

SKRIPSI

**UJI SIKLIK HUBUNGAN BALOK KOLOM
EKSTERIOR BETON DENGAN ANSYS**



**HILARIO NATHANAEL GOTO
NPM: 2014410197**

PEMBIMBING : Dr. Djoni Simanta, Ir, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JULI 2018**

SKRIPSI

**UJI SIKLIK HUBUNGAN BALOK KOLOM
EKSTERIOR BETON DENGAN ANSYS**



**HILARIO NATHANAEL GOTO
NPM: 2014410197**

**BANDUNG, 10 JULI 2018
PEMBEMING**

Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JULI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Hilario Nathanael Goto

NPM : 2014410197

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Uji Siklik Hubungan Balok Kolom Eksterior Beton dengan Ansys adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.



UJI SIKLIK HUBUNGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR BETON DENGAN ANSYS

Hilario Nathanael Goto

NPM: 2014410197

Pembimbing: Dr. Djeni Simanta, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JULI 2018

ABSTRAK

Hubungan balok kolom merupakan bagian penting, karena pada hubungan balok kolom terjadi transfer beban yang bekerja pada balok ke kolom yang nantinya dilanjutkan ke pondasi. Untuk mempelajari perilaku hubungan balok kolom maka diperlukan uji eksperimental. Seiring dengan perkembangan teknologi program komputer berbasis metode elemen hingga, perilaku hubungan balok kolom dapat dianalisis secara numerik. Uji numerik memiliki biaya yang rendah dan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan uji eksperimental. Dalam skripsi ini, uji numerik dilakukan terhadap hubungan balok kolom eksterior berdasarkan uji eksperimental oleh Jalil Shafaei, Abdollah Hosseini, dan Mohammad Sadegh Marefat. Uji dilakukan dengan menggunakan Program ANSYS 18.2. Beton dimodelkan sebagai elemen SOLID65, sedangkan tulangan baja sebagai elemen LINK180. Dari analisis pembebanan siklik dengan menggunakan program menghasilkan perilaku kurva histerisis yang sama. Akan tetapi, ada beberapa perbedaan bila dicermati lebih lanjut yaitu perbedaan kekuatan pada kurva *backbone* pada arah positif adalah 2.559kN (7.11%), sedangkan pada arah negatif -7.350 kN (18.94%).

Kata kunci: Hubungan Balok Kolom Beton Bertulang, Metode Elemen Hingga, Analisis Non-Linier, ANSYS 18.2

CYCLIC TEST OF EXTERIOR CONCRETE BEAM COLUMN JOINT WITH ANSYS

Hilario Nathanael Goto
NPM: 2014410197

Advisor: Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JULY 2018

ABSTRACT

Beam Column Joint is an important element, because in the beam column joint there is a load transfer moving from beam to column which will be continued to the foundation. To study the behavior of beam column joint requires an experimental test. To study the behavior of beam column joint requires an experimental test. Along with the development of computer program technology based on finite element method, the behavior of beam column joint can be analyzed numerically. Numerical tests have a lower cost and a faster time compared to the experimental test. In this paper, numerical tests were conducted on exterior beam column joint based on experimental tests by Jalil Shafaei, Abdollah Hosseini, and Mohammad Sadegh Marefat. The test is done using ANSYS 18.2 Program. Concrete is modeled as SOLID65 element, while steel reinforcement as LINK180 element. From the cyclic loading analysis using the program produce a same in shape of hysteresis curve with the experimental test. But, there is different in strength in backbone curve 2.559kN (7.11%), and -7.350 kN (18.94%).

Keywords: Reinforced Concrete Beam Column Joint, Finite Element Method, Non-Linear Analysis, ANSYS 18.2

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus atas kasih karunia dan penyertaan-Nya skripsi yang berjudul Uji Siklik Hubungan Balok Kolom Eksterior Beton dengan ANSYS dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini adalah salah satu persyaratan kelulusan studi tingkat S1 pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

