ANALISIS GAYA LENTUR PADA SAMBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR SEMI PRACETAK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ABAQUS v6.14

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

Oleh :

HANNAN ALI MUKHD0R

2017. 69.01.0021

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS YUDHARTA PASURUAN

2021

PERNYATAAN KEASLIAN PENULIS

JUDUL : ANALISIS GAYA LENTUR PADA SAMBUGAN BALOK KOLOM SEMI PRACETAK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ABAQUS V6.14

NAMA : HANNAN ALI MUKHDOR

NIM : 2017.69.01.0021

Teknik Pengumpulan Data "Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut".

Pasuruan, 14 Agustus 2021

Materai

Hannan Ali Mukhdor
Penulis

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISA GAYA LENTUR PADA SAMBUNGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR SEMI PRACETAK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ABAQUS V6.14

NAMA : HANNAN ALI MUKHDOR

NIM : 2017.69.01.0021

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui

Pasuruan, 14 Agustus 2021

Kaprodi,	Pembimbing,
Afrikhatul Maulidiyah, ST., MT.	Ir. Januar Sasongko, MT.
NIP.Y.0690814132	NIP.Y.0690201011

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS GAYA LENTUR PADA SAMBUGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRRAM ABAQUS V6.16

NAMA : HANNAN ALI MUKHDOR

NIM : 2017.69.01.0021

Skripsi ini telah diajukan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal Agustus 2021. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (ST).

Pasuruan, 14 Agustus 2021

Pembimbing,

Ir. Januar Sasongko, MT.
NIP.Y.0690201011

Penguji Utama,

Sucipto, ST,. MT.
NIP.Y.0691101061

Penguji Anggota,

Ir. Januar Sasongko, MT.
NIP.Y.0690201011

Kaprodi,

Afrikhatul Maulidiyah, ST., MT.
NIP.Y.0690814132

Dekan Fakultas Teknik,

Misbach Munir, ST., MT.
NIP.Y.069020101

HALAMAN PERUNTUKAN

Skripsi ini kami tunjukan kepada:

<u>Mbah yai beserta keluarganya</u>

Yang senantiasa membimbing hati kami

untuk menjadi insan yang bermanfaat untuk semuanya

<u>Ayahanda dan Ibunda tercinta</u>

Yang selalu memotivasi dengan ikhlas dan sabar

Mendoakan dan mencukupi segala

kebutuhan kami

<u>Semua yang pernah mendidik kami</u>

Orang-orang pilihan yang telah mendidik dan memberikan

Ilmu dan pengalamannya

<u>Semua keluarga besar dan teman-teman</u>

Yang saling memotivasi dalam kebersamaan diwaktu suka

maupun duka untuk mencapai kesuksesan

ABSTRACT

The beam-column connection in precast concrete is a very important part in distributing the forces that work between elements, if planning is not done properly then the connection can change the forces acting on the precast structure so that structural failure can occur.

In this study, we analyze the compressive strength and flexural strength of the beam-column connection by means of a numerical test using the finite element method assisted by the Abaqus 6.14 program.

The results of this study on the results of the numerical compressive strength test using the beam-column joint modeling test object from compression stress, it can be seen that the compressive stress and compressive strain at S. Mises for test object 1 is 101600 N/m², test object 2 is 352102 N/ m² and for test object 3 is 793618 N/m², and getting the maximum principal moment value on test object 1 is 5.93302N/m², test object 2 is 4.02101 N/m² and test object 3 is 7.44718 N/m².

Keywords : Concrete, beam-column connection, Finite Element Method, Abaqus 6.14

ABSTRAK

Sambungan balok-kolom pada beton pracetak merupakan bagian yang sangat penting dalam mendistribusikan gaya-gaya yang bekerja antar elemen, apabila perencanaan tidak dilakukan dengan baik maka sambungan dapat megubah gaya yang bekerja pada struktur pracetak sehingga dapat terjadi kegagalan struktur.

Dalam penelitian ini menganalisa kuat tekan dan kuat lentur pada sambungan balok-kolom dengan cara uji numerik menggunakan metode elemen hingga yang dibantu dengan program Abaqus 6.14.

Hasil penelitian ini pada hasil uji numerik kuat tekan dengan menggunakan benda uji pemodelan sambungan balok-kolom dari compression stress dapat diketahui bahwa tegangan tekan dan regangan tekan pada S. Mises untuk benda uji 1 adalah 101600 N/m², benda uji 2 adalah 352102 N/m² dan untuk benda uji 3 adalah 793618 N/m², dan mendapatkan nilai momen maximal principal pada benda uji 1 adalah 5,93302N/m², benda uji 2 adalah 4,02101 N/m² dan benda uji 3 adalah 7.44718 N/m².

Kata kunci : Beton, sambungan balok-kolom, Metode Elemen Hingga, Abaqus 6.14

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kami haturkan ke hadirat ilahi Rabbi Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi "Analisa Sambungan Balok Kolom Eksterior Semi Pracetak Dengan Menggunakan Program Abaqus 6.14" dengan baik dan lancar.

Ta'dziman wa Ikroman semoga tetap mengalir untuk Nabi Muhammad SAW, sederas ilmu yang telah beliau sampaikan untuk umatnya dalam bingkai ketauladanan yang tiada tara.

Sebagai sebuah bentuk tanggung jawab kami kepada pihak lembaga program studi yang telah memberikan kami kesempatan untuk bisa belajar, maka kewajiban bagi kami untuk menyusun berupa tugas akhir yang sesuai dengan apa yang kami dapatkan dibangku perkuliahan maupun di lapangan.

Selanjutnya dengan itu kami menyampaikan penghargaan dan ucapan rasa syukur terima kasih kepada :

1. Tuhan yang Maha segalanya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada kami.
2. Mbah Kyai dan Mbah Nyai serta keluarga ndalem yang selalu senantiasa membimbing hati kami untuk menjadi insan yang bermanfaat.
3. Bapak Dr. H. Kholid Murtadlo, SE,. ME selaku Rektor Universitas Yudharta Pasuruan.
4. Bapak Misbach Munir, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Yudharta Pasuruan.
5. Ibu Afrikhatul Maulidiyah, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Yudharta Pasuruan.
6. Bapak Ir. Januar Sasongko, MT. selaku pembimbing skripsi kami yang dengan sabarnya selalu membimbing dan mengarahkan kami.
7. Orang tua kami yang telah mendidik dan menafkahi kami dengan sabar dan ikhlas.

8. Semua teman-teman Teknik Sipil 2017 atas segala dukungan dan kerjasamanya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Dan semua pihak yang tidak mungkin kami sebutkan satu per satu dengan segala kerendahan hati, kami ucapkan terima kasih dan semoga senantiasa diberi kesehatan dhohiron wa bathinan.

Dan akhirnya semoga tulisan kami dapat bermanfaat bagi kami khususnya dan bagi lembaga pada umumnya . Kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan tulisan ini pasti ada. Maka dari itu, kami mengharap atas kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Pasuruan, 14 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL ..... **i**

HALAMAN JUDUL ..... **ii**

PERNYATAAN KEASLIAN PENULIS ..... **iii**

PERSETUJUAN SKRPSI ..... **iv**

PENGESAHAN SKRIPSI ..... **v**

HALAMAN PERUNTUKAN ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

ABSTRAK ..... **viii**

KATA PENGANTAR ..... **ix**

DAFTAR ISI ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**

DAFTAR ISTILAH ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1Latar belakang 1

1.2Rumusan masalah 2

1.3Tujuan penelitian 3

1.4Manfaat penelitian 3

1.5Batasan masalah..... 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1Penlitian terdahulu 5

2.2Penelititan bata ringan & sambungan balok kolom 6

2.3Landasan teori..... 7

2.4Finite elemen method..... 18

2.5Program abaqus cae v6.14 20

BAB III METODE PENELITIAN..... 25

3.1Kerangka pemikiran..... 25

3.2Metedologi penelitian 26

3.3Tahap pengumpulan data 26

3.4Tahap pengolohan data 27

3.5Diagram alir penelitian 28

3.6Data gambar..... 29

3.7Data pemodelan uji eksperimental..... 32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 36

4.1Analisis hasil pemodelan benda uji..... 36

4.2Kurva tegangan dan regangan..... 39

BAB V PENUTUP 41

5.1 Kesimpulan 41

5.2 Saran 41

DAFTAR PUSTAKA..... 43

LAMPIRAN 46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 5

Tabel 3.1 Tipe Model Sambungan Balok-Kolom 32

Tabel 3.2 *Parameter Plasticy Concrete* 33

Tabel 3.3 *Compresive Behavior* 33

Tabel 3.4 *Concrete Compression* 34

Tabel 3.5 *Tensile Behavior*..... 34

Tabel 3.6 *Concrete Tension Damage* 35

Tabel 3.7 *Stress Dan Strain*..... 35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembeban Pada Balok Lentur..... 10

Gambar 2.2 Retak Geser Pada Balok Lentur 11

Gambar 2.3 Kekakuan Dan Daktilitas..... 13

Gambar 2.4 Hubungan Beban Dan Lendutan..... 14

Gambar 2.5 Tipe Sambungan Balok-Kolom 16

Gambar 2.6 Komponen Pada Windows Utama Abaqus..... 22

Gambar 3.1 Kerangka Pemikiran 25

Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian..... 28

Gambar 3.3 Detail Gambar Benda Uji 1 29

Gambar 3.4 Detail Gambar Benda Uji 2 30

Gambar 3.5 Detail Gambar Benda Uji 3 31

Gambar 4.1 Pemodelan Benda Uji 36

Gambar 4.2 Hasil Tegangan Dan Regangan 37

Gambar 4.3 Tegangan Dan Regangan Aksial Pada Sambungan.. 38

Gambar 4.4 Hasil Kurva Tegangan Dan Regangan (Kuat Tekan) 39

Gambar 4.5 Hasil Kurva Tegangan Dan Regangan (Kuat Lentur) 40

DAFTAR ISTILAH

b = Lebar balok
c = Kekuatan tekan beton pada beton retak
D = Diameter silinder
Ec = Modulus elastisitas
EN = Eurocode
Eci = Modulus diasosiasikan dengan arah i
Ec s = Modulus sekan beton
Etan = Modulus tangen
E0 = Modulus awal
fc' = Kuat tekan beton
f'cc = Kekuatan tekan aksial specimen terkekang 'confined'
f`c ef = Tegangan tekan efektif beton
f'ccu = Kekuatan beton kubus
ft = Kuat tarik beton
ftl = Tekanan lateral pembatas
f`t ef = Tegangan tarik efektif beton
fr = Modulus keruntuhan
fu = Kuat ultimate baja
fy = Kuat leleh baja
f(p) = Vektor gaya dalam titikGf = Energi retak yang dibutuhkan untuk membentuk sebuah area dari retak tegangan bebas
h = Tinggi balok
J = Joint
JS = Joint with Slab
k = Parameter bentuk
K(p) = Matriks kekakuan, berkaitan kenaikan beban untuk peningkatan deformasi
L = Panjang
M = Momen maksimum
NZS = New Zealand Standards
q = Vektor beban titik total

