

TUGAS AKHIR

**STUDI NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-
KOLOM EKSTERIOR *LIGHTWEIGHT CONCRETE*
TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK**



MUHAMMAD LINDUNG PERSADA PUTRA WIBOWO

03011281722035

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

TUGAS AKHIR

STUDI NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR *LIGHTWEIGHT CONCRETE* TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**MUHAMMAD LINDUNG PERSADA PUTRA WIBOWO
03011281722035**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR *LIGHTWEIGHT CONCRETE* TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

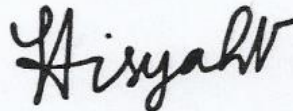
MUHAMMAD LINDUNG PERSADA PUTRA WIBOWO
03011281722035

Palembang, Februari 2021

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Dr. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir. Penelitian tugas akhir ini berjudul “Studi Numerik Perilaku Sambungan Balok-Kolom Eksterior *Lightweight Concrete* Terhadap Beban Lateral Siklik”. Selain ucapan terima kasih kepada Allah SWT., tak lupa pula ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditunjukkan bagi semua pihak yang telah membantu jalannya penulisan penelitian tugas akhir, yaitu antara lain:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE. sebagai Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Saloma, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam proses pembuatan penelitian tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam urusan program ANSYS.
6. Keluarga dan sahabat tercinta yang menjadi sumber semangat, terima kasih juga atas doa, usaha dan nasihat yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kemajuan karya tulis ini.

Palembang, Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Lampiran	x
Halaman Ringkasan	xi
Halaman <i>Summary</i>	xii
Halaman Pernyataan Integritas	xiii
Halaman Persetujuan.....	xiv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	xv
Daftar Riwayat Hidup	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Beton	4
2.1.1. Kuat Tekan Beton	4
2.1.2. Modulus Elastisitas Beton.....	6
2.1.3. Kapasitas Struktur Beton Normal	7
2.2. Beton Ringan	7
2.2.1. Beton Ringan Menggunakan Agregat Ringan	8
2.2.2. Beton Ringan Menggunakan Bubuk Alumunium	8

2.3.	Baja	8
2.3.1.	Modulus Elastisitas Baja.....	10
2.3.2.	Jenis Baja Tulangan.....	10
2.4.	Sambungan Balok-Kolom	11
2.5.	Beban Siklik	14
2.6.	Kurva Histeresis	15
2.7.	Daktilitas.....	18
2.8.	ANSYS	20
2.8.1.	Garis Besar Simulasi Program ANSYS.....	22
2.8.2.	<i>Input</i> Data Model Elemen ANSYS.....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1.	Umum	25
3.2.	Studi Literatur	25
3.3.	Alur Penelitian	25
3.4.	Pengumpulan Data Sekunder	27
3.5.	Model Struktur.....	27
3.6.	Pemodelan Struktur dengan Program ANSYS.....	29
3.7.	<i>Input</i> Data Pada ANSYS	29
3.8.	<i>Meshing</i>	29
3.9.	<i>Solving</i>	29
3.10.	Analisa dan Pembahasan	30
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1.	Detil Model Struktur Sambungan Balok-Kolom Eksterior.....	31
4.2.	Pemodelan Struktur dengan Menggunakan Program ANSYS	31
4.3.	<i>Data Input</i>	33
4.3.1.	<i>Material Properties</i> Beton Normal	34
4.3.2.	<i>Material Properties Lightweight Concrete</i>	35
4.3.3.	Pembebanan	35
4.4.	<i>Meshing</i>	35
4.5.	Analisis <i>Output</i> Program ANSYS.....	36

4.5.1. Analisis <i>Output</i> Beton Normal.....	36
4.5.2. Analisis <i>Output Lightweight Concrete</i>	38
4.6. Daktilitas	41
4.6.1. Daktilitas berdasarkan material Beton Normal.....	41
4.6.2. Daktilitas berdasarkan material <i>Lightweight Concrete</i>	42
4.7. Kekakuan dan kekuatan	43
BAB 5 PENUTUP	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Hubungan tegangan(σ_c) dan regangan(ϵ_c) kuat tekan beton beban monotonic	5
Gambar 2.2. Hubungan tegangan(σ_c) dan regangan(ϵ_c) kuat tekan beton beban siklik	6
Gambar 2.3. Hubungan tegangan-regangan baja tulangan	9
Gambar 2.4. Kurva tegangan-regangan yang diperbesar	9
Gambar 2.5. Tegangan-regangan dengan beban siklik	10
Gambar 2.6. Macam-macam sambungan balok-kolom	12
Gambar 2.7. Pola retak hubungan pada balok-kolom	13
Gambar 2.8. <i>Detail</i> sambungan balok-kolom eksterior	13
Gambar 2.9. Beban Siklik	14
Gambar 2.10. <i>Set up</i> alat uji yang digunakan.....	15
Gambar 2.11. Kurva histeresis sampel NS5 sambungan balok-kolom eksterior	15
Gambar 2.12. <i>Crack pattern</i> pada benda uji	16
Gambar 2.13. <i>Crack pattern</i> pada sampel A1	16
Gambar 2.14. Kurva Histeresis Sampel A1	17
Gambar 2.15. <i>Crack pattern</i>	17
Gambar 2.16. Kurva Histeresis Sampel	18
Gambar 2.17. Perbandingan <i>Ductile</i> dan <i>Brittle</i>	19
Gambar 2.18. Perilaku pada struktur daktail.....	19
Gambar 2.19. Ilustrasi proses <i>meshing</i>	21
Gambar 2.20. Ilustrasi pemodelan elemen tiga dimensi pada balok ANSYS.....	21
Gambar 2.21. Model SOLID65 pada ANSYS	23
Gambar 2.22. Model LINK180 Pada ANSYS	24
Gambar 2.23. Model SOLID45 pada ANSYS	24
Gambar 3.1. Diagram alir (<i>flowchart</i>).....	26
Gambar 3.2. Tegangan-regangan material <i>lightweight concrete</i>	27
Gambar 3.3. Ilustrasi Model struktur sambungan balok-kolom eksterior	28

Gambar 3.4.	<i>Set up</i> pembebanan	28
Gambar 4.1.	Detil dan dimensi sambungan balok-kolom eksterior.....	31
Gambar 4.2.	<i>Nodes</i> pada program ANSYS.....	32
Gambar 4.3.	Tiga dimensi model <i>concrete</i> SOLID65	33
Gambar 4.4.	Tiga dimensi model baja LINK180.....	33
Gambar 4.5.	Tegangan-regangan beton normal	34
Gambar 4.6.	Siklus pembebanan.....	35
Gambar 4.7.	<i>Meshing</i>	36
Gambar 4.8.	Kurva histeresis <i>output</i> ANSYS.....	37
Gambar 4.9.	Tegangan pada struktur beton normal analisis ANSYS.....	38
Gambar 4.10.	Kurva histeresis <i>output</i> ANSYS material <i>lightweight concrete</i> ...	39
Gambar 4.11.	Tegangan yang terjadi dengan <i>properties lightweight concrete</i> ..	41
Gambar 4.12.	Kurva <i>envelope</i> model beton normal dengan ANSYS	41
Gambar 4.13.	Kurva <i>envelope Lightweight Concrete</i> dengan ANSYS	42
Gambar 4.14.	Kurva hubungan kekakuan arah pembebanan <i>push</i> dan <i>drift ratio</i> struktur sambungan balok-kolom eksterior beton normal	43
Gambar 4.15.	Kurva hubungan kekakuan arah pembebanan <i>pull</i> dan <i>drift ratio</i> struktur sambungan balok-kolom eksterior beton normal	44
Gambar 4.16.	Kurva <i>backbone</i> beton normal analisis ANSYS	45
Gambar 4.17.	Kurva hubungan kekakuan arah pembebanan <i>push</i> dan <i>drift ratio</i> material <i>lightweight concrete</i>	46
Gambar 4.18.	Kurva hubungan kekakuan arah pembebanan <i>pull</i> dan <i>drift ratio</i> material <i>lightweight concrete</i>	46
Gambar 4.19.	Kurva <i>backbone</i> analisis ANSYS material <i>lightweight concrete</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 2.1.	Klasifikasi Beton Berdasarkan dari Kuat Tekannya	4
Tabel 2.2.	Klasifikasi dari beton berdasarkan <i>bulk density</i>	5
Tabel 2.3.	Tulangan Polos dan Ukurannya	11
Tabel 2.4.	Tulangan Ulir dan Ukurannya	11
Tabel 4.1.	<i>Properties material</i> baja tulangan.....	34
Tabel 4.2.	Persentase selisih gaya lateral maksimum ANSYS dan Eksperimen- ntal.....	37
Tabel 4.3.	Gaya Lateral maksimum <i>lightweight concrete</i> dengan ANSYS.....	39
Tabel 4.4.	<i>Drift ratio</i> saat beban maksimum	40
Tabel 4.5.	<i>Drift ratio</i> maksimum yang tercapai	40
Tabel 4.6.	Daktilitas berdasarkan hasil ANSYS	42
Tabel 4.7.	Hasil daktilitas analisis ANSYS material <i>lightweight concrete</i>	43
Tabel 4.8.	Persentase penurunan kekakuan beton normal	44
Tabel 4.9.	Persentase penurunan kekakuan <i>lightweight concrete</i>	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Hasil seminar sidang sarjana/ujian tugas akhir	55

RINGKASAN

STUDI NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR *LIGHTWEIGHT CONCRETE* TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 26 Februari 2021

Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo; Dibimbing oleh Dr. Saloma S.T., M.T., dan Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Xvi + 54 halaman, 46 gambar, 13 tabel, 1 lampiran.

Pada suatu struktur beton bertulang sering terjadi kegagalan pada sambungan balok dan kolom akibat distribusi beban lateral. Sambungan balok-kolom pada suatu struktur mempunyai peran penting dalam kinerja struktur, sehingga memerlukan analisis pembebanan, di antaranya adalah beban siklik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur sambungan balok-kolom eksterior *lightweight concrete* terhadap kombinasi beban aksial tekan konstan dan lateral siklik statik dengan menggunakan program numerik. Metode penelitian ini adalah memodelkan benda uji sambungan balok-kolom eksterior eksperimental dengan material beton normal yang diberi kombinasi beban aksial konstan dan lateral siklik statik berdasarkan *finite element method* (FEM) dengan program ANSYS. Kurva histeresis pemodelan numerik beton normal dibandingkan dengan kurva histeretik hasil pengujian. Perbedaan gaya lateral pada pemodelan terhadap hasil pengujian masih di bawah batas toleransi. Selanjutnya, model numerik beton normal dibandingkan dengan model numerik *lightweight concrete*. Hasil penelitian model sambungan balok-kolom eksterior beton normal dan *lightweight concrete* berupa kurva histeresis, story drift maksimum yang dicapai, load dan displacement maksimum, daktilitas, kekakuan, dan kekuatan. Nilai daktilitas adalah 2,695 untuk beton normal dan 2,515 untuk *lightweight concrete*, sehingga termasuk dalam kategori *moderate ductility demand* berdasarkan FEMA 356. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kinerja sambungan balok-kolom eksterior *lightweight concrete* hampir menyerupai beton normal.

Kata kunci: *beban lateral siklik, finite element method, lightweight concrete, sambungan balok-kolom eksterior*

SUMMARY

NUMERICAL STUDY BEHAVIOUR OF LIGHTWEIGHT CONCRETE EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINTS ON CYCLIC LATERAL LOAD

Scientific papers in form of Final Projects, February 26th 2021

Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo; Guide by Advisor Dr. Saloma S.T., M.T., and Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University.

Xvi + 54 pages, 46 images, 13 table, 1 attachment.

In a reinforced concrete structure failure often occurs in beam and column joints due to the distribution of lateral loads. The beam-column connection in a structure has an important role in the performance of the structure, so it requires loading analysis, including cyclic loads. This study aims to analyze the performance of exterior beam-column joint structures lightweight concrete against a combination of constant compressive axial load and lateral cyclic static by using numerical programs. This research method is to model experimental exterior beam-column joint specimens with normal concrete material which is given a combination of constant axial load and lateral cyclic static based on the finite element method (FEM) with the ANSYS program. The hysteresis curve of normal concrete numerical modeling is compared with the hysteretic curve of the test results. The difference in lateral forces on the modeling against the test results is still below the tolerance limit. Furthermore, the normal concrete numerical model is compared with the numerical model lightweight concrete. The results of the study of normal and exterior beam-column joint models were lightweight concrete hysteresis curve, maximum story drift achieved, maximum load and displacement, ductility, stiffness, and strength. The ductility value is 2,695 for normal concrete and 2,515 for lightweight concrete, so it is included in the category moderate ductility demand based on FEMA 356. The results show that the performance of exterior beam-column joints for lightweight concrete is almost like normal concrete.

Keywords: cyclic lateral loads, finite element method, lightweight concrete, exterior beam-column joints

STUDI NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR *LIGHTWEIGHT CONCRETE* TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK

Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo¹, Saloma¹, dan Siti Aisyah Nurjannah¹

¹ Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNSRI, Jl. Raya Prabumulih – KM 32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumsel

Abstrak

Pada suatu struktur beton bertulang sering terjadi kegagalan pada sambungan balok dan kolom akibat distribusi beban lateral. Sambungan balok-kolom pada suatu struktur mempunyai peran penting dalam kinerja struktur, sehingga memerlukan analisis pembebanan, di antaranya adalah beban siklik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur sambungan balok-kolom eksterior *lightweight concrete* terhadap kombinasi beban aksial tekan konstan dan lateral siklik statik dengan menggunakan program numerik. Metode penelitian ini adalah memodelkan benda uji sambungan balok-kolom eksterior eksperimental dengan material beton normal yang diberi kombinasi beban aksial konstan dan lateral siklik statik berdasarkan *finite element method* (FEM) dengan program ANSYS. Kurva histeresis pemodelan numerik beton normal dibandingkan dengan kurva histeretik hasil pengujian. Perbedaan gaya lateral pada pemodelan terhadap hasil pengujian masih di bawah batas toleransi. Selanjutnya, model numerik beton normal dibandingkan dengan model numerik *lightweight concrete*. Hasil penelitian model sambungan balok-kolom eksterior beton normal dan *lightweight concrete* berupa kurva histeresis, *story drift* maksimum yang dicapai, *load* dan *displacement* maksimum, daktilitas, kekakuan, dan kekuatan. Nilai daktilitas adalah 2,695 untuk beton normal dan 2,515 untuk *lightweight concrete*, sehingga termasuk dalam kategori *moderate ductility demand* berdasarkan FEMA 356. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kinerja sambungan balok-kolom eksterior *lightweight concrete* hampir menyerupai beton normal.

Key Words: beban lateral siklik, *finite element method*, *lightweight concrete*, sambungan balok-kolom eksterior

Palembang, Februari 2021

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,

Dr. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

Dosen Pembimbing II,

Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **MUHAMMAD LINDUNG PERSADA PUTRA WIBOWO**

NIM : **03011281722035**

Judul : **Studi Numerik Perilaku Sambungan Balok-Kolom Eksterior *Lightweight Concrete* Terhadap Beban Lateral Siklik.**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Februari 2021



Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo
NIM. 03011281722035

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Studi Numerik Perilaku Sambungan Balok-Kolom Eksterior *Lightweight Concrete* terhadap Beban Lateral Siklik” yang disusun oleh Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo, NIM 03011281722035 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Februari 2021.

Palembang, Februari 2021

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

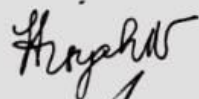
Ketua:

1. Dr. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001
2. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Anggota:

1. Dr. Ir. Hanafiah, M.S.
NIP. 195603141985031002
2. Dr. K. M. Aminuddin, S.T., M.T.
NIP. 197203141999031006

()

()

(
)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **MUHAMMAD LINDUNG PERSADA PUTRA WIBOWO**

NIM : **03011281722035**

Judul : Studi Numerik Perilaku Sambungan Balok-Kolom Eksterior *Lightweight Concrete* Terhadap Beban Lateral Siklik.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Februari 2021



Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo
NIM. 03011281722035

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : **MUHAMMAD LINDUNG PERSADA PUTRA WIBOWO**
Jenis Kelamin : **LAKI-LAKI**
E-mail : **lindungpersada@gmail.com**

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Negeri 24 Palembang			SD	2005-2011
SMP Negeri 9 Palembang			SMP	2011-2014
SMA Plus Negeri 17 Palembang		MIPA	SMA	2014-2017
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2017-2021

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Muhammad Lindung Persada Putra Wibowo)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan yang terletak antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Berdasarkan data *Global Earthquake Model Foundation* (GEMF), Indonesia masuk ke dalam negara yang rentan terhadap bencana gempa. Berdasarkan data tersebut, diperlukan bangunan yang memenuhi persyaratan agar kerusakan pada struktur bangunan dapat dihindari. Pembebanan pada dasarnya menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) terbagi menjadi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Untuk mendesain suatu bangunan tahan gempa, maka perlu diketahui distribusi beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tersebut.

Pada struktur bangunan, material yang digunakan juga mempengaruhi kinerja dari struktur tersebut. Pemilihan material didasari pada efektifitas dan efisiensi fungsi dari material yang digunakan. Salah satu inovasi material yang sedang dikembangkan saat ini adalah beton ringan (*lightweight concrete*) yang menurut Sojobi *et al.* (2018) memiliki *bulk density* sebesar 500-800 kg/m³.

Menurut Dehkordi *et al.* (2019) kunci utama untuk memastikan stabilitas lateral struktur terdapat pada sambungan balok-kolom baik eksterior maupun interior. Sambungan balok-kolom eksterior adalah salah satu struktur yang perlu diperhatikan dalam suatu struktur karena merupakan bagian kritis dalam perubahan geometri akibat distribusi tekanan. Dalam jurnal yang sama, dilakukan penelitian berupa perilaku beban lateral siklik terhadap sambungan balok-kolom eksterior beton bertulang dengan menggunakan uji laboratorium. Hasil yang di dapat dalam pengujian tersebut berupa kurva histeresis.

Pengujian perilaku beban siklik selain dengan menggunakan uji laboratorium, juga dapat diketahui menggunakan program komputer seperti ANSYS. ANSYS berfungsi dengan menerapkan *system finite element method*, dimana penyelesaiannya fokus pada suatu objek dilakukan dengan membagi satu rangkaian kesatuan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dikoneksikan dengan *nodes*.

Hasil yang didapat dari ANSYS ini adalah suatu pendekatan dengan menggunakan analisa *finite element numeric*.

Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan hasil kinerja beban lateral siklik terhadap sambungan balok-kolom eksterior penelitian dari Dehkordi *et al.* (2019) dengan analisa numerik menggunakan program ANSYS. Data-data yang digunakan pada penelitian ini mengambil *input* data penelitian yang dilakukan Dehkordi *et al.* yang kemudian dimodelkan dalam bentuk analisa numerik pada ANSYS. Hasil yang didapat kemudian diubah *properties* materialnya menggunakan *lightweight concrete* dari penelitian Ramadhanty (2019) sehingga didapat *output* berupa kurva histeresis untuk material beton ringan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian perilaku sambungan balok-kolom eksterior terhadap beban lateral siklik adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis kinerja struktur dengan menggunakan program ANSYS pada sambungan balok-kolom eksterior beban lateral siklik?
2. Bagaimana hasil analisis kinerja struktur menggunakan program ANSYS pada sambungan balok-kolom eksterior beban lateral siklik dengan material *lightweight concrete*?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukan penelitian perilaku sambungan balok-kolom eksterior terhadap beban lateral siklik adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan dan menganalisis kinerja struktur dari hasil penelitian Dehkordi *et al.* (2019) dengan hasil analisis menggunakan program ANSYS pada sambungan balok-kolom eksterior beban lateral siklik.
2. Mengetahui dan menganalisis kinerja struktur dengan menggunakan program ANSYS pada sambungan balok-kolom eksterior beban lateral siklik dengan material *lightweight concrete*.

1.4. Ruang Lingkup Laporan

Permasalahan pada penelitian perilaku sambungan balok-kolom eksterior terhadap beban lateral siklik dibatasi pada:

1. Penggunaan model solid dalam analisis. Model solid dibentuk secara aktual dan dianalisis perilakunya dengan *finite element method* menggunakan aplikasi ANSYS.
2. Peraturan yang digunakan adalah peraturan yang memiliki korelasi dengan peraturan ACI 352 dan ACI 374.1-05.
3. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari jurnal penelitian yang dilakukan oleh Dehkordi *et al.* pada pengujian eksperimental perilaku sambungan balok-kolom beton bertulang terhadap beban siklik.
4. Data material *lightweight concrete* yang dimasukkan didapat dari penelitian yang dilakukan oleh Ramadhanty (2019) pada pengujian durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M yang merupakan mahasiswa Universitas Sriwijaya jurusan teknik sipil sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI-374.1-05. Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary. *American Concrete Institute, ACI Standard.*
- ACI-ASCE Committee 352, ACI 352R-02. 2002. Recommendation for Design of Beam-Column Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structure. *American Concrete Institute, Farmingham Hills, MI.*
- ANSYS. 2013. ANSYS 14.0 Help Mechanical APDL. ANSYS Inc, United States of America.
- Arindom, *et al.* 2018. Finite Element Analysis of Different Types of FRP on Beam-Column Joint. *International Journal of Engineering Research and Technology.*
- ASTM A 615, Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement, *Annual Books of ASTM Standards, USA: American Standard Testing and Materials.*
- Badshah, *et al.* 2019. Comparison of computational fluid dynamics and fluid structure interaction models for the performance prediction of tidal current turbines. *Journal of Ocean Engineering and Science.*
- Dehkordi, *et al.* 2019. Effect of High-strength Reinforcing Bars and Concrete on Seismic behavior of RC beam-column joints. *Engineering Structures, Elsevier.*
- Department of Public Works, I.-1726-2002. 2002. Planning Standards for Earthquake Resistance of Building Structures.
- Desai, D. 2012. Development of Lightweight Concrete. *Civil Engineering Portal.*
- Ebrahim dan Hashem. 2016. Behavior of Damaged Exterior RC Beam-Column Joints Strengthened by CFRP Composites. *Latin American Journal of Solids and Structures.*

- El-Mandouh, Mahmoud A. 2020. Seismic Behavior of HSC Eccentric Beam-Column Connections. *International Journal of Engineering Research and Technology*.
- FEMA 356. 2000. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. *Washington DC: Federal Emergency Management Agency*.
- Hariandja, B. 2015. Metode Elemen Hingga. *Jakarta: Universitas Pancasila*.
- Hollaway, L.C. 2013. Advanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composite Materials for Sustainable Energy Technologies. *ScienceDirect*.
- Imran, *et al.* 2014. Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang. *Bandung: Institut Teknologi Bandung*.
- Iskhakov, L. 2003. Seismic Energy Dissipation and Ductility of RC Elements Section, *In Fifth National Conference on Earthquake Engineering*.
- Jacob dan Ted. 2007. A First Course in Finite Elements. *Wiley*.
- Kurniawan, Ferdi. 2017. Simulasi dan Analisa Tegangan Impak pada RIM VELG Truk dengan Metode Elemen Hingga. *Institute Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Li, Zongjin. 2011. Advanced Concrete Technology. *John Wiley & Sons, Hoboken*.
- Liu, Yijun. 2003. Lecture Notes: Introduction to the Finite Element Method. *University of Cincinnati*.
- Mahronic, *et al.* 2015. Evaluation of the possibility of estimating cyclic stress-strain parameters and curves from monotonic properties of steels. *3rd International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading, VAL2015*.
- Mohamed. 2015. Geotechnical Data and Piles Design. *ScienceDirect*.
- Purwanto, Edy. 2013. Kinerja Hubungan Balok Kolom Beton Bertulang dengan Pembebanan Siklik. *Jurnal Matrik Teknik Sipil*.

- Prakash dan Dubey. 2015. Study of Reinforcement Concrete Beam-Column Joint. *International Journal of Engineering Research*.
- Raj, *et al.* 2018. Reduction in Chloride Penetration by Use of Steel Mill Scarp in Concrete. *International Journal of Engineering and Techniques*.
- Ramadhanty, Cindy Violita. 2019. Durability of Lightweight Geopolymer Concrete Against 5% HCl Solution with 14 M NaOH Concretation. *Scientific papers in form of Final Project. Sriwijaya University*.
- Satish dan Kallurkar. 2017. Study of Stresses Developed on the Impeller of Centrifugal Pump at Different Speed Using Ansys. *International Journal of Engineering Research and Technology*.
- Seongwoo. 2017. Reliability Design of Mechanical Systems. *Reliability Association of Korea*.
- Setiawan, A. 2013. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. *Jakarta: Erlangga*.
- Singh, Ningombam Thoiba. 2016. Effective Uses of Lightweight Concrete. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*.
- SNI 03-2847-2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 2019*.
- SNI 1729-2020. Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural. *Departemen Pekerjaan Umum, 2020*.
- SNI 2052-2017. Baja Tulangan Beton. *Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2017*.
- Sojobi, *et al.* 2018. Green Interlocking Paving Units. *Construction and Building Materials*.
- Suharjanto. 2013. Rekayasa Gempa. *Yogyakarta: Kepel Press*.

- Takafumi, *et al.* 2009. A Practical Equation for Elastic Modulus of Concrete. *ACI Structural Journal*.
- Tantawi, Hasan M.Y. 2015. Introduction to Concrete Technology. *ResearchGate*.
- Tsonos, A.G. 2005. Cyclic Load Behavior of Reinforced Concrete Beam-Column Subassemblages of Modern Structures. *WIT Transactions on the Built Environment*.
- Vishnu, *et al.* 2017. A Review Study on Uses of Steel in Construction. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- Wight, James K. 2016. Reinforced Concrete Mechanics and Design. *USA: Pearson*.