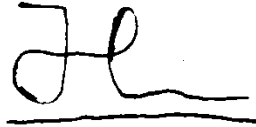
Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis melalui berbagai kesulitan dan hambatan, dan dalam proses tersebut penulis mendapat banyak sekali bantuan dari orang lain sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dengan sabar memberikan pengarahan, bimbingan, ilmu, serta dorongan selama penyusunan skripsi ini. Selama penyusunan skripsi ini, wawasan dan keilmuan penulis menjadi bertambah dan memahami banyak hal baru.
2. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T., dan Ibu Buen Sian Ir., M.T. selaku dosen penguji pada ujian skripsi penulis. Kritik dan saran-nya sangat membantu penulis dalam menyempurnakan skripsi ini.
3. Bapak Riawan Gunadi, Ir., M.T. dan Sonatha Christianto, S.T. yang membantu penulis dalam memahami program ANSYS
4. Papa, Mama, dan Clarisa yang terus memotivasi dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi. Seluruh perhatiannya mendorong penulis untuk merampungkan proses skripsi yang panjang ini.
5. Gita Indah Puspitasari Wahyudi dan Almira Januarita Kusumadewi sebagai teman seperjuangan yang saling mendukung dan mengingatkan satu sama lain selama pengerjaan skripsi.
6. Yosua Eka Putra Herwanto yang telah meminjamkan laptopnya untuk penulis melakukan RUN program analisis. Tanpa laptopnya analisis dari skripsi ini tidak akan ada.
7. Geng “DLONGOP” yang senantiasa menasihati dan menghibur penulis dalam proses penulisan skripsi.

8. Sipil Unpar 2014 yang telah menjadi teman, sahabat, dan keluarga bagi penulis selama menempuh pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Sipil ini selalu memberikan dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis dalam menghadapi masalah dalam penulisan skripsi ini.
9. Pihak-pihak lain yang telah berkontribusi dalam pengerjaan skripsi ini. Mohon maaf bila penulis tidak dapat menyebutkan satu per satu.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan dalam skripsi ini. Maka dari itu diharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Akhir kata, semoga skripsi yang telah penulis buat bisa memberikan manfaat dan wawasan seluas-luasnya bagi khalayak pembaca.

Bandung, 10 Juli 2018



Hilario Nathanael Goto

2014410197

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-4
1.6 Sistematika Penulisan	1-5
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Uji Eksperimental oleh Shafaie, J., Hosseini, A., dan Marefat, M. S. (2012) 2-1	
2.1.1 Pendahuluan Makalah	2-1
2.1.2 Pembatasan Masalah Makalah	2-2
2.1.3 Tujuan Penelitian Makalah	2-2
2.1.4 Model Benda Uji	2-2
2.2 Material Beton	2-3
2.2.1 Kekuatan Tekan Beton	2-3
2.2.2 Kekuatan Tarik Beton	2-4
2.2.3 Rasio Poisson	2-6
2.2.4 Modulus Elastisitas	2-6
2.2.5 Perilaku Tegangan Biaksial	2-8
2.2.6 Perilaku Tegangan Triaksial	2-8

2.3	Material Tulangan Baja	2-9
2.3.1	Perilaku Tegangan Monotonik.....	2-9
2.3.2	Perilaku Tegangan Berulang.....	2-11
2.3.3	Perilaku Tegangan Berputar.....	2-11
2.4	Pola Pembebanan Siklik.....	2-13
2.5	Metode Elemen Hingga.....	2-14
2.6	<i>Finite Element Mesh</i>	2-15
2.7	Non-linieritas.....	2-16
BAB 3 PEMODELAN BETON BERTULANG.....		3-1
3.1	Analisis Nonlinier pada Program ANSYS 18.2	3-1
3.2	Pemodelan Material Beton pada ANSYS 18.2.....	3-1
3.2.1	Elemen Beton.....	3-1
3.2.2	Hubungan Tegangan-Regangan Beton	3-2
3.3	Pemodelan Material Baja pada ANSYS 18.2.....	3-6
3.3.1	Elemen Tulangan Baja.....	3-6
3.3.2	Hubungan Tegangan-Regangan Tulangan Baja	3-6
3.4	Teknik Solusi Elemen Hingga Nonlinier	3-8
3.4.1	Metode Newton Raphson.....	3-8
3.4.2	Metode Modifikasi Newton Raphson	3-9
3.5	Kriteria Konvergensi	3-10
BAB 4 UJI MODEL NUMERIK HUBUNGAN BALOK KOLOM.....		4-1
4.1	Pemodelan Benda Uji.....	4-1
4.2	Data Material.....	4-1
4.3	Geometri Model.....	4-2
4.4	Kondisi Batas	4-4
4.4.1	Perletakan.....	4-4
4.4.2	Kontak Antar Komponen.....	4-5
4.5	Pembebanan.....	4-6
4.6	Data Material Uji Numerik.....	4-7
4.6.1	Material Beton.....	4-7
4.6.2	Material Tulangan Baja.....	4-8