P = Gaya tekan maksimum
p = Deformasi struktur sebelum peningkatan beban
rec = Faktor reduksi kekuatan tekan pada arah prinsipal 2 akibat tegangan tarik pada arah prinsipal 1
w = Pembukaan retak
wc = Pembukaan retak pada pelepasan lengkap tegangan
wconc = Berat jenis beton
wd = Deformasi plastis
x = Regangan ternormalisasi
ϕu = Rotasi ultimit
ϕy = Rotasi leleh
γec = Faktor reduksi kekuatan tekan pada arah principal 2 akibat tegangan tarik pada arah prinsipal 1
γet = Faktor reduksi kekuatan tekan pada arah principal 2 akibat tegangan tarik pada arah prinsipal 2
ε = Regangan
$\varepsilon\ eq$ = Regangan uniaxial ekivalen
εc = Regangan pada tegangan puncak
εd = Regangan tekan pada tegangan nol
εlim = Regangan ultimit
εu = Regangan ultimit baja
εy = Regangan leleh baja
μ = Daktilitas rotasi
υ = Ratio Poisson
σ = Tegangan normal pada retak
σci = Tegangan
$\sigma c1$, $\sigma c2$ = Tegangan principal beton
$\sigma c\ ef$ = Tegangan uniaksil beton
$\sigma c\ ef$ = Tegangan efektif beton
$\sigma c\ ef$ = Tegangan efektif beton
σst = Tegangan tarik
σy = Tegangan leleh
σu = Tegangan ultimit
$\sigma ij\ n$, $\sigma ij\ n\text{-}1$ = Tegangan pada kondisi ke-n

$\Delta\varepsilon kl$ = Regangan plastis incremental
$\Delta\varepsilon kl$ = Regangan peretakan berdasarkan material yang digunakan
Δp = Peningkatan deformasi karena pembebanan bertingkat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini terutama di bidang konstruksi banyak menuntut kita untuk memperhatikan standart mutu dan produktifitas kerja untuk dapat berperan dalam meningkatkan sebuah pembangunan konstruksi yang lebih berkualitas dan mudah dalam pelaksanaan.

Gempa bumi yang sering terjadi di Indonesia hampir selalu menelan korban jiwa. Namun dapat dipastikan bahwa korban jiwa tersebut bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, tetapi diakibatkan oleh keruntuhan bangunan pada saat terjadi gempa.

Konstruksi bangunan yang rusak harus segera dibangun kembali dengan metode cepat dan mudah pelaksanaannya sehingga kehidupan masyarakat dapat kembali pada kondisi normal. Salah satu sistem yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan sistem pracetak pada struktur bangunan. Sistem pracetak yang mulai popular akhir-akhir ini telah terbukti dapat diandalkan untuk menggantikan sistem konvensional (sistem yang dicor di tempat). Namun, metode beton pracetak tidak familiar diterapkan untuk bangunan sederhana karena membutuhkan keahlian khusus. Oleh karena itu, dalam penelitian ini metode semi-pracetak, yang mudah untuk menerapkan di sebuah bangunan sederhana. Bagian dari kolom dan balok ditempatkan dengan waktu pengecoran yang berbeda sehingga mereka menjadi koneksi non-monolit.

Sambungan balok-kolom (*beam-column connection*) pada bangunan gedung adalah bagian yang kritis pada suatu bangunan dan memiliki keterbatasan kapasitas dalam menerima beban(Budiono, 2015). Pertemuan sambungan balok-kolom merupakan daerah interaksi tegangan-regangan yang tinggi khususnya beban yang diakibatkan oleh gempa, maka dari itu sambungan balok-kolom harus didesain dan diperhitungkan secara khusus agar pada saat gempa terjadi dapat berdeformasi secara inelastik. Pada sambungan balok kolom akan terjadi transfer beban balok ke kolom yang selanjutnya akan diteruskan ke pondasi. Dengan demikian hubungan balok-kolom harus dipastikan dapat memikul beban yang di timbulkan sehingga proses pembebanan dapat terjadi secara sempurna(DEWI, 2018)

Penelitian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan struktur pada sambungan balok-kolom dengan metode semi pracetak yang mana sebagian material beton diganti dengan batu bata ringan. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan struktur bangunan yang ringan.

Permasalahan utama adalah bagaimana pengaruh kekuatan struktur sambungan balok-kolom terhadap beban siklik monotonik, dan permasalahan kedua adalah bagaimana pengaruh kekuatan struktur sambungan balok-kolom terhadap beban siklik pada dua sisi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kekuatan struktur sambungan balok-kolom terhadap beban monotonik ?
2. Bagaimana hasil analisa gaya lentur dan kekuatan pada sambungan balok-kolom menggunakan program ABAQUS v6.14 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh kekuatan struktur sambungan balok kolom terhadap beban monotonik.
2. Menganalisa gaya lentur dan kekuatan pada sambungan balok - kolom menggunakan program ABAQUS v6.14

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di dapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan bata ringan (Hebel) sebagai bahan pengisi pada struktur balok. Pada penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan bata ringan sebagai pengganti sebagian batu pecah dapat sebagai alternative untuk bahan konstruksi balok kolom pracetak komposit yang lebih ringan.

Sebagai kelanjutannya, penelitian tentang bata ringan diharapkan akan menghasilkan bahan konstruksi yang

ringan pada konstruksi bangunan dan tanpa mengurangi kekuatan dari suatu konstruksi bangunan

1.5 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini untuk mempermudah dan terarah sesuai tujuan yang diharapkan, maka batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kontruksi yang di analisis adalah sambungan balok – kolom dengan metode semi pracetak.
2. Menganalisis pengaruh beban monotonik pada sambungan balok-kolom.
3. Analisis di lakukan terhadap gaya dalam momem lentur pada sambugan balok-kolom.
4. Menganalisis sambungan balok-kolom dengan menggunakan program ABAQUS v6.14.

.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa rujukan yang masih ada kesamaan dengan obyek pembahasan penelitian terdahulu yaitu yang dilakukan oleh :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Pokok pembahasan
1.	(DEWI, 2018)	Analisis sambungan balok-kolom eksterior pada struktur apartemen Marrakech suites dengan menggunakan program abaqus CAE v6.14 pada wilayah gempa 4	Penelitian ini memiliki obyek yang mana obyeknya adalah sambungan balok kolom yang ada pada gedung apartemen maarrakech suites dengan menggunkan program abaqus pada wilayah gempa 4, adapun hasil

			dari penelitian ini adalah perbandingan antara teori park & paulay dengan program abaqus, untuk hasil dari perhitungan teganggan maksimum data teoritis dari park& paulay adalah sebesar 24,69 N/mm² dan reganggan maksimum sebesar 0,00211. Dan hasil dari abqus untuk teganggan maksimum adalah sebesar 24,69 N/mm² dan untuk reganggan maksimum sebesar 0,00245.
2	(eka riyandi weningtyas,	Analisis numerik	Penelitian ini bertujuan untuk

	bagus soebandono, n.d.)	sambungan balok kolom bertulang pracetak eksterior dengan variasi penampang balok menggunakan beban static	mengetahui nilai daktilitas, dispasi energy, kekakuan, teganggan-reganggan dan pola retak sehingga didapatkan hasil sambungan yang efesien dan efektif unrtuk diaplikasikan dilapangan. Penelitian ini menggunakan dua buah benda uji sambungan eksterior dan penelitian ini dilakukan pemodelaan dengan menggunkan program abaqus CAE.6.11-2

2.2 Penelitian Tentang Bata Ringan, Sambungan Balok-Kolom Pracetak

Bata ringan *foam* dikenal ada 2 (dua) jenis: *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke dalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis. Perbedaan bata ringan *foam* AAC dengan CLC dari segi proses pengeringan yaitu AAC adalah beton seluler yang terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan alumunium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi) mengakibatkan memiliki gelembung udara dalam campuran tersebut dimana AAC mengalami pengeringan dalam oven autoklaf bertekanan tinggi sedangkan bata ringan *foam* jenis CLC yang mengalami proses pengeringan alami. CLC sering disebut juga sebagai *Non-Autoclaved Aerated Concrete* (NAAC) (pratama, 2015).

Sambungan dari beton bertulang balok-kolom adalah bagian penting dari struktur rangka. Desain koneksi adalah salah satu pertimbangan yang paling penting bagi keberhasilan pembangunan struktur beton bertulang. Rincian koneksi balok-kolom mempengaruhi kekuatan, stabilitas, daktilitas, dan redistribusi beban akibat pembebanan. Masalah umum dengan koneksi balok-kolom non-monolitik adalah kekakuan struktural berkurang, yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan dan kinerja struktur pada beton bertulang, Namun, penurunan ini dianjurkan untuk tidak melebihi batas 20%.

Prinsip perencanaan sambungan pada elemen pracetak dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu: (a). Kuat sambungan, ketika sendi antara unsur-unsur pracetak masih berperilaku elastis selama gempa kuat. Sistem koneksi ini terbukti secara teoritis dan eksperimen memiliki kekuatan dan kekerasan sebagai struktur beton monolitik.

(b). Koneksi ulet, ketika koneksi mengalami deformasi inelastis, koneksi sistem harus dibuktikan secara teoritis dan eksperimen untuk memenuhi persyaratan keandalan dan kekakuan pada struktur tahan gempa.

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Lentur Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban tambahan dari plat lantai ke kolom penyangga(Nawy, 1998). Selain gravitasi balok memikul beban angin dan gempa, hal ini menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada balok. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Karakteristik beton ialah kuat menerima tekan akan tetapi lemah menerima tarik. Sehingga apabila suatu elemen struktur yang terkena beban dan mengalami lentur, dimana salah satu bagian mengalami tekan dan bagian yang lain mengalami tarik, maka pada bagian yang mengalami tarik dipasang tulangan baja sebagai penahan beban tarik yang terjadi. Adapun tipe-tipe lenturan yang terjadi pada balok:

a. Lenturan murni (pure bending)

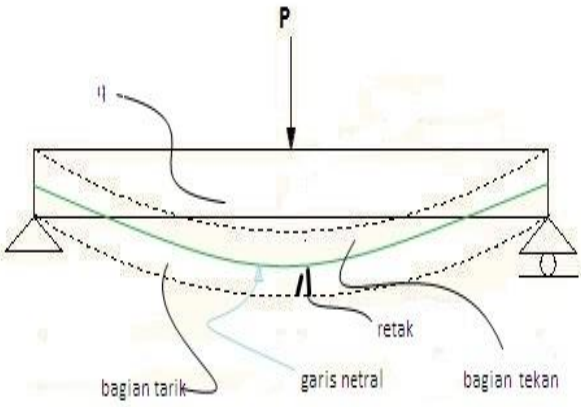
   Lenturang yang disebabkan oleh kopel dan tidak ada gaya geser transversal yang berkerja pada batang. Balok dengan lenturan murni hanya memiliki tegangan normal (teganggan lentur Tarik & tekan).

b. Lenturan biasa (ordinary banding)

