis menggunakan *software* elemen hingga.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Sistem Beton Pracetak

Sistem beton *precast* adalah suatu metode pencetakan komponen secara mekanisasi dalam pabrik atau *workshop* dengan memberi waktu pengerasan dan mendapatkan kekuatan sebelum dipasang. Komponen beton *precast* dibuat terlebih dahulu pada suatu tempat lalu dibawa kelapangan/lokasi proyek lalu dirangkai membentuk suatu sistem bangunan. Pada perencanaan beton *precast*, semua komponen diperhitungkan terhadap beban yang akan terjadi sejak proses produksi (pre-pabrikasi), pengangkutan, pemasangan (ereksi), sampai saat beban pemakaian (beban *service* dan *ultimate*) selama masa pemakaian (Siddiq, 1995).

Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, *predictability*, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, *reusability*, serta *relocatability* (Gibb, 1999).

Secara umum, dalam Sulisty (2005), penggunaan beton pracetak untuk bangunan memiliki beberapa keuntungan, diantaranya sbb:

1. Peningkatan kualitas produk bangunan, dikarenakan elemen-elemen pracetak dibuat di pabrik dengan kontrol kualitas dan kondisi kerja yang lebih baik daripada di lapangan. Selain itu juga, elemen-elemen dapat dibuat dalam jumlah banyak dengan presisi produk yang tinggi.
2. Penghematan biaya bangunan, dikarenakan penghematan dalam pemakaian acuan dan perancah, serta waktu konstruksi yang lebih cepat.
3. Penghematan waktu konstruksi, dikarenakan elemen-elemen struktur dapat diproduksi secara bersamaan untuk jenis elemen yang berbeda (pelat, balok,

dan kolom). Selain itu finishing dapat dilakukan dengan lebih cepat, karena permukaan beton sudah cukup bagus.

4. Tidak memerlukan tempat penimbunan bahan bangunan di sekitar lokasi proyek.

B.2 Sistem Beton Semi Pracetak

Beton semi pracetak atau *hybrid concrete construction* adalah sistem struktur yang elemen-elemennya merupakan perpaduan dari beton pracetak dan beton cetak di tempat atau *cast in place*.

Ada dua hal penting yang harus diperhatikan dalam menganalisa 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 didalamnya pengangkutan 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 dicor di tempat. Untuk itu perlu diperhatikan pendetailan titik kumpul atau *joint* pada elemen-elemen ini sehingga mencapai kondisi sama seperti monolit (*monolithic emulation*).

B.3 Pelat Precast dan Pendukung Pelat

Panel pelat lantai direncanakan ditumpu jepit di kedua sisi sebagai pendekatan kondisi tumpuan menerus di atas balok dan bebas di kedua sisi yang lain. Penulangan pelat pracetak direncanakan untuk menahan momen positif dua arah sebagai pengganti penulangan positif pelat *cip*. Pembebanan yang dilakukan berupa beban terpusat statis ditengah antara dua balok dan di daerah tepi (di dekat balok).

Pendukung pelat diperlukan untuk mengurangi lendutan sehingga tidak terjadi runtuh sebelum dibebani. Pelat konvensional masih monolit (balok dan pelat menyatu) dengan persaingan antar kontraktor semakin berkembang mengakibatkan berdampak pada waktu dan biaya. Maka para kontraktor mulai beralih ke sistem *precast* salah satu yang berkembang untuk pendukung plat sekaligus bagian dari plat adalah *support beam*.

B.4 Kekakuan

Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk menghasilkan suatu lendutan, menurut Gere dan Timoshenko, 1987. Kekakuan kolom merupakan salah satu faktor penting untuk menjaga agar kolom tetap kokoh. Pembatasan kekakuan berguna, antara lain untuk menjaga agar struktur atau non struktur tidak terdefleksi melampaui defleksi yang disyaratkan dalam peraturan. Kekakuan dapat dinyatakan dalam

$$\text{persamaan berikut : } K = \frac{P}{\Delta}$$

dimana:

K = Kekakuan (kN/m)

P = Gaya kolom (kN)

Δ = Lendutan kolom (m)

B.5 Konsep Dasar Balok Tampang T

Balok tampang T ini adalah balok bukan segi empat yang paling sering digunakan. Ini disebabkan karena *flens* yang dicor *monolit* dengan balok memberi kontribusi kekuatan dan kekakuan pada balok.