4.6.3 Material Pelat Baja	4-10
4.7 Langkah Pengujian Numerik	4-11
4.7.1 <i>Pre-processing</i>	4-11
4.7.2 <i>Analysis Progress</i>	4-20
4.7.3 <i>Post-processing</i>	4-20
BAB 5 PEMBAHASAN HASIL ANALISIS HUBUNGAN BALOK KOLOM	5-1
5.1 Hasil Uji Eksperimental Hubungan Balok Kolom.....	5-1
5.1.1 Kurva Gaya-Perpindahan Hasil Uji Eksperimental.....	5-1
5.1.2 Pengamatan Pengujian Uji Eksperimental	5-1
5.2 Hasil Uji Numerik Hubungan Balok Kolom.....	5-3
5.2.1 Kurva Gaya-Perpindahan Hasil Uji Numerik.....	5-3
5.2.2 Pengamatan Pengujian Uji Numerik	5-3
5.3 Perbandingan Kekuatan Hasil Uji Eksperimental dengan Hasil Uji Numerik	5-5
5.3.1 Perbandingan Bentuk Kurva.....	5-5
5.3.2 Perbandingan Titik Puncak.....	5-5
5.4 Perbandingan Degradasi Kekakuan	5-7
5.5 Perbandingan Daktilitas	5-8
5.6 Perbandingan Disipasi Energi.....	5-10
5.7 Perbandingan Retakan.....	5-12
5.8 Perbandingan Hasil Uji Numerik dengan Hasil Uji Numerik Beban Siklik ACI 3745-13	
5.8.1 Perbedaan Pola Pembebanan	5-14
5.8.2 Perbedaan Hasil Uji Numerik dengan Hasil Uji Numerik Beban Siklik ACI 374 5-15	
5.9 Perbandingan Hasil Uji Siklik dengan Uji Monotonik Numerik.....	5-16
5.9.1 Perbandingan Hasil Uji Siklik dengan Uji Monotonik Numerik	5-16
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	6-1
6.1 Kesimpulan	6-1
6.2 Saran.....	6-2
DAFTAR PUSTAKA	xix

LAMPIRAN 1 1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

D	: Diameter silinder beton, mm.
[D]	: Matriks tegangan-regangan, MPa.
du	: Perpindahan ultimit, mm
dy	: Perpindahan leleh pertama, mm
E _c	: Modulus Elastisitas, MPa.
f _c '	: Kuat tekan beton, MPa.
f'cc	: Kekuatan tekan aksial spesimen terkekang ' <i>confined</i> ', MPa.
f _r	: Modulus keruntuhan, MPa.
f _t	: Kuat tarik beton, MPa.
f _l	: Tekanan lateral pembatas, MPa.
f _y	: Tegangan leleh tulangan baja, MPa.
G	: Modulus geser, MPa.
L	: Tinggi silinder beton, mm.
P	: Gaya tekan maksimum, N.
β	: Faktor retensi geser
γ _{xy,yz,zx}	: Komponen regangan geser, MPa.
ε	: Regangan, MPa.
ε _{xx,yx,zx}	: Komponen regangan normal, MPa.
μ	: Daktilitas
ν	: Rasio Poisson
σ	: Tegangan, MPa.
σ _{xx,yx,zx}	: Komponen tegangan normal, MPa.
τ _{xy,yz,zx}	: Komponen tegangan geser, MPa.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Keruntuhan struktur akibat kegagalan hubungan balok kolom, Bangunan Kaiser Permanente, Gempa Nortridge, 1994. Foto oleh G. Edstrom.	1-1
Gambar 1.2 Uji Eksperimental.....	1-2
Gambar 1.3 Pola pembebanan siklik.....	1-3
Gambar 1.4 Data Geometri hubungan balok kolom	1-4
Gambar 1.5 Diagram Alir Analisis Data.....	1-6
Gambar 2.1 Struktur bangunan beton bertulang 5 lantai konvensional	2-3
Gambar 2.2 Kurva Tegangan-Regangan Silinder Beton Hasil Pembebanan Tekan Uniaksial (Park dan Paulay, 1974).....	2-4
Gambar 2.3 Uji silinder belah (a) Konfigurasi pengujian, (b) Distribusi tegangan horisontal, (c) hasil pengujian (Hassoun,2012).....	2-5
Gambar 2.4 Hubungan regangan arah horisontal, longitudinal, dan volume.....	2-6
Gambar 2.5 Modulus elastis beton (Park dan Paulay, 1974)	2-7
Gambar 2.6 Idealisasi tekan beton Hognestad (Park dan Paulay, 1974)	2-7
Gambar 2.7 Tegangan biaksial beton.....	2-8
Gambar 2.8 Tegangan triaksial beton	2-9
Gambar 2.9 Kurva tegangan- regangan baja.....	2-10
Gambar 2.10 Kurva tegangan- regangan baja titik kelelahan atas dan bawah (Park dan Paulay, 1974).....	2-11
Gambar 2.11 Kurva tegangan- regangan berulang material baja (Park dan Paulay, 1974)	2-11
Gambar 2.12 (a) Efek Bauschinger pada Baja dengan pembebanan berputar (b) idealisasi elastis-plastis sempurna pada baja dengan pembebanan berputar	2-12
Gambar 2.13 Kurva tegangan-regangan baja dengan pembebanan berputar (a) kurva pembebanan berputar (b) kurva yang dipisahkan (c) amplop kurva monotonik (Park dan Paulay, 1974).....	2-13
Gambar 2.14 Pola Pembebanan ACI 374.1-05	2-14
Gambar 2.15 <i>Mesh</i> elemen hingga (Dill, 2011).....	2-15
Gambar 2.16 Pemodelan tulangan baja dalam beton (Kurniawan,2015)	2-16