   Lenturan disebabkan oleh gaya-gaya yang berkerja pada batang dan tidak terdapat kopel. Balok dengan lenturan murni hanya mempunyai tegangan normal dan geser

Adapun anggapan yang digunakan dalam menganalisis beban lentur adaalah sebagai berikut:

1) Beton tidak dapat menerima gaya tarik karena beton tidak memiliki kekuatan tarik
2) Perubahan bentuk yang berupa perpanjangan maupun perpendekan (reganggan tarik dan regangan tekan) pada serat-serat penampang, berbanding lurus dengan jarak tiap serat ke netral.
3) Hubugan teganggan dan reganggan pada baja dapat dinyatakan secara skematis.
4) Hubugan teganggan dan reganggan pada beton dapat dinyatakan secara skematis(Wikana & Widayat, 2007)



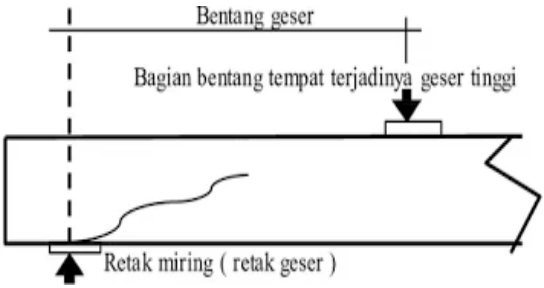
Gambar 2.1 : Pembebanan pada balok lentur

sumber: (Polypropylene et al., 2009)

2.3.2 Geser Balok

Desain geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton karena kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Perilaku balok beton bertulang pada keadaan runtuh geser sangat berbeda dengan pada keruntuhan karena lentur. Balok akan langsung hancur tanpa ada peringatan terlebih dahulu. Perilaku kegagalan geser bersifat getas, sehingga perencana harus merancang penampang yang cukup kuat untuk me mikul beban geser luar rencana tanpa mencapai kapasitas gesernya

kejadian geser pada beton bertulang, kerusakannya sering terjadi didaerah sepanjang kurang lebih tiga kali tinggi efektif balok, dan dapat di namakan bentang geser. Retak miring yang diakibatkan geser pada balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur disekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya.



Gambar 2.2 : retak geser pada balok beton bertulang.

Sumber : (Mahendra, 2016)

Retak miring (retak geser) terjadi akibat a danya teganggan gser yang tinggi. Hal ini terjadi untuk balok yang memiliki tulangan memanjang yaitu tulangan yan berfunsi sebagai pemikul gaya lentur tarik dan tekan yang di timbulkan oleh momen lentur. Tipe runtuhan geser ada 2 macam yaitu:

a. Retak geser badan (*web shear crack*)

Retak ini merupakan retak miring didalam badan dari balok beton bertulang yang tejadi tanpa adanya retak lentur didaerah sekitar atau lanjutan dari retak sebelumnya,, retak geser badan sering dijumpai pada beton pratekan,yaitu didalam balook berbentuk I yang berbadan tipis dan *flens* yang lebar, retak ini sering terjadi disekitar tittik balik lendutan atau tempat dimana tulangan terputus yang ada didalam balok menerus yang di bebani gaya aksial.(Hariawan, 2013)

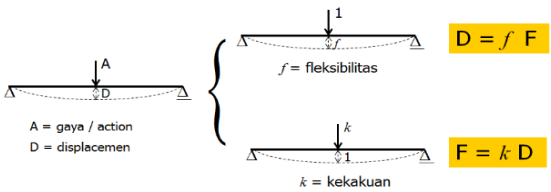
b. Retak geser lentur (*flexure shear crack*)

Retak miring lentur merupakan jenis rettak yang sering dijumpai didalam beton bertulang, retak lentur cenderung merambat kevertikal hamper ketulangan balok dan tidak menimbulkan teganggan sampai timbulnya suatu kombinasi yang kritis dari teganggan lentur dan geser didekat daerah yang telah retak. Retak geser menyebabkan terbelahnya balok menjadi 2 bagian yang dipisahkan oleh garis keretakan geser akibat pembelahan pada balok (Basuki & Hidayati, 2006)

2.3.3 Kekakuan

Kekakuan untuk struktur merupakan suatu yang penting. Pembatasan kekakuan berguna untuk menjaga konstruksi agar tidak melendut lebih dari lendutan yang disyaratkan. Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit displacement. Nilai kekakuan merupakan sudut kemiringan dari hubungan antara beban dan lendutan. Makin kaku suatu struktur makin besar nilai kekakuannya.

Kekakuan (Stiffness) adalah gaya (force) yang diperlukan untuk menghasilkan "unit displacement". Sedangkan, Fleksibilitas (Flexibility) adalah perpindahan (displacement) yang dihasilkan oleh "unit force". Konsep Kekakuan dan fleksibilitas dapat dilihat pada gambar di bawah.



$$k = \frac{1}{f} \qquad atau \qquad f = \frac{1}{k}$$

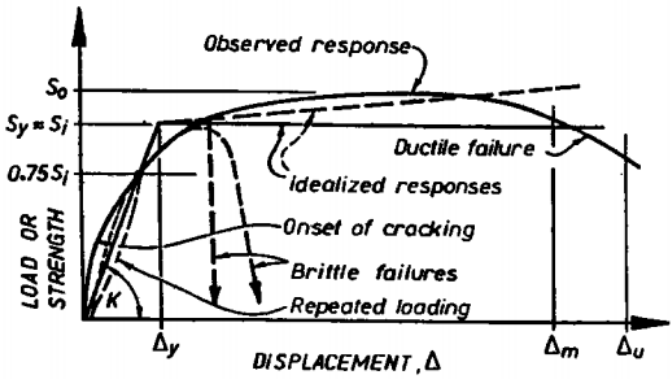
Gambar 2.3: Kekakuan dan fleksibilita

(H Andi Ahmad Taufik, n.d.)

2.3.4 Daktilitas

Daktilitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik

yang besar secara berulang kali dan bolak-balik yang diakibatkan oleh beban gaya gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, dengan mempertahankan kekakuan dan kekuatan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, meskipun dalam kondisi di ambang keruntuhan. Daktilitas menunjukkan kemampuan struktur dalam menahan pengaruh deformasi akibat kondisi pembebanan yang berlebihan .



Gambar 2.4: Hubungan beban – lendutan

(Dipohusodo, 1993)

Pada dasarnya daktilitas dibagi atas beberapa jenis. Hal ini terjadi karena adanya beberapa pengertian yang timbul. Pengertian daktilitas dapat ditinjau dari tiga jenis metode perhitungan. Daktilitas dapat ditinjau dari segi tegangan (*strain*), lengkungan (*curvature*), dan lendutan (*displacement*). (siregar, 2008)

2.3.5 Sambungan Balok Kolom

Sambungan antara balok-kolom adalah elemen struktural yang paling rentan terhadap kegagalan yang diakibatkan oleh beban statis. Kegagalan struktur ini biasanya diawali dengan terjadinya retakan yang terus merambat. Oleh sebab itu propagasi retak pada sendi balok-kolom harus dapat diprediksi sehingga tidak akan ada kegagalan yang tiba-tiba terjadi

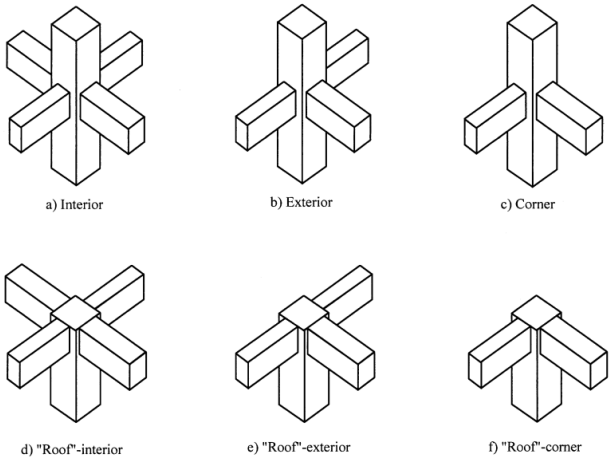
Sambungan balok-kolom dalam struktur statis tak tentu memegang peranan penting dalam pengengkangan agar tidak terjadi kebebasan rotasi pada balok. Pengekangan terjadi apabila sambungan balok-kolom dalam satu kesatuan yang monolit dan kaku. Kekakuan sambungan diperlukan agar redistribusi ketidakseimbangan momen pada analisis struktur dapat terjadi.

dijelaskan bahwa sambungan balok-kolom merupakan daerah kritis yang dapat merespon inelastis untuk menahan gempa. Sambungan balok-kolom akan bekerja sebagai gaya geser horizontal dan vertikal serta memiliki nilai beberapa kali balok dan kolom yang bersebelahan .

Prinsip perencanaan sambungan dalam elemen pracetak dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori , yaitu:

a. Sambungan yang kuat, ketika sendi antara unsur-unsur pracetak masih berperilaku elastis selama gempa kuat. Sistem sambungan ini terbukti secara teoritis dan eksperimen memiliki kekuatan dan kekerasan sebagai struktur beton monolitik.
b. Sambungan elastis, ketika sambungan mengalami deformasi kaku, sistem sambungan harus dibuktikan secara teoritis dan eksperimen untuk memenuhi persyaratan keandalan dan kekakuan struktur tahan gempa.

Adapun macam sambungan balok-kolom antara lain :



Gambar 2.5: Tipe sambungan balok-kolom

sumber : (Ristanto, E., 2015)

Rekomendasi ini adalah untuk menentukan proporsi, desain, dan detail koneksi balok-kolom mo nolitik dalam konstruksi rangka beton bertulang. Rekomendasi ditulis untuk memenuhi persyaratan kekuatan dan keuletan terkait dengan fungsi sambungan dalam kerangka struktural.

Menurut park & paulay perencanaan sambungan balok-kolom harus di dasarkan pada hal-hal sebagai berikut :

a. Sambungan balok kolom tidak boleh kurang dari gaya yang berpotensi menimbulkan sendi plastis pada balok. Hal ini dapat mengeliminasi keperluan perbaikan pada

bagian yang sulit di jangkau serta menjamin terjadinya disipasi energy oleh mekanisme sambungan yang akan mengalami degradasi (penurunan) kekakuan akibat beban siklik inealistik

b. Kapasitas kekuatan kolom tidak boleh berkurang karena adanya degradasi kekuatan dari sambungan dari balok-kolom. Pada gempa kecil dan sedang, sambungan balok kolom diharapkan masih dapat memberikan perilaku elastis.
c. Ketahanan sambungan balok kolom harus mampu untuk berdeformasi dan menyalurkan gaya geser dari rangka struktur.
d. Penulangan sambungan yang di perlukan tidak menimbulkan kerumitan dalam pelaksanaan pembuatanya(R.Park, 1975).

