

SKRIPSI

**EVALUASI PERSAMAAN MODULUS ELASTISITAS
DAN STUDI ANALISIS PENGARUH VARIASI
MODULUS ELASTISITAS TERHADAP KINERJA
STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
YANG TERBUAT DARI BETON MUTU TINGGI
AKIBAT BEBAN GEMPA**



**MICHAEL
NPM : 2016410180**

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto Ph.D

KO-PEMBIMBING: Wisena Perceka Ph.D

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG
AGUSTUS 2020**

SKRIPSI

**EVALUASI PERSAMAAN MODULUS ELASTISITAS
DAN STUDI ANALISIS PENGARUH VARIASI
MODULUS ELASTISITAS TERHADAP KINERJA
STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
YANG TERBUAT DARI BETON MUTU TINGGI
AKIBAT BEBAN GEMPA**



**MICHAEL
NPM : 2016410180**

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto Ph.D

KO-PEMBIMBING: Wisena Perceka Ph.D

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG
AGUSTUS 2020**

SKRIPSI

**