Gambar 3.1 Model elemen beton pada koordinat global dan lokal (Kurniawan,2015).....	3-2
Gambar 3.2 Model tegangan-regangan tekan multilinier isotropis beton	3-3
Gambar 3.3 Model tegangan-regangan tekan multilinier isotropis beton	3-4
Gambar 3.4 Model elemen tulangan baja.....	3-6
Gambar 3.5 Model tegangan-regangan tulangan baja akibat beban monotonik (Kurniawan, 2015).....	3-7
Gambar 3.6 Model tegangan-regangan tulangan baja akibat beban siklis (Kurniawan, 2015).....	3-8
Gambar 3.7 Prosedur Iterasi Newton- Raphson (Kurniawan, 2015).....	3-9
Gambar 3.8 Prosedur Iterasi Modifikasi Newton- Raphson (Kurniawan, 2015) .	3-9
Gambar 4.1 Kurva tegangan-regangan beton	4-1
Gambar 4.2 Kurva tegangan-regangan tulangan baja	4-2
Gambar 4.3 Geometri Model.....	4-4
Gambar 4.4 Konfigurasi Perletakan Model	4-5
Gambar 4.5 Pola pembebanan siklik	4-6
Gambar 4.6 (a) <i>Density</i> , (b) <i>Linear isotropic material properties</i> , (c) <i>Multilinear isotropic hardening</i> , (d) <i>Concrete</i>	4-8
Gambar 4.7 (a) <i>Linear isotropic material properties</i> , (b) <i>Multilinear kinematic hardening pada tulangan utama</i> , (c) <i>Multilinear kinematic hardening pada tulangan geser</i>	4-10
Gambar 4.8 (a) <i>Linear isotropic material properties</i> , (b) <i>Multilinear kinematic hardening</i>	4-11
Gambar 4.9 Material yang digunakan	4-12
Gambar 4.10 Meshing elemen beton dan tulangan baja benda uji	4-13
Gambar 4.11 (a) Reaksi perletakan sendi (b) Reaksi perletakan rol	4-16
Gambar 4.12 Beban aksial kolom	4-16
Gambar 4.13 <i>Input</i> titik pantau.....	4-21
Gambar 4.14 Tabel data <i>output</i>	4-21
Gambar 5.1 Kurva histeresis gaya-perpindahan hasil uji eksperimental.....	5-1
Gambar 5.2 Retak pada model eksperimental diakhir pengujian.....	5-2
Gambar 5.3 Kurva histeresis gaya-perpindahan hasil ANSYS	5-3