2.3.6 Beton Pracetak

Beton pracetak (*Precast Concrete*) adalah suatu metode percetakan komponen secara mekanisasi dalam pabrik atau *workshop* dengan memberi waktu pengerasan dan mendapatkan kekuatan sebelum dipasang. *Precast Concrete* atau beton pracetak menunjukkan bahwa komponen struktur beton tersebut tidak dicetak atau dicor ditempat komponen tersebut akan dipasang. Biasanya ditempat lain, dimana proses pengecoran dan curingnya dapat dilakukan dengan baik dan mudah. Jadi komponen beton pracetak dipasang sebagai komponen jadi, tinggal disambung dengan bagian struktur lainnya menjadi struktur utuh yang terintegrasi.

Karena proses pengecorannya di tempat khusus (bengkel frabrikasi), maka mutunya dapat terjaga dengan baik. Tetapi agar dapat menghasilkan keuntungan, maka beton pracetak hanya akan diproduksi jika jumlah bentuk tipikalnya

mencapai angka minimum tertentu, sehingga tercapai *break-event-point*-nya. Bentuk tipikal yang dimaksud adalah bentuk bentuk yang repetitif, dalam jumlah besar.

Selain memiliki kelebihan sistem ini juga memiliki kekurangan, yaitu sistem pracetak memerlukan analisa tambahan yang lebih sulit dan rumit dibandingkan dengan sistem konvensional, pada sistem beton pracetak sambungan yang akan digunakan harus diperhitungkan secara khusus sehingga tidak terjadi kesalahan dalam ha teknis pada saat pelaksanaan penyambungan, pada sistem ini juga harus memperhatikan lokasi, peralatan , perangkat pabrikasi , membutuhkan sistem pengangkatan dan cukup alat pada saat pemasangan dilokasi

2.3.7 Finite Element Method

Finite Element Method merupakan metode untuk membangun fungsi yang membuat energi potensial minimum melalui sudut pandang teknik. metode ini dikembangkan untuk menyusun sebuah elemen struktur, yang dapat dianalisa dengan cara terpisah menjadi sebuah persamaan keseimbangan struktur secara global.

a. Prinsip dasar Finite Element Method

Prinsip dasar metode elemen hingga ini ialah membagi struktur atau kontinum menjadi elemen hingga meshing. Setiap elemen hingga harus diformulasikan dalam bentuk tertentu dan yang mempunyai material. Selanjutnya, disusun matriks kekakuan dari kontinum terbagi kemudian diberikan kondisi batas esensial dan kondisi batas non esensial atau pembebanan. Lalu dihitung regangan elemen dari setiap derajat kebebasan elemen.

b. Langkah-langkah penerapan Finite Element Method

Dalam buku (Isworo & Ansyah, 2018) Langkah-Langkah Penerapan Metode Elemen Hingga adalah membagi domain permasalahan, baik itu spatial domain (domain ruang) maupun time domain (domain waktu), menjadi sub domain atau elemen yang lebih kecil,. Dengan menghitung solusi pada elemen-elemen dan selanjutnya menggambungkan seluruh solusi elemental dan solusi total dari permasalahan yang diperoleh.

Menurut (Tjerita, 2018) Metode ini memiliki 2 karakteristik yaitu :

1. Menggunakan formulasi integral untuk mendapatkan sistem persamaan aljabar.

2. Menggunakan continuous piecewise smooth function untuk mendekati parameter-parameter yang tidak diketahui.

Pada dasarnya metode hingga ini dalam penyelesaiannya dibagi menjadi 5 langkah yaitu :

1. Diskritisasi kontinum yang ditinjau. yang meliputi penentuan lokasi, koordinat-koordinat dan penomoran dari titik-titik nodal *(node points).*

2. Susun sistem persamaan untuk seluruh elemen dengan menggunakan metode energi potensial atau yang disebut metode Galerkin.

3. Tentukan persamaan interpolasi dan nyatakan persamaan ini didalam harga-harga dari titik-titik nodal yang tidak diketahui untuk tiap-tiap elemen.

4. Selesaikan sistem persamaan ini untuk mendapatkan harga-harga parameter dari tiap titik nodal.

5. Hitung besaran-besaran yang akan ditentukan berupa komponen-komponen tegangan, rambatan panas dan kecepatan aliran.

2.3.8 ABAQUS CAE v6.14

Menurut *Systemes* (2014), Abaqus/CAE adalah sebuah perangkat lunak yang menyediakan tampilan yang sederhana dan konsisten untuk membuat, memantau, mengirimkan dan mengevaluasi hasil dari simulasi program. Lengkap dengan proses pemodelan, seperti mendefinisikan geometri, sifat material, dan membuat mesh. Saat melakukan tahapan dari satu modul ke modul lainnya, model diinput file dari program di submit ke analisis Abaqus dan selanjutnya akan menganalisis dan mengirim informasi ke Abaqus memungkinkan memantau kemajuan pekerjaan dan menghasilkan basis data output. Dan terakhir dilanjutkan modul visualisasi untuk membaca basis data keluaran dan melihat hasil analisis dari model yang telah dikerjakan.

Abaqus menawarkan berbagai kemampuan untuk simulasi aplikasi linier dan nonlinier. Permasalahan dengan beberapa komponen dimodelkan dengan mengaitkan geometri masing-masing komponen dengan model bahan yang sesuai dan menentukan interaksi komponen. Dalam analisis nonlinier, Abaqus otomatis memilih penambahan beban yang tepat dan

toleransi konvergensi dan terus menyesuaikan mereka selama analisis untuk memastikan bahwa solusi yang akurat dan efisiensi diperoleh.

1. Tahapan-Tahapan analisis Abaqus

Dalam program Abaqus memiliki 3 tahapan tiga tahap yaitu proses awal, simulasi dan proses akhir.

a. *Preprocessing* (Proses Awal)

Pertama dengan mulai menentukan model awal yang akan dianalisis. Pemodelan part dilakukan dalam software Abaqus dengan memasukkan geometri yang telah diketahui sebelumnya. Dalam menggambarkan model, kita bisa menentukan koordinat sistem yang akan dibuat.

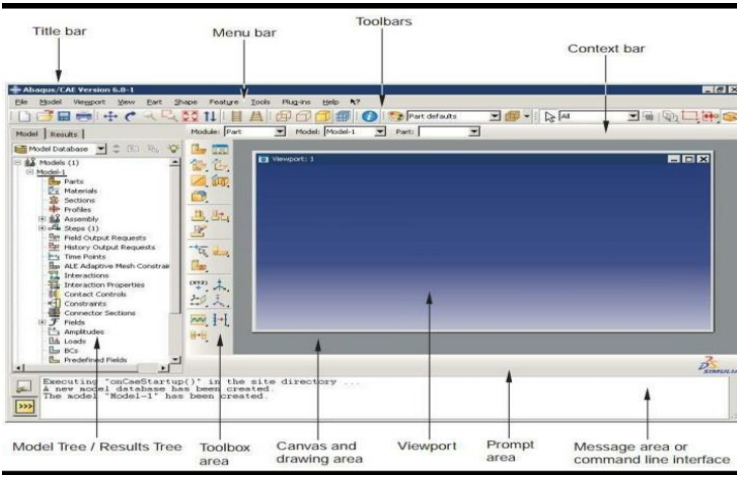
b. *Simulation* (Simulasi)

Simulasi dijalankan sebagai pengantar proses adalah tahap dimana program abaqus memulai proses untuk melakukan pemecahan masalah numerik yang diidentifikasi dalam model.

c. *Post Processing* (Proses Akhir)

Pada proses akhir kita dapat mengambil kesimpulan dari hasil simulasi yang sudah selesai pada perpindahan, gaya atau variable lainnya yang sudah di dilakukan perhitungan. Hasil akhir biasanya dibuat dalam suatu laporan atau sebuah catatan.

2. Komponen pada Windows Utama Abaqus



Gambar 2.6 Komponen pada windows utama Abaqus (Panduan Abaqus)

a. *Title Bar*

Title bar menunjukkan versi yang gunakan dan juga menunjukan judul dari file yang digunakan.

b. *Menu Bar*

Menu bar berisi semua menu yang memberikan akses ke semua fungsi dalam produk.

c. *Toolsbars*

Tools memberikan akses cepat yang tersedia pada menu.

d. *Context bar*

Konteks bar memungkinkan untuk berpindah antar modul serta mengambil bagian yang sudah ada ketika membuat geometri model.

e. *Model Tree*

Model Tree menyediakan grafik sebagai Review dari model objek dari masing-masing bagian, material, langkah, pembebanan. *Model tree* memberikan grafik dari output data base dan Spesifik data hasil plot x-y.

f. *Toolbox area*

Toolbox area memungkin akses cepat ke banyak fungsi modul yang tesedia.

g. *Canvas and drawing area*

adalah tempat untuk menggambar model geometri.

h. *Viewport*

adalah jendela di area gambar di mana abaqus menampilkan model yang telah dibuat.

i. *Prompt area*

Berfungsi untuk menampilkan petunjuk atau panduan yang telah kita lakukan pada software abaqus

j. *Message Area or command line interface*

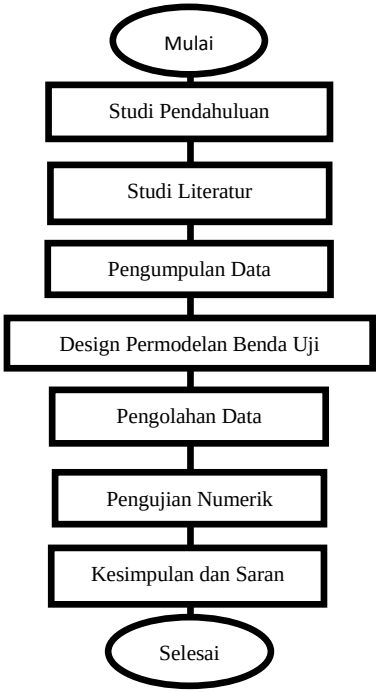
Pada bagian ini Abaqus akan memunculkan informasi dan peringatan yang terjadi jika ada informasi atau kesalahan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut : mencari data, menganalisa data menggunakan metode finite element, pemodelan dengan menggunakan program Abaqus CAE 6.14, hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti gambar diagram kerangka pemikiran sebagai berikut :



Gambar 3.1 Kerangka pemikiran

3.2 Metodologi Penelitian

Metode penelitian merupakan faktor penting untuk memecahkan suatu masalah dan turut menentukan keberhasilan suatu penelitian. Metode penelitian ini menggunakan metode uji numerical dengan menggunakan bantuan program Abaqus CAE 6.14 dan menggunakan metode *finite element*. Dalam penelitian ini menggunakan menambahkan material bata ringan (*Hebel*). Pemodelan sambungan balok-kolom dengan menggunakan program Abaqus CAE 6.14.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

1.3.1 Jenis Data yang Diambil

1. Data Primer

Data primer adalah data paling utama yang didapat dari hasil analisa data dengan menggunakan metode finite element dan bantuan Abaqus CAE 6.14.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain. Data sekunder yang diambil berupa data dari studi literatur dan penelitian terdahulu.

3.3.2 Teknik Pengumpulan Data

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan sebagai acuan atau landasan teori yang mengacu pada jurnal, skripsi, buku pustaka, dan panduan program Abaqus CAE 6.14dan penelitian sebelumya.