Persyaratan daktilitas balok T sama dengan yang disyaratkan bagi balok persegi dimana rasio tulangan maksimum tidak boleh lebih besar dari $0,75 \rho_{\min}$ bentuk balok T memberikan daerah tekan khusus yang cenderung lebih luas. Untuk proses analisis harus diketahui terlebih dahulu bentuk blok tegangan tekan. Seperti halnya pada analisis balok persegi. Dengan demikian terdapat dua kemungkinan keadaan yang akan terjadi blok tegangan tekan seluruhnya masuk di dalam daerah *flens* yang disebut analisis balok T persegi dengan lebar *flens* efektif b_f dilakukan analisis sama seperti balok persegi dengan lebar b_f (lebar *flens*), atau blok tekan meliputi seluruh daerah *flens* ditambah sebagian lagi masuk di *web* yang disebut analisis balok T murni dengan memperhitungkan blok tegangan tekan mencakup daerah kerja berbentuk T (Dipohusodo, 1996).

B.6 Analisa Momen-Kelengkungan Balok dengan Metode Pias

Analisis kuat lentur balok secara teoritis dapat dihitung berdasarkan metode pias dengan bantuan *software microsoft excel*. Adapun langkah-langkah pembuatan kurva teoritis adalah sebagai berikut :

a. Membuat persamaan hubungan antara tegangan dan regangan yang dapat mewakili hasil pengujian.

b. Membuat kurva momen kelengkungan ($M-\phi$), dengan cara :

1) Tentukan satu nilai ϕ dan sembarang nilai c ($0 < c < d$)

2) Menghitung nilai ϵ_s dengan persamaan $\epsilon_s = (d-c)\phi$, selanjutnya nilai f_s dicari dengan persamaan :

a) Bila $\epsilon_s < \epsilon_y$ maka $f_s = \epsilon_s E_s$

b) Bila $\epsilon_y < \epsilon_s < \epsilon_{sh}$ maka $f_s = f_y$

c) Bila $\epsilon_{sh} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$ maka

$$f_s = f_y \left[\frac{mp + 2}{60p + 2} + \frac{p(60 - m)}{2n} \right]$$

3) Menghitung nilai ϵ_s' dengan persamaan $\epsilon_s' = (c-d)\phi$, selanjutnya nilai f_s dicari dengan persamaan :

a) Bila $\epsilon_s' < \epsilon_y$ maka $f_s = \epsilon_s' E_s$

b) Bila $\epsilon_y < \epsilon_s' < \epsilon_{sh}$ maka $f_s = f_y$

c) Bila $\epsilon_{sh} < \epsilon_s' < \epsilon_{su}$ maka

$$f_s = f_y \left[\frac{mp + 2}{60p + 2} + \frac{p(60 - m)}{2n} \right]$$

4) Membagi diagram regangan beton di bagian tekan menjadi beberapa pias (n) dengan nomor pias (i) terkecil adalah pias paling bawah,

5) Menghitung regangan beton (ϵ_c) tiap pias dengan persamaan

$$\epsilon_{ci} = y_i \phi$$

Dimana : $y_i = (c/n)(i-0,5)$

6) Menghitung besarnya tegangan tekan beton masing-masing pias dengan persamaan

a) Bila $\epsilon_c < \epsilon_{cr}$ maka $f_c = f_c' \times \epsilon_c$

b) Bila $\epsilon_{cr} < \epsilon_c < \epsilon_0$ maka

$$f_c = f_c' \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_0} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 \right]$$

7) Menghitung besarnya gaya tarik yang terjadi pada baja tulangan tarik dengan persamaan $T_s = A_s f_s$,