Gambar 5.4 (a) Posisi retak (b) Tegangan	5-4
Gambar 5.5 Kurva histeresis hubungan balok kolom	5-5
Gambar 5.6 Kurva <i>backbone</i> gaya-perpindahan	5-6
Gambar 5.7 Definisi kekakuan <i>peak to peak</i> dalam suatu siklus (Kurniawan, 2015)	5-7
Gambar 5.8 Kurva degradasi kekakuan benda uji	5-8
Gambar 5.9 Hubungan daktilitas dengan kekakuan.....	5-10
Gambar 5.10 Cara menghitung energi disipasi	5-11
Gambar 5.11 Energi disipasi	5-12
Gambar 5.12 Perbandingan pola retak hubungan balok kolom	5-13
Gambar 5.13 Pola pembebanan uji numerik dengan penyederhanaan	5-14
Gambar 5.14 Pola pembebanan uji numerik ACI 374	5-14
Gambar 5.15 Hasil uji numerik ACI 374	5-15
Gambar 5.16 Waktu kegagalan model ACI 374	5-16
Gambar 5.17 Perbandingan pembebanan siklik monotonik dengan numerik dan dengan eksperimental.....	5-17

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Rangkuman koordinat <i>backbone</i> hubungan balok kolom.....	5-6
Tabel 5.2 Hasil perhitungan kekakuan benda uji pada setiap siklus.....	5-8
Tabel 5.3 Daktilitas terpakai benda uji	5-9
Tabel 5.4 Hasil perhitungan disipasi energi benda uji pada setiap siklus.....	5-11

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	1
------------------	---

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Seiring dengan perkembangan zaman, gedung bertingkat semakin banyak dibangun. Gedung bertingkat di Indonesia biasanya menggunakan struktur beton bertulang. Dalam merancang struktur beton bertulang ada banyak komponen yang perlu dihitung untuk menahan beban dari luar, diantaranya pondasi, balok, kolom dan pelat. Salah satu komponen yang perlu dihitung adalah hubungan balok kolom.

Hubungan balok kolom merupakan bagian penting, karena pada hubungan balok kolom terjadi transfer beban yang bekerja pada balok ke kolom yang nantinya dilanjutkan ke pondasi. Biasanya hubungan balok kolom mengalami kegagalan akibat gempa bumi. Untuk menghindarkan peristiwa kegagalan hubungan balok kolom maka disusun peraturan-peraturan baru untuk perencanaan hubungan balok kolom yang memiliki kapasitas geser.

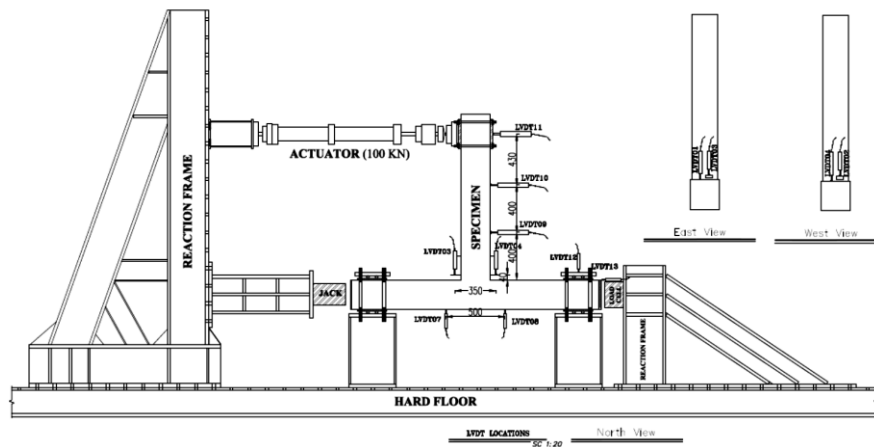


Gambar 1.1 Keruntuhan struktur akibat kegagalan hubungan balok kolom, Bangunan Kaiser Permanente, Gempa Norridge, 1994. Foto oleh G. Edstrom.

Perilaku hubungan balok kolom perlu dipelajari lebih lanjut dengan cara uji eksperimental ataupun dengan cara uji numerik dengan program. Uji eksperimental adalah pengujian yang menggunakan model fisik yang dibuat di laboratorium. Uji eksperimental lebih rumit dan mahal dibandingkan dengan uji numerik karena

1-2

pembuatan model fisik memerlukan waktu dan biaya lebih serta pemasangan alat ukur gaya dan regangan pada hubungan balok kolom yang rumit.



Gambar 1.2 Uji Eksperimental

Perkembangan teknologi sekarang sudah mendorong kemajuan program, tidak terkecuali dengan uji numerik dengan program sehingga dapat melakukan kalkulasi yang tidak dapat diselesaikan dengan tangan. Dengan menggunakan program dapat menghemat waktu dan biaya untuk pembuatan model fisik. Selain itu, uji numerik mampu mendapatkan besaran yang sulit diperoleh dari studi eksperimental, diantaranya nilai tegangan, regangan dan deformasi di sembarang titik pada struktur.

1.2 Inti Permasalahan

Dalam sebuah struktur bangunan beban gempa memaksa bangunan untuk berdeformasi, ini mengakibatkan gaya. Deformasi itu berupa siklik, inelastis, dan bolak-balik. Bila kita plot dalam sebuah grafik dengan aksis x adalah defleksi dan aksis y adalah gaya, kita bisa mendapatkan kurva daktilitas histerisis. Permasalahannya adalah untuk membuat uji eksperimental membutuhkan waktu dan biaya yang besar, sehingga dipilihlah uji numerik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini antara lain:

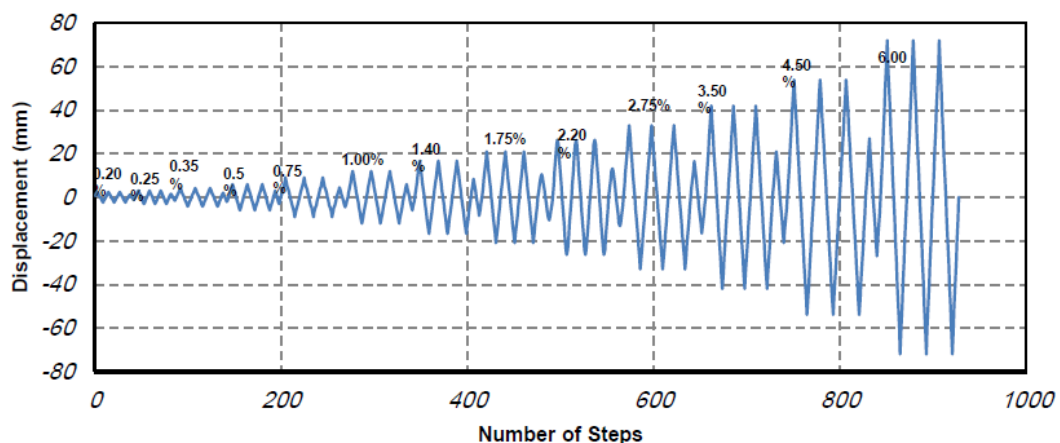
1. Memodelkan hubungan balok kolom menggunakan program ANSYS 18.2
2. Membandingkan hasil uji numerik dari program dengan hasil uji eksperimental berdasarkan makalah dari Shafaie, J., Hosseini, A., dan Merefat, M. S. (2012)

1.4 Pembatasan Masalah

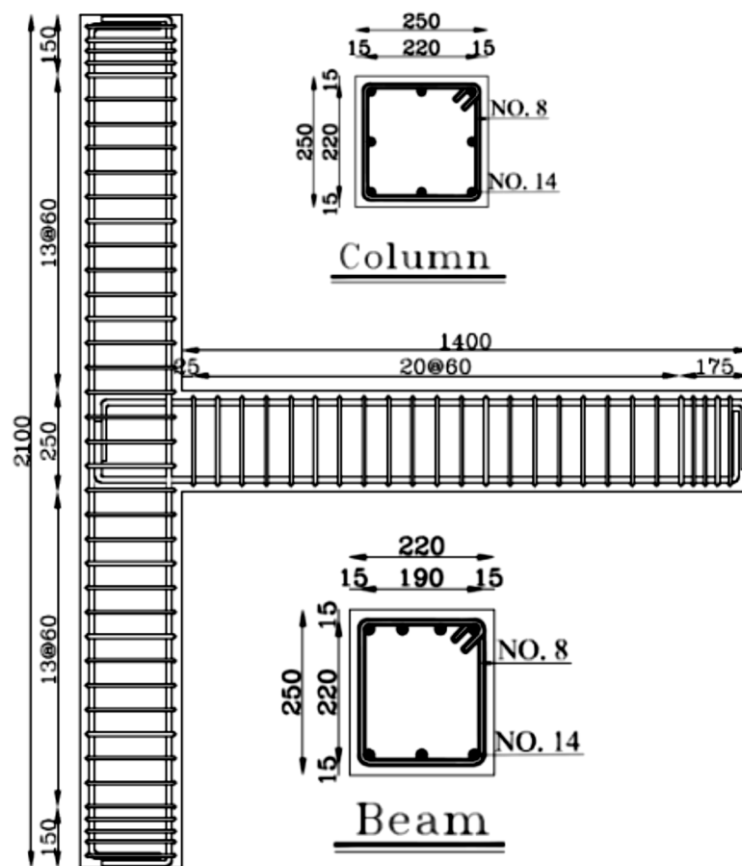
Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

Pemodelan hubungan balok kolom yang dianalisis menggunakan model uji eksperimental berdasarkan makalah dari Shafaie, J., Hosseini, A., dan Merefat, M. S. (2012)

1. Data material
 - a. $f_c' = 22$ Mpa
 - b. f_y tulangan utama D14 = 450 Mpa
 - c. f_y tulangan geser D8 = 400 Mpa
2. Pola pembebanan siklik yang digunakan ditunjukkan oleh **Gambar 1.3**
3. Data geometri hubungan balok kolom yang digunakan ditunjukkan oleh **Gambar 1.4**
4. Pemodelan menggunakan program ANSYS 18.2



Gambar 1.3 Pola pembebanan siklik



Gambar 1.4 Data Geometri hubungan balok kolom

1.5 Metode Penelitian

Studi ini dilakukan dengan dua metode, yaitu:

1. Studi Pustaka

Studi Pustaka sebagai landasan teori mengacu pada buku-buku pustaka, manual dan panduan penggunaan Program ANSYS 18.2, makalah yang membahas mengenai hubungan balok kolom, makalah yang membahas mengenai penggunaan Program ANSYS 18.2 pada masalah struktur beton bertulang, serta skripsi, tesis, dan disertasi yang membahas mengenai hubungan balok kolom dan juga yang membahas mengenai penggunaan program metode elemen hingga pada masalah struktur beton bertulang.

2. Studi Analisis

Uji numerik dilakukan dengan menggunakan bantuan Program ANSYS 18.2

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk menyusun skripsi ini melalui beberapa tahapan, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan dasar teori, diantaranya mengenai tujuan penelitian disertasi, model benda uji, material beton, material tulangan baja, metoda elemen hingga, ANSYS 18.2

BAB 3 PEMODELAN BETON BERTULANG

Bab ini menjelaskan analisis non linier pada Program ANSYS 18.2 asumsi pemodelan beton, asumsi pemodelan tulangan baja, finite element mesh, dan solusi permasalahan .

BAB 4 UJI MODEL NUMERIK HUBUNGAN BALOK KOLOM

Bab ini membahas mengenai geometri model hubungan balok kolom, pemodelan benda uji, data pemodelan, dan data pembebanan.

BAB 5 PEMBAHASAN HASIL ANALISIS HUBUNGAN BALOK KOLOM

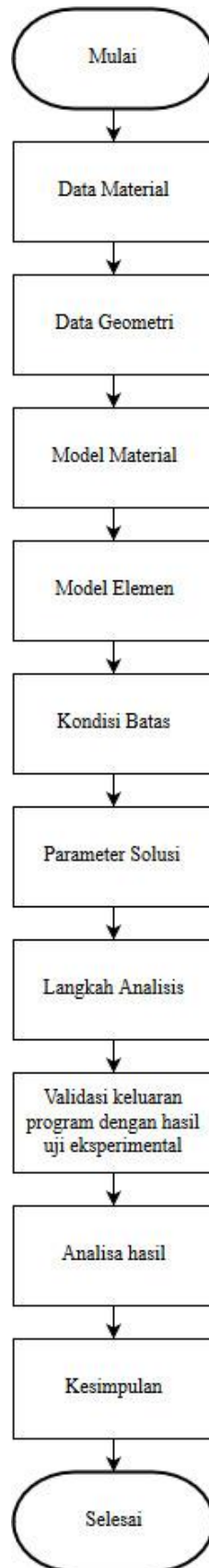
Bab ini membahas mengenai hasil uji eksperimental dan hasil uji numerik.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai simpulan dan saran dari hasil penelitian dan analisa yang diperoleh dari bab-bab sebelumnya.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam penyelesaian skripsi ini maka dibuatlah diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.5**.



Gambar 1.5 Diagram Alir Analisis Data