2. Studi Analisis

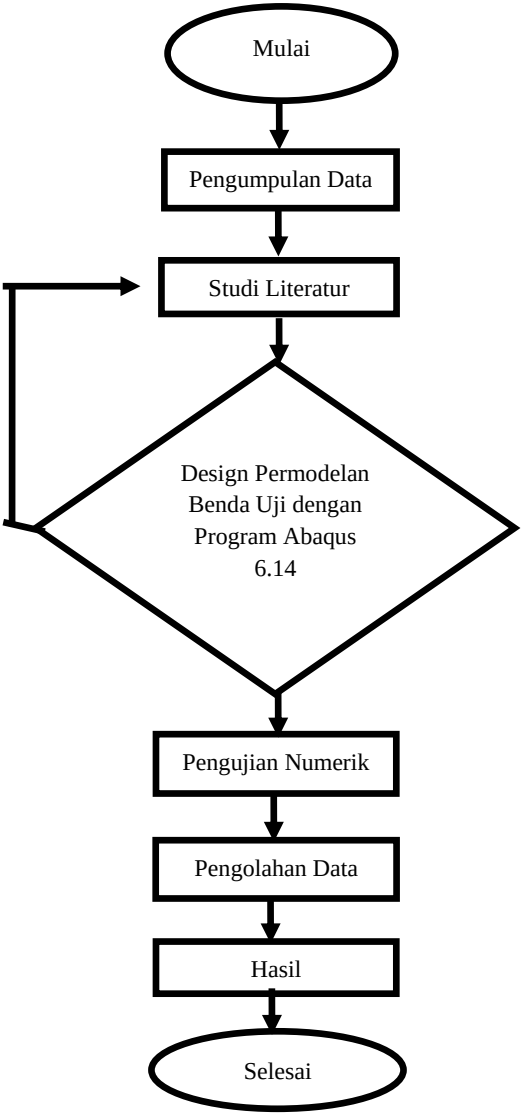
Pengujian numerical menggunakan metode *finite element* dengan menggunakan bantuan program Abaqus CAE 6.14.

3.4 Tahap Pengolahan Data

Memulai penelitian dengan studi pendahuluan yang meliputi latar belakang, tujuan dan batasan masalah, pengumpulan data dengan studi literature dilanjut dengan menganalisa data menggunakan metode *finite element* dan dibantu dengan program Abaqus CAE 6.14 kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dan saran.

3.5 Diagram Alir Penelitian

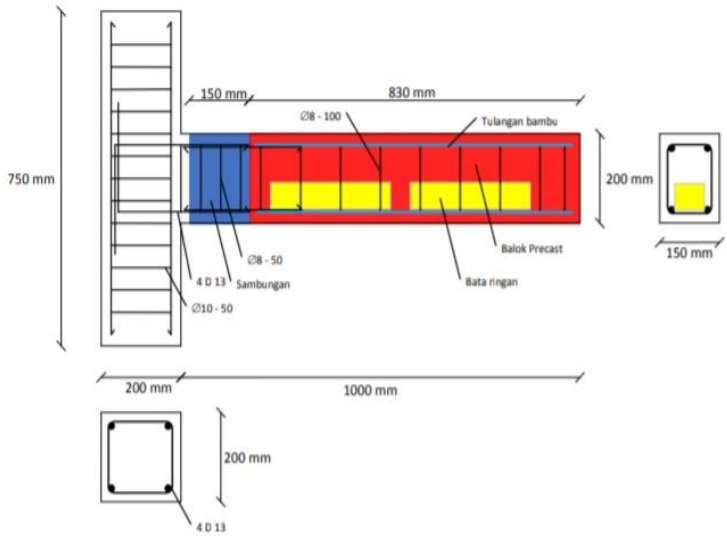
Penelitian ini dilakukan dengan cara beberapa tahapan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada diagram alir penelitian sebagai berikut :



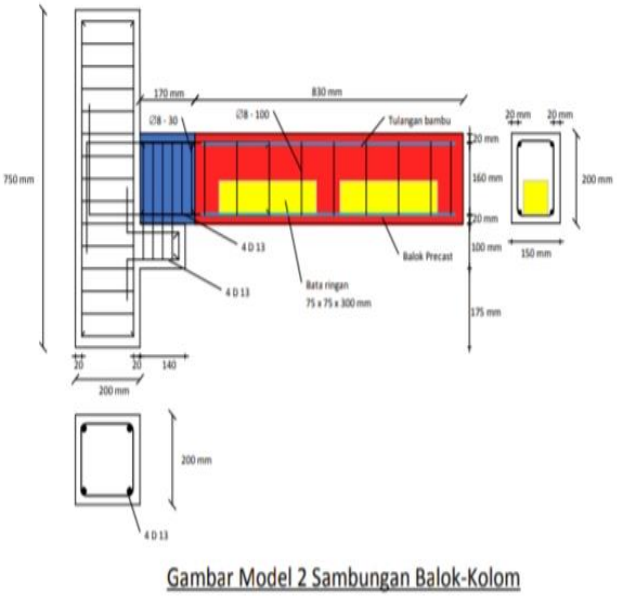
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.6 Data Gambar

Pada penelitian ini ada 3 benda uji yang akan di analisis, Adapun detail gambarnya sebagai berikut :

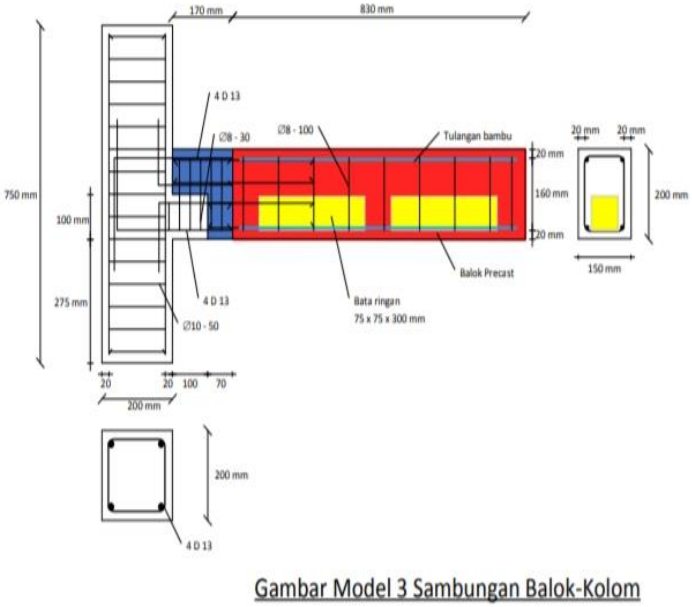


Gambar 3.3 Detail Sambungan Benda Uji 1



Gambar Model 2 Sambungan Balok-Kolom

Gambar 3.4 : Detail Sambugan Benda Uji 2



Gambar 3.5: Detail Sambungan Benda Uji 3

Tabel 3.1 : Tipe model

Nama Sampel	Tipe Kolom	Tipe Balok	Lokasi beban	Tipe Balok-Kolom
BU – 1	Persegi	Persegi	Lateral Balok	Eksterior
BU – 2	Persegi	Persegi	Lateral Balok	Eksterior
BU – 3	Persegi	Persegi	Lateral Balok	Eksterior

3.7 Data Permodelan Uji Eksperimental

Pada Penelitian ini hasil yang akan di analisis menggunakan software ABAQUS CAE V6.14 adalah hubungan beban dan lendutan yang kemudian akan diperoleh kekakuan dari sambungan masing-masing tipe sambungan balok-kolom. Hasil lain dari penelitian ini berupa tegangan dan regangan dengan menggunakan software ABAQUS CAE V6.14 dan diperoleh juga pola retak yang terjadi dengan di berikan beban secara bertahap sampai dengan beban maksimum.

Tabel 3.2: Parameter *plasticity* beton (Panduan Pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan *ABAQUS*)

Dilatation angle (Ψ)	*Eccentricity*	F_{b0}/f_{c0}	*K*	*Viscocity*
30	0,1	1,16	0,67	0,005

Tabel 3.3: *Compressive Behavior* (Panduan Pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan *ABAQUS*)

Yield Stress	*Inelastic Strain*
11,47417	0
17,67084	0,00039
21,01294	0,00061
26,05119	0,00109
28,47684	0,00159
28,68542	0,00179
28,22981	0,00209
25,53734	0,00259
14,34271	0,00354
6,05362	0,00459
3,49047	0,00559
0,93815	0,00959

Tabel 3.4: *Concrete compression damage* (Panduan Pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan *ABAQUS*)

Damage Parameter	*Inelastic Strain*
0	0
0	0,00039
0	0,00061
0	0,00109
0	0,00159
0	0,00179
0,02	0,00209
0,11	0,00259
0,5	0,00354
0,79	0,00459
0,88	0,00559
0,97	0,00959

Tabel 3.5 :*Tensile Behavior* (Panduan Pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan *ABAQUS*)

Yield Stress	*Cracking Strain*
1,89742	0
2,10825	8,00E-05
1,99877	0,00013
1,94403	0,00015
1,82213	0,0002
1,34192	0,00039
1,01349	0,00052
0,79454	0,00061
0	0,00093

Tabel 3.6: *Concrete tension damage* (Panduan Pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan *ABAQUS*)

Damaged Parameter	*Cracking Strain*
0	0
0	8,00E-05
0,05	0,00013
0,08	0,00015
0,14	0,0002
0,36	0,00039
0,52	0,00052
0,62	0,00061
0,99	0,00093

Tabel 3.7: Tabel *Stress dan Strain* (Panduan Pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan *ABAQUS*)

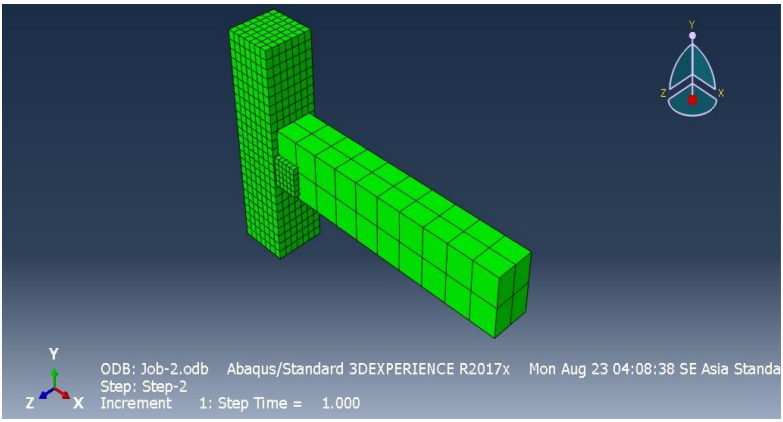
Stress	*Strain*
420	0
420	0,018
500	0,028
500	0,198

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hasil Permodelan uji

Berdasarkan hasil dari pengujian 3 buah benda uji dengan menggunakan *softwear* Abaqus v6.14 dengan memberikan beban monotonik pada bagian lateral balok maka di peroleh hasil. Adapun hasil yang ditampilakan adalah hasil pengujian yang paling *optimal*, untuk pengujian lainnya dicantumkan pada lampiran sebagai beriku