8) Menghitung besarnya gaya tekan yang terjadi pada baja tekan dengan persamaan $C_s = A_s' f_s'$

9) Menyeimbangkan gaya-gaya yang terjadi ($T_s - C_s - \Sigma C_{ci} = 0$)

10) Menghitung momen tahanan dalam total (M) dengan persamaan

$$\text{dengan } z_c = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ci} - y_i)}{C_s}$$

- 11) Menggambar kurva $M-\phi$ dari nilai-nilai M dan ϕ yang diperoleh kemudian dicari persamaan garisnya dengan bantuan fasilitas “*add trendline*” pada *software Microsoft Excel*.

B.7 Finite Element Analysis

Analisis element hingga (FEA) atau yang dikenal dengan metode element hingga (FEM) adalah sebuah metode untuk solusi numerik dari masalah yang biasa dijumpai di lapangan. Suatu masalah dilapangan umumnya mengharuskan kita untuk menyelesaikan satu atau lebih variabel yang ada.

Secara umum metode elemen hingga memiliki beberapa kelebihan, diantaranya:

1. Metode elemen hingga dapat digunakan pada berbagai masalah, contohnya : perpindahan panas, analisa tegangan, analisa medan magnet dan masih banyak lagi.
2. Metode elemen hingga tidak membatasi geometri dari benda, benda apapun dapat dimodelkan.
3. Kondisi batas dan pembebanan yang dilakukan juga tidak dibatasi.
4. Data material yang yang didefinisikan pada elemen juga tidak dibatasi, sehingga pada elemen tersebut dapat diubah-ubah data materialnya sesuai kebutuhan.
5. Dapat menggabungkan beberapa tipe elemen, contohnya pada beton bertulang.

B.8 Program ABAQUS 6.12

Abaqus adalah paket program simulasi rekayasa yang kuat, didasarkan pada metode elemen hingga yang dapat memecahkan masalah mulai dari model material yang dapat mensimulasikan perilaku sebagian besar bagan rekayasa, termasuk logam, karet, polimer, komposit, beton bertulang, busa yang lentur dan kuat, dan bahan geoteknik seperti tanah dan batuan.

Untuk program abaqus yang komplit biasanya melalui tiga proses yaitu; proses awal, simulasi, dan proses akhir.

- a) Proses awal (preprocessing)

Pada bagian ini akan menampilkan model awal yang menjadi masalah fisik yang akan diinput datanya pada program, misalnya bentuk balok, bentuk kolom, bentuk shell pipa, dan lain-lain.

- b) Simulasi

Pada proses simulasi ini adalah proses untuk melakukan, mendata dengan data numerik. Sebagai contoh, output dari analisis perpindahan dan gaya untuk *running* data dapat dilakukan dengan cepat.

- c) Proses akhir (post processing)

Pada proses akhir dapat diambil kesimpulan yang sudah komplit pada perpindahan (displacement), stresses (gaya) pada setiap variabel yang sudah dikalkulasikan.

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Pemodelan rantai *curved tile*

Pemodelan dilakukan terhadap tiga elemen struktur, yakni *support beam*, *curved tile*, dan beton *cast in place*.

Secara rinci model yang akan dibuat meliputi:

Tabel 1 Spesifikasi Support Beam Pracetak

Spesifikasi	Ukuran
Dimensi <i>Support Beam</i> (mm)	100 x 60
Panjang (mm)	3000
Mutu beton (MPa)	20
Diameter Tulangan	
Longitudinal (mm)	12
Jumlah Tulangan Longitudinal	3

Tabel 2 Spesifikasi *curved tile* Pracetak

Spesifikasi	Ukuran
Dimensi <i>curved tile</i> (mm)	530 x 20
Panjang (mm)	3000
Mutu beton (MPa)	20

Tabel 3 Spesifikasi beton *cast in place*

Spesifikasi	Ukuran
Tebal <i>cast in place</i> (mm)	120 diatas <i>beam</i>
Panjang (mm)	3000
Mutu beton (MPa)	20
Wire Mesh M6-150	WM 6-150

C.2 Input data property

Input data property dilakukan dengan memasukkan data berupa sifat-sifat mekanik

material. Material beton pada penelitian ini dimodelkan dengan tipe *solid, homogeneous* sedangkan tulangan dimodelkan dengan tipe *truss*. Material baja yang digunakan dalam pemodelan memiliki karakteristik sebagai berikut.

- a. *Mass density* = 7850 kg/m³
- b. *Young's modulus* = 200000 MPa
- c. *Poisson's ratio* = 0,3

Material beton didefinisikan sebagai *concrete damage plasticity* yang akan mengalami kerusakan akibat tegangan dan regangan plastis. Material beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 mpa.

C.3 Assembly dan meshing

Tulangan akan dirakit menjadi suatu rangkaian tulangan dengan tulangan longitudinal beserta tulangan sengkangnya. Support bean dan lantai akan disatukan menjadi struktur plat lantai. Rangkaian tulangan selanjutnya akan diberi interaksi *embedded region* sehingga model sambungan lantai dengan model tulangan akan menjadi satu kesatuan.

Meshing adalah pedefinision elemen pada model material beton bertulang. Semakin banyak elemen yang diberikan maka hasil perhitungan akan semakin akurat.

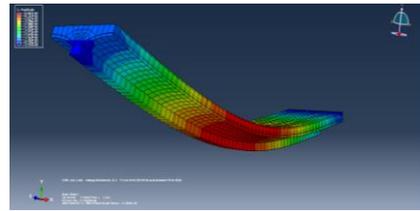
C.4 Pendefinision kondisi benda uji

Setelah tahap *meshing* selesai, ada beberapa kondisi yang harus diberikan pada benda uji.

- a. Pemberian perletakan (*restraint*)
Dalam penelitian digunakan jenis perletakan sendi dan rool, untuk didapatkan kuat lentur murni.
- b. Pemberian beban
Pembebanan yang diaplikasikan pada model berupa beban aksial secara kontiniue sebesar 0.05 M.
- c. Penentuan titik *displacement*
Penentuan lokasi *displacement* pada *node* dapat dipilih sesuai yang diinginkan.

C.5 Running dan output

Setelah semua proses *input* data selesai diberikan kepada model lantai, maka tahap selanjutnya adalah *running*. Data yang sudah selesai *running* akan memunculkan plot kontur akibat *stress* (beban) dengan menampilkan perpindahan gaya seperti yang terlihat dalam Gambar 1.

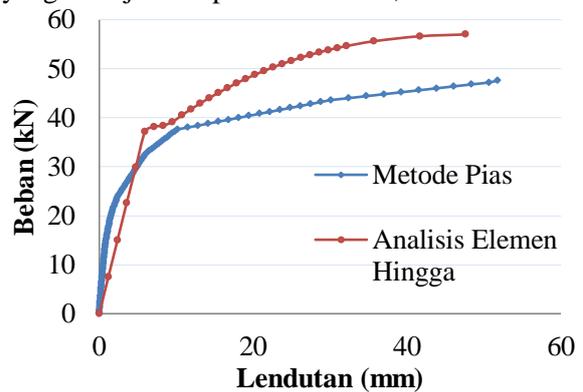


Gambar 1 Tampilan Hasil *Running Software* Elemen Hingga

D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

D.1 Grafik hubungan beban-*displacement*

Berdasarkan hasil uji numerik Berdasarkan hasil uji numerik pemodelan sistem lantai semi pracetak, menggunakan analisis metode pias dan *software* elemen hingga pada sistem lantai semi pracetak, diperoleh kurva hubungan beban dan lendutan (*displacement*) (P vs Δ), sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2, di bawah ini.



Gambar 2 Grafik Beban Lateral-Lendutan

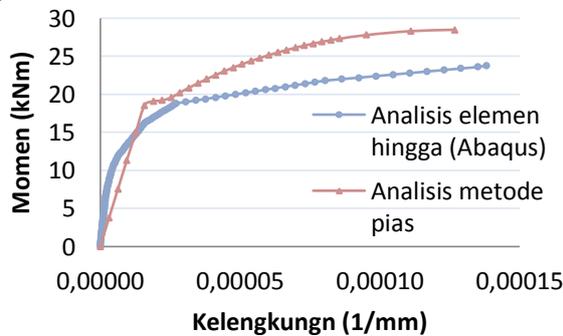
Gambar 2 menunjukkan hasil metode pias lebih besar dari hasil analisis menggunakan *software* elemen hingga. Berdasarkan hasil analisis metode pias P_{maks} untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 56.99 kN, sedangkan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 47.60 kN. Nilai hasil perbandingan beban lateral dan lendutan keseluruhan secara rinci dapat dilihat dalam Tabel 4, berikut ini.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Beban Maksimum dan Lendutan Maksimum

Model Lantai <i>Curved tile</i>	P_{maks} (kN)	Lendutan (mm)
Analisis Metode Pias	56.99	47.60
<i>Software</i> Elemen Hingga	47.60	51.80

D.2 Hubungan Momen dan Kelengkungan

Lendutan pada sistem lantai semi pracetak akan menyebabkan terjadinya peningkatan momen. Lendutan yang terjadi pada sistem lantai semi pracetak menghasilkan kelengkungan jari-jari kelengkungan sampai titik temu antara ujung bentang yang satu dengan yang lain. Perbandingan momen dan kelengkungan pada sistem lantai semi pracetak dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Hubungan Momen- Kelengkungan

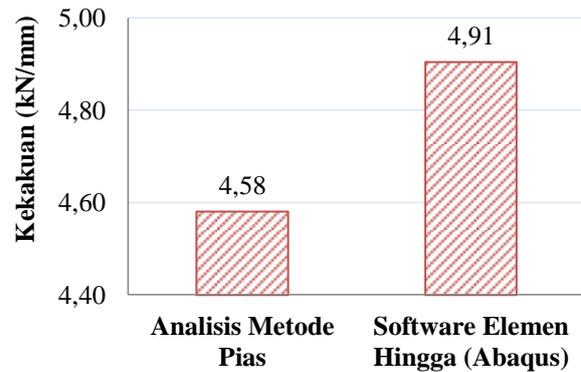
Grafik ini memunculkan data dari beberapa analisis, yaitu analisis metode pias, dan analisis *software* elemen hingga (Abaqus). Berdasarkan hasil analisis metode pias M_{maks} untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 28.49 kNm, sedangkan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 23.80 kNm. Nilai hasil perbandingan momen dan kelengkungan keseluruhan secara rinci dapat dilihat dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Momen Maksimum dan Kelengkungan

Model Lantai <i>Curved tile</i>	M_{maks} (kNm)	Kelengkungan (1/mm)
Analisis Metode Pias	28.49	0.000127
<i>Software</i> Elemen Hingga	23.80	0.000138

D.3 Kekakuan

Kekakuan merupakan perbandingan antara beban retak (P_{crack}) dan lendutan retak (δ_{crack}), yang terjadi pada sistem lantai semi pracetak. Beban dan lendutan retak dapat ditentukan dari hubungan beban dan lendutan hasil dari analisis *software* elemen hingga dan analisis metode pias. Nilai kekakuan secara rinci dapat dilihat dalam gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Nilai kekakuan sistem lantai

Tabel 6. Nilai kekakuan sistem lantai

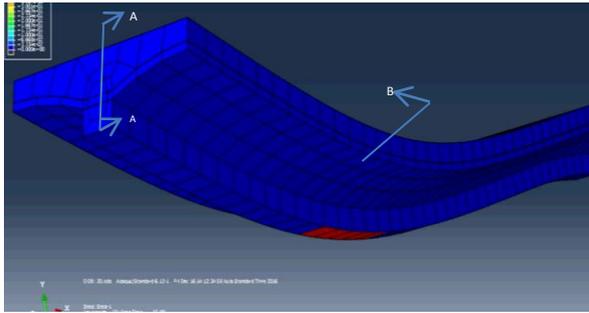
Model Lantai <i>Curved tile</i>	Kekakuan (kN/mm)	Rata-Rata (kN/mm)
Analisis Metode Pias	4.58	4.74
<i>Software</i> Elemen Hingga (Abaqus)	4.91	

Nilai kekakuan pada Table 6. didasarkan pada beban retak (P_{crack}) dan lendutan retak (δ_{crack}) dengan menggunakan dua buah titik dengan jarak 1/3 panjang bentang lantai. Berdasarkan hasil analisis metode pias kekakuan untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 4.58 kN/mm, sedangkan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 4.91 kN/mm. nilai rata-rata kekakuan dari analisis metode pias dan elemen hingga didapat 4.74 kN/mm.

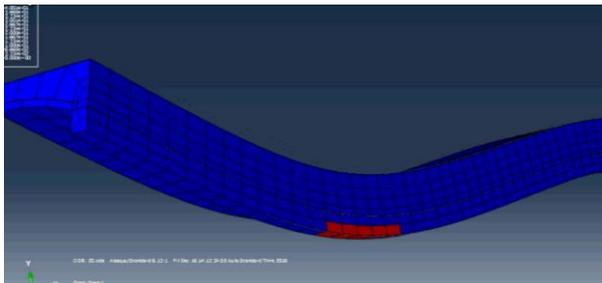
D.4 Evaluasi Pola Retak

Hasil kekakuan menggunakan analisis metode pias untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 4.58 kN/mm, dan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 4.91 kN/mm. Sedangkan nilai rata-rata kekakuan dari analisis metode pias dan elemen hingga didapat 4.74 kN/mm. Retak pertama yang terjadi pada sistem lantai semi pracetak berupa retak searah memanjang tulangan sengkang yang berada di daerah tarik. Seiring dengan penambahan beban dapat dilihat terjadi retak pada daerah samping lantai kearah memanjang lantai, retakan selanjutnya merupakan perpanjangan retak sebelumnya dan seiring dengan pertambahan beban semakin melebar dan menambah retakan baru berupa retak lentur pada daerah bawah lantai. Pola penjalaran retak pada bagian sistem lantai semi pracetak dapat dilihat pada Gambar

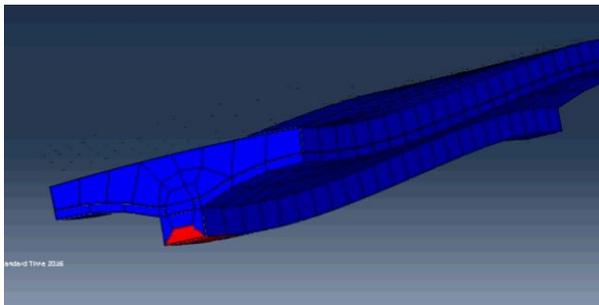
berikut.



Gambar 5, Pola Penjalaran Retak Lantai Semi Pracetak



Gambar 6, Pola Penjalaran Retak Lantai Semi Pracetak (Potongan A)



Gambar 7, Pola Penjalaran Retak Lantai Semi Pracetak (Potongan B)

Model keruntuhan pada sistem lantai semi pracetak adalah pola keruntuhan lentur. Hal ini dapat dilihat bahwa retak pada lantai di mulai dari tengah dan cenderung bergerak dari sisi tarik lurus ke atas, seperti yang terlihat pada Gambar diatas.

E. SIMPULAN DAN SARAN

E.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan metode pias, analisis element hingga dan penelitian terdahulu terhadap sistem lantai *curved tile* yang ditinjau, maka beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Hasil beban maksimum (P_{maks}) pada sistem lantai semi pracetak menggunakan analisis metode pias lebih besar dibandingkan menggunakan analisis element hingga (Abaqus). hasil analisis metode pias P_{maks} untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 56.99 kN, sedangkan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 47.60 kN.
2. Momen maksimum (M_{maks}) pada sistem lantai semi pracetak menggunakan analisis metode pias lebih besar dibandingkan menggunakan analisis element hingga (Abaqus). Berdasarkan hasil analisis metode pias M_{maks} untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 28.49 kNm, sedangkan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 23.80 kNm.
3. Nilai kekakuan menggunakan analisis metode pias untuk sistem lantai semi pracetak sebesar 4.58 kN/mm, dan analisis menggunakan *software* elemen hingga sebesar 4.91 kN/mm. Sedangkan nilai rata-rata kekakuan dari analisis metode pias dan elemen hingga didapat 4.74 kN/mm.
4. Retak pertama yang terjadi pada sistem struktur berupa retak searah memanjang tulangan sengkang yang berada di daerah tarik. Seiring dengan penambahan beban dapat dilihat terjadi retak pada daerah samping lantai kearah memanjang lantai, retakan selanjutnya merupakan perpanjangan retak sebelumnya dan seiring dengan pertambahan beban, maka semakin melebar dan menambah retakan baru berupa retak lentur pada daerah bawah lantai.
5. Model keruntuhan pada sistem lantai semi pracetak adalah pola keruntuhan lentur. Hal ini dapat dilihat bahwa retak pada lantai di mulai dari tengah dan cenderung bergerak dari sisi tarik lurus ke atas.

E.2 Saran

1. Penelitian ini hanya membandingkan beberapa metode untuk menganalisis kekuatan pada sistem lantai *curved tile* semi pracetak akibat beban aksial. Oleh sebab itu disarankan untuk studi selanjutnya analisis dilakukan untuk kolom semi pracetak dan balok semi pracetak sehingga perilaku kekuatan stuktur gedung yang menggunakan sistem semi dapat diketahui lebih detail.
2. Dalam penelitian ini analisis terbatas terhadap perilaku kekuatan lentur lantai semi pracetak akibat beban aksial, sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menganalisis kuat geser, torsi, dan lainnya.

3. Penelitian ini hanya menggunakan dua beban aksial disepertiga panjang bentang, disatankan mencoba dengan analisis beban horizontal atau bisa menggunakan beban merata disepanjang bentang yang menerima beban.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. (2007). *Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai*. Seminar dan Pameran HAKI.
- Dipohusodo, I. (1996). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.
- Elliott, K. S. (2002). *Precast Concrete Structures*. Great Britain: Antony Rowe Ltd.
- Gibb, A. G. F., 1999, *Off site Fabrication*, John Willy and Son, New York, USA
- Iskandar, W., 2008, *Studi Penggunaan Balok Semu Pada Pelat Lantai Beton Bertulang Sebagai Pengganti Balok Anak*, <http://www.scribd.com/doc/15984796/Jurnal-Sjamsu-Rev>
- Mirawan, A., 2008, *Perbandingan Kuat Lentur Balok Berpenampang Persegi Dengan Balok Berpenampang I*, [http://rac.uui.ac.id/server/document/Public / Perbandingan Kuat Lentur Balok Berpenampang Persegi Dengan Balok Berpenampang I.pdf](http://rac.uui.ac.id/server/document/Public/Perbandingan%20Kuat%20Lentur%20Balok%20Berpenampang%20Persegi%20Dengan%20Balok%20Berpenampang%20I.pdf)
- Nurjaman, H. (2000). *Sistem Bangunan Pracetak untuk Rumah Susun dan Rumah Sehat Sederhana*. Pelatihan dan Sertifikasi Pengawas Pekerjaan Bangunan Rumah Susun yang Menggunakan Komponen dan Sistem Pracetak, Pusat Pengembangan Perumahan Kementerian Negara Perumahan Rakyat.
- Siddiq, S., 1995, *Struktur Rangka Tahan Gempa dengan Komponen Precast*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Thedy, J., 2010. *Analisa Pengaruh Penggunaan Pengaku Vertikal Terhadap Perilaku tekuk Torsi Lateral Pada Balok Baja Berbentuk H Di Bawah Pengaruh Momen Kurvatur Ganda Dengan Menggunakan Abaqus*.