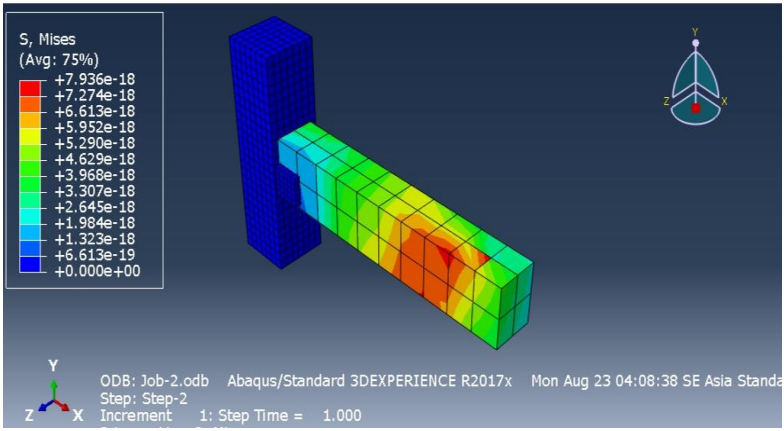
Pada pemodelan benda uji menggunakan program abaqus v6.14 adapun hasil pemodelannnya ditampilkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Pemodelan Benda Uji

Sumber : Abaqus CAE

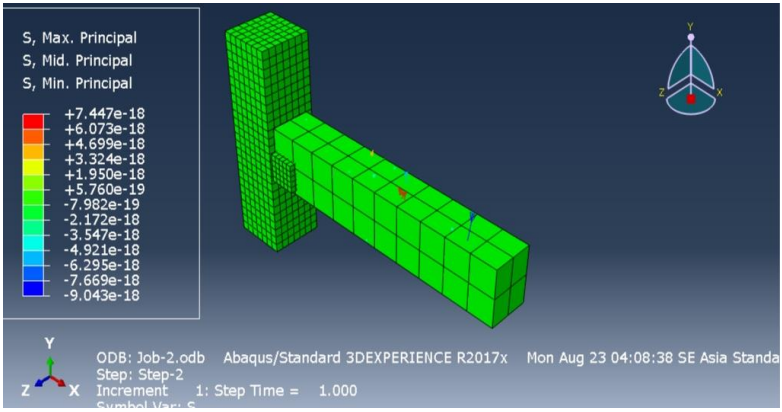
Pemodelan benda uji ini adalah sambungan balok-kolom dengan tipe sambungan eksterior dengan campuran bahan menggunakan bata ringan (*hebel*). Daya dukung benda uji dihitung dengan menggunakan metode elemen elemen hingga yang dibedakan adalah model sambugannya. Beban vertikal yang di berikan pada lateral balok adalah beban monotonikyang mana bertujuan untuk menghasilkan kurva hubungan perpindahan dan beban yang menunjukan posisi keruntuhan dari tipe sambungan yang telah diuji sehingga akan diketahui nilai kuat tekannnya..



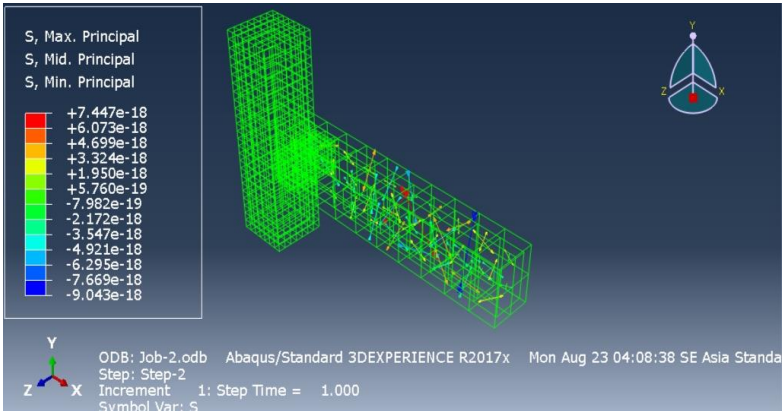
Gambar 4.2 Hasil Tegangan dan Regangan Aksial *(S.Mises)*

Pada gambar 4.2 hasil dari *compression stress* tepatnya pada S. Mises pada sambungan balok-kolom yang telah diberi beban

dan regangan tekan medapatkan nilai maksimal nilai maksimal momen *s.mises* pada gambar 4.2 adalah 7936,18 N/m².



(a)

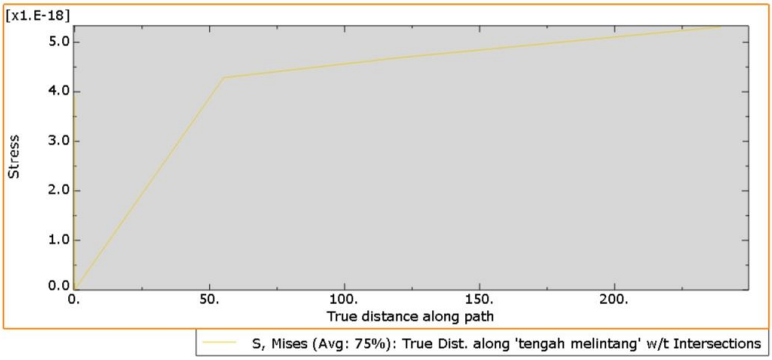


(b)

Gambar 4.3 Tegangan dan Regangan Aksial pada Sambungan (S. Max Pricipal S. Mid Principal & S. Min Principal)

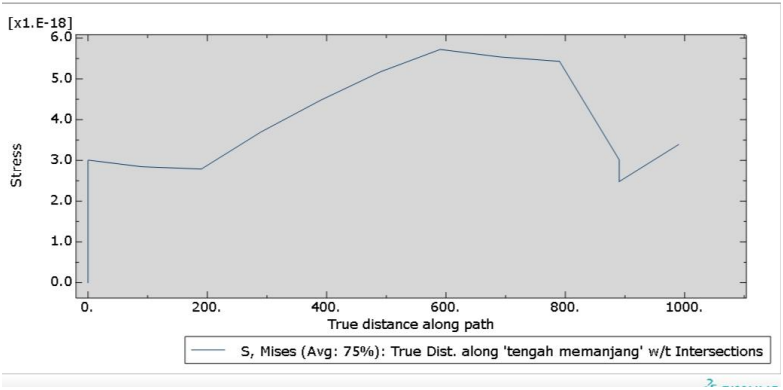
Pada gambar diatas hasil dari *Compression stress* yang terletak pada *Max. Pricipal* , *Mid. Pricipal dan Min. Principal* pada sambungan balok-kolom yang telah diberi beban dan regangan tekan mendapatkan momen *Max. Pricipal* adalah 744718 N/m², pada *Mid. Principal* adalah -217218 N/m² dan untuk *Min. Principal -904318* N/m².

4.2 Kurva Tegangan dan Regangan



Gambar 4.4 Hasil Kurva Tegangan Dan Regangan Sambungan Balok-Kolom (Kuat Tekan)

Berdasarkan dari data grafik pada gambar 4.4 yang didapat dari titik tengah melintang pada balok dapat diketahui bahwa tegangan dan regangan benda uji sambungan balok dimulai dari nilai minimum 0,3 dengan puncak maksimum 5,0 dengan jarak 200 mm



Gambar 4.5 Hasil Kurva Tegangan Dan Regangan Sambungan Balok-Kolom (Kuat Lentur)

Berdasarkan dari data grafik pada gambar 4.5 yang didapat dari titik tengah memanjang pada balok dapat diketahui bahwa tegangan dan regangan benda uji sambungan balok dimulai dari nilai minimum 3,0 dengan puncak maksimum 5,5 dengan jarak 1000 mm

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi uji numerikal analisis menggunakan software Abaqus v6.14 dapat bahwa :

1. Pada hasil uji numerik kuat tekan dan kuat lentur dengan menggunakan benda uji sambungan balok-kolom hasil dari compression stress dapat diketahui bahwa tegangan tekan dan regangan tekan mendapatkan niai pada benda uji tepatnya pada S. Mises adalah 7936,18 N/m².

2. Pada hasil uji numerik kuat tekan dan kuat lentur dengan menggunakan benda uji sambungan balok-kolom hasil dari compression stress dapat diketahui bahwa tegangan tekan dan regangan tekan mendapatkan niai pada benda uji tepatnya pada *Max. Pricipal , Mid. Pricipal dan Min. Principal* pada sambungan balok-kolom yang telah diberi beban dan regangan tekan mendapatkan momen *Max. Pricipal* adalah 744718 N/m², pada *Mid. Principal* adalah -217218 N/m² dan untuk *Min. Principal -904318* N/m².

5.2. Saran

Studi uji numerikal yang dilakukan dalam penelitian ini, ada beberapa aspek penelitian ini mungkin perlu pemeriksaan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan mempresentasikan temuan dan kesimpulan. Namun

demikian, ada beberapa saran yang dapat ditindak lanjuti pada penelitian selanjutnya.

1. Penginputan data yang akan di gunakan sebagai pengujian pada *softwear* abaqus sebaiknya di kaji dulu dan diklasifikasikan, sehingga tidak terdapat kesalahan dan kegagalan sehingga akan mempengaruhi *validitas* pada hasil pengujian yang mana akan mempengaruhi keakuratan hasil

2. Sebagai bahan pembanding, disarankan menggunakan program selain Abaqus untuk analisis elemen hingga seperti Ansys, Adina, Atena, dll.

DAFTAR PUSTAKA

Basuki, & Hidayati, N. (2006). Tinjauan Kuat Geser Sengkang Alternatif Dan Sengkang Konvensional Pada Balok Beton Bertulang. *dinamika TEKNIK SIPIL*, *6*(1), 36 – 45.

Budiono, B. (2015). Penggunaan Isolasi Dasar Single Friction Pendulum dan Triple Friction Pendulum pada Bangunan Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, *22*(2), 67–78. https://doi.org/10.5614/jts.2015.22.2.1

DEWI, M. S. (2018). *Analisis Sambungan Balok-Kolom Eksterior Pada Struktur Apartemen Marrakech Suites Dengan Menggunakan Program Abaqus …*. https://lib.unnes.ac.id/36237/

Dipohusodo, I. (1993). *Struktu Beton Bertulang SK. SNI T-15-1991-03*. 1–527.

eka riyandi weningtyas, bagus soebandono, hakas prayuda. (n.d.). *NASKAH PUBLIKASI LAMPIRAN*.

H Andi Ahmad Taufik. (n.d.). *TIPE PLAT AKIBAT BEBAN BOLAK-BALIK " " STUDY ON THE STIFFNESS VALUE OF PRECAST JOINT OF BEAM- COLOUM PLATE TYPE BY CYCLIC LOADING " inovasi didalam dunia konstruksi*

yang ekonomi , mutu dan kecepatan harus memikirkan lokasi pembuatan ,. 2–15.

Hariawan, D. F. (2013). *Tinjauan Kuat Geser Kombinasi Sengkang "Alternatif" dan Sengkang "U" Atau "N" dengan Pemasangan Secara Vertikal Pada Balok Beton Sederhana*.

Mahendra, D. (2016). *Tinjauan kuat geser balok beton bertulang rangka baja tulangan dengan variasi jara tulangan vertikal*. 6.

Nawy, E. G. (1998). Reinforced Concrete - A Fundamental Apporoach. *Refika Aditama*, 738.

Polypropylene, D., Sebesar, F., & Apriyatno, H. (2009). Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 6% Dari Berat Semen. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, *11*(2), 149–160. https://doi.org/10.15294/jtsp.v11i2.1723

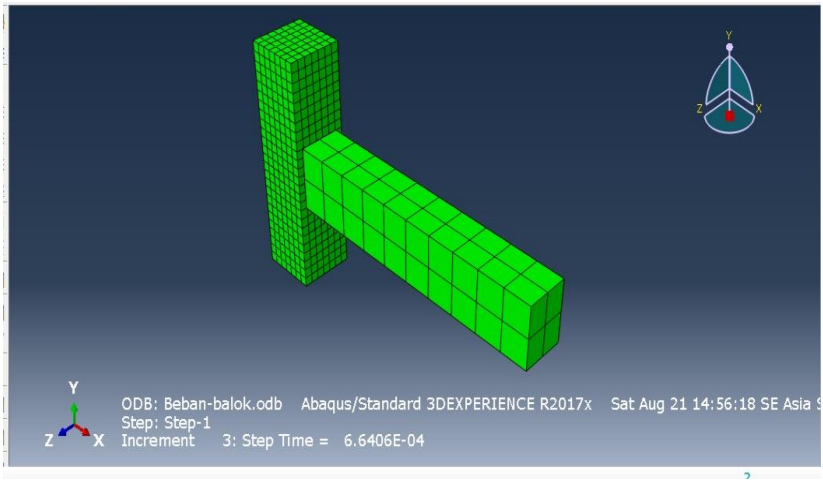
R.Park. (1975). Design Concrete Structures. *Wiley Online Library*, *CONCRETE STRUCTURE*.

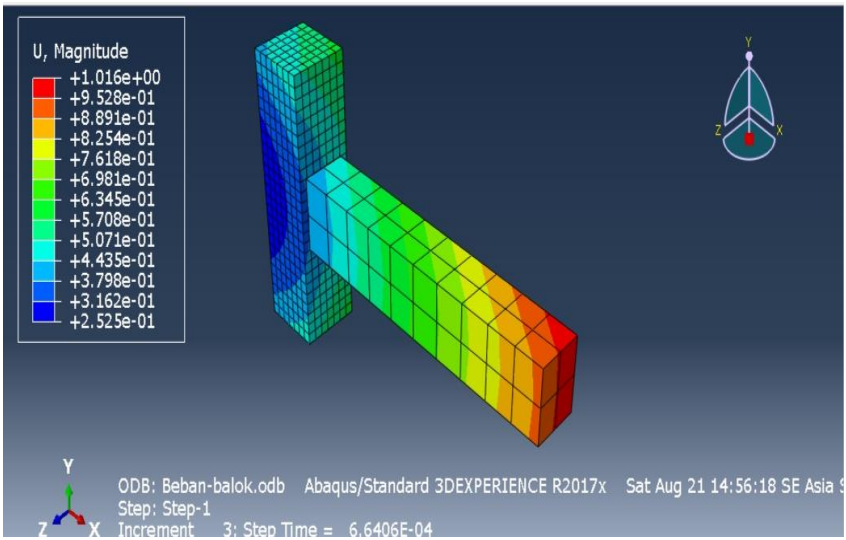
Ristanto, E., D. (2015). Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI-287-2013 dan ACI-352R-2002 Pada Hotel

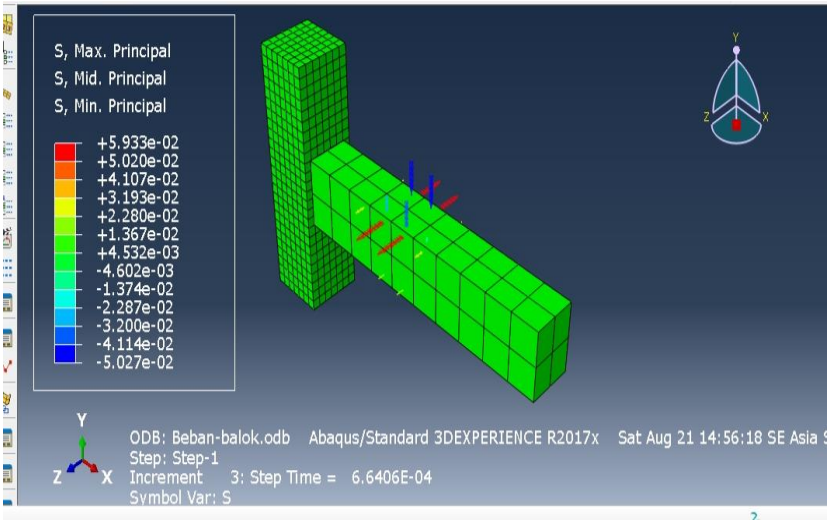
Serela Lampung. *Jrsdd*, *3*(3), 521–540.

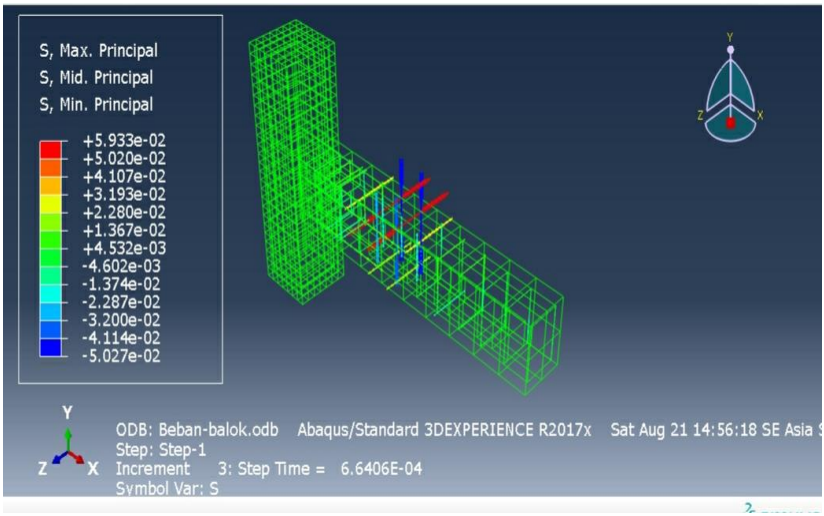
Wikana, I., & Widayat, Y. (2007). *Tinjauan kuat lentur balok beton bertulang dengan lapisan mutu beton yang berbeda*. 1–19.

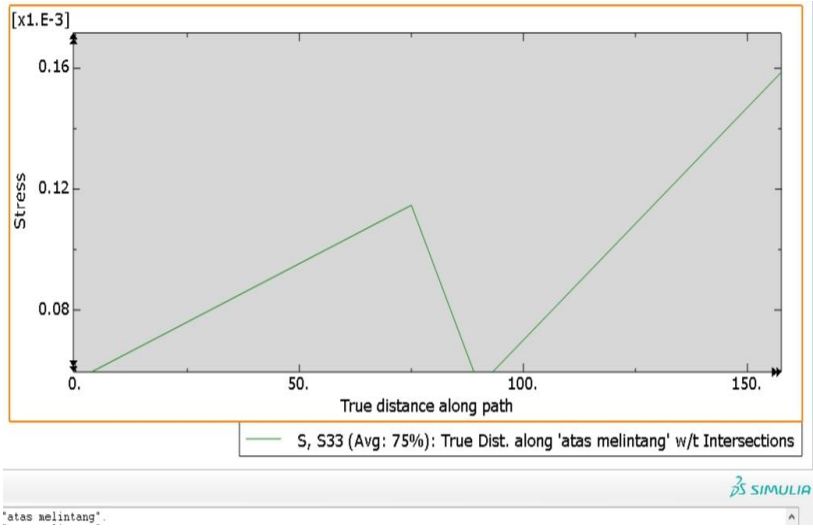
LAMPIRAN

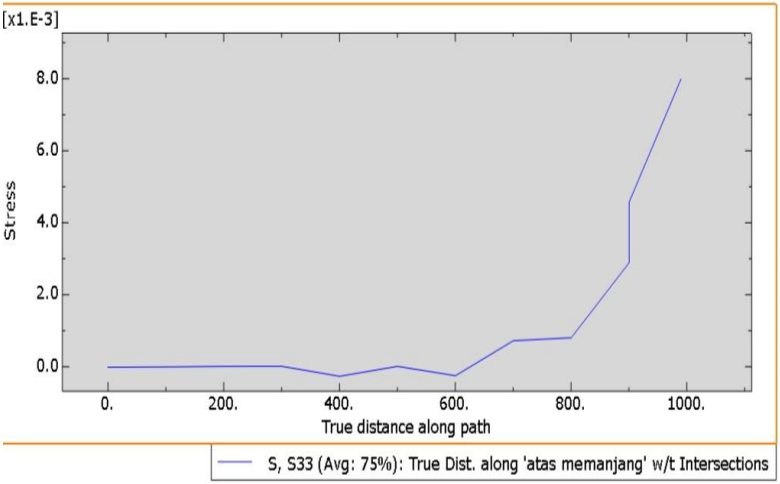

Y
Z
X
ODB: Beban-balok.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Sat Aug 21 14:56:18 SE Asia
Step: Step-1
Increment 3: Step Time = 6.6406E-04

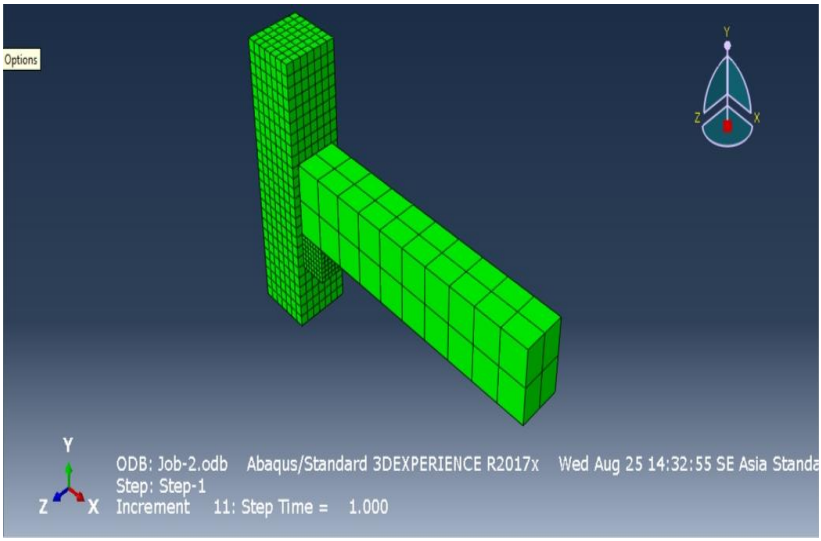

U, Magnitude
+1.016e+00
+9.528e-01
+8.891e-01
+8.254e-01
+7.618e-01
+6.981e-01
+6.345e-01
+5.708e-01
+5.071e-01
+4.435e-01
+3.798e-01
+3.162e-01
+2.525e-01
Y
Z
X
ODB: Beban-balok.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Sat Aug 21 14:56:18 SE Asia
Step: Step-1
Increment 3: Step Time = 6.6406E-04

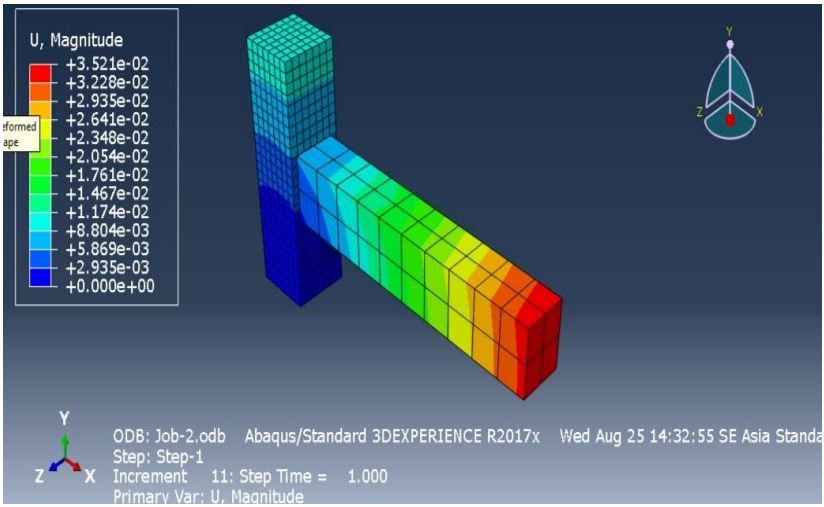

S, Max. Principal
S, Mid. Principal
S, Min. Principal
+5.933e-02
+5.020e-02
+4.107e-02
+3.193e-02
+2.280e-02
+1.367e-02
+4.532e-03
-4.602e-03
-1.374e-02
-2.287e-02
-3.200e-02
-4.114e-02
-5.027e-02
Y
Z
X
ODB: Beban-balok.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Sat Aug 21 14:56:18 SE Asia
Step: Step-1
Increment 3: Step Time = 6.6406E-04
Symbol Var: S

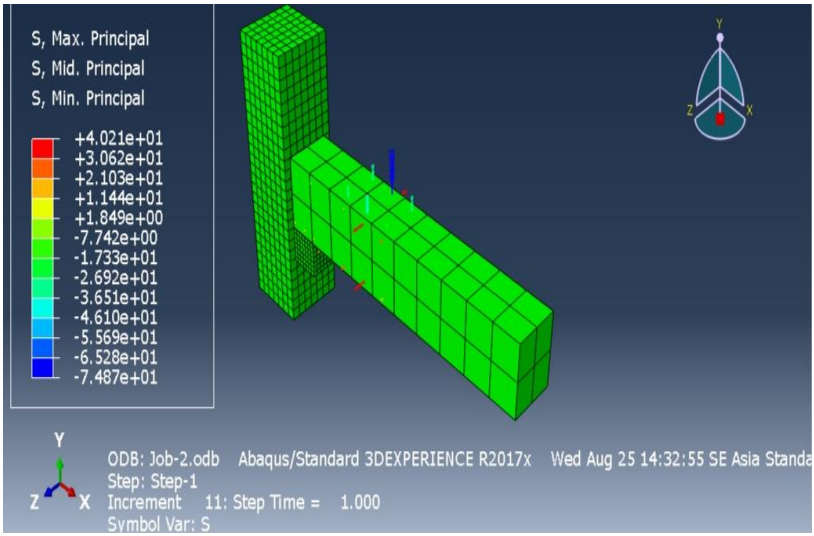

S, Max. Principal
S, Mid. Principal
S, Min. Principal
+5.933e-02
+5.020e-02
+4.107e-02
+3.193e-02
+2.280e-02
+1.367e-02
+4.532e-03
-4.602e-03
-1.374e-02
-2.287e-02
-3.200e-02
-4.114e-02
-5.027e-02
Y
Z
X
ODB: Beban-balok.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Sat Aug 21 14:56:18 SE Asia
Step: Step-1
Increment 3: Step Time = 6.6406E-04
Symbol Var: S

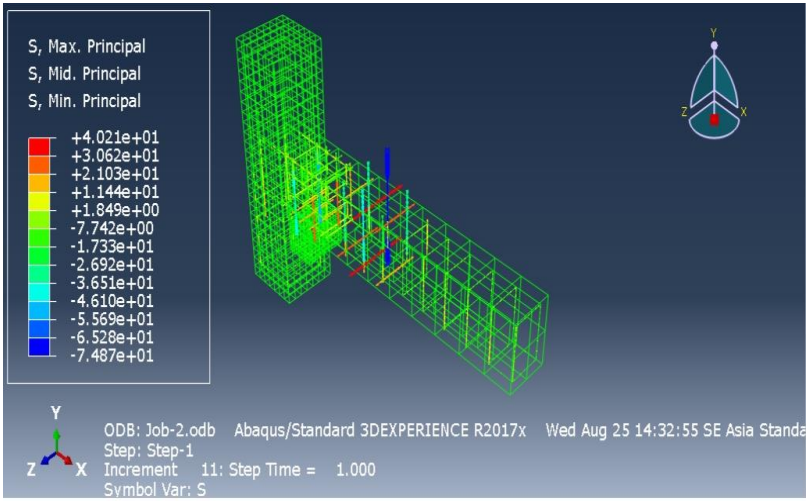

[x1.E-3]
0.16
0.12
0.08
Stress
0.
50.
100.
150.
True distance along path
S, S33 (Avg: 75%): True Dist. along 'atas melintang' w/t Intersections
SIMULIA
'atas melintang'.

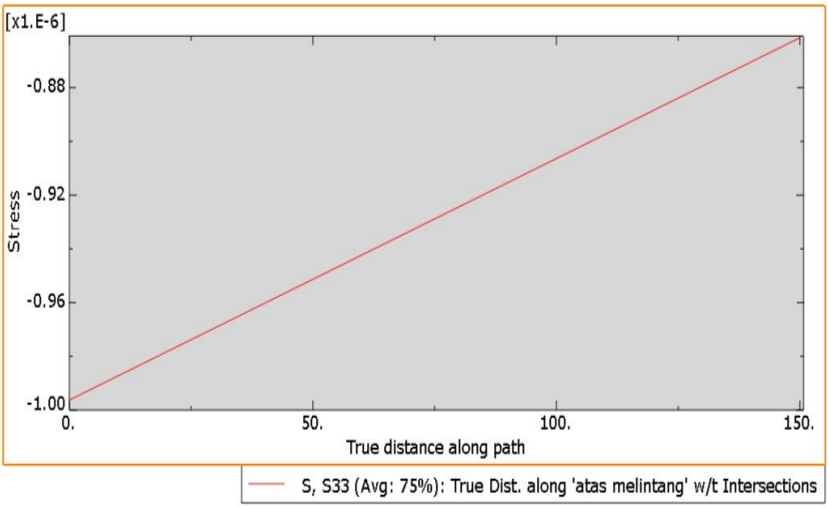

[x1.E-3]
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
Stress
0.
200.
400.
600.
800.
1000.
True distance along path
S, S33 (Avg: 75%): True Dist. along 'atas memanjang' w/t Intersections

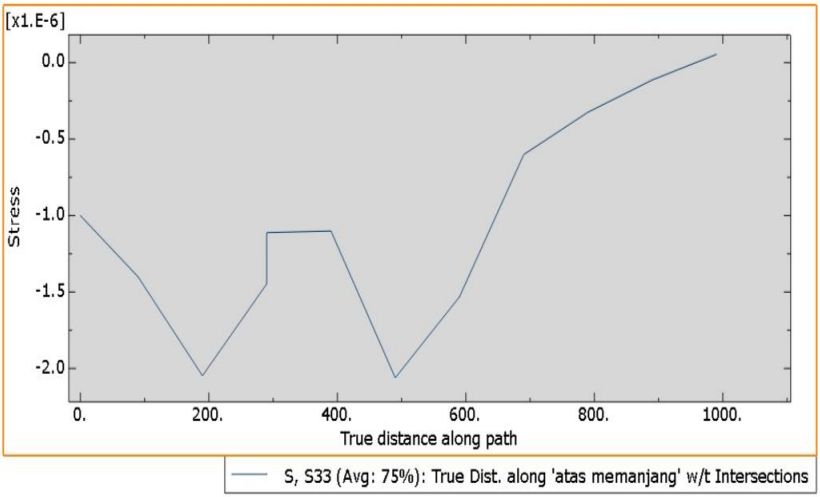

Options
Y
Z
X
ODB: Job-2.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Wed Aug 25 14:32:55 SE Asia Standa
Step: Step-1
Increment 11: Step Time = 1.000


U, Magnitude
+3.521e-02
+3.228e-02
+2.935e-02
+2.641e-02
+2.348e-02
+2.054e-02
+1.761e-02
+1.467e-02
+1.174e-02
+8.804e-03
+5.869e-03
+2.935e-03
+0.000e+00
Y
Z
X
ODB: Job-2.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Wed Aug 25 14:32:55 SE Asia Standa
Step: Step-1
Increment 11: Step Time = 1.000
Primary Var: U, Magnitude


S, Max. Principal
S, Mid. Principal
S, Min. Principal
+4.021e+01
+3.062e+01
+2.103e+01
+1.144e+01
+1.849e+00
-7.742e+00
-1.733e+01
-2.692e+01
-3.651e+01
-4.610e+01
-5.569e+01
-6.528e+01
-7.487e+01
Y
Z
X
ODB: Job-2.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Wed Aug 25 14:32:55 SE Asia Standa
Step: Step-1
Increment 11: Step Time = 1.000
Symbol Var: S


S, Max. Principal
S, Mid. Principal
S, Min. Principal
+4.021e+01
+3.062e+01
+2.103e+01
+1.144e+01
+1.849e+00
-7.742e+00
-1.733e+01
-2.692e+01
-3.651e+01
-4.610e+01
-5.569e+01
-6.528e+01
-7.487e+01
Y
Z
X
ODB: Job-2.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2017x Wed Aug 25 14:32:55 SE Asia Standa
Step: Step-1
Increment 11: Step Time = 1.000
Symbol Var: S


[x1.E-6]
-0.88
-0.92
-0.96
-1.00
Stress
0.
50.
100.
150.
True distance along path
S, S33 (Avg: 75%): True Dist. along 'atas melintang' w/t Intersections


[x1.E-6]
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
Stress
0.
200.
400.
600.
800.
1000.
True distance along path
S, S33 (Avg: 75%): True Dist. along 'atas memanjang' w/t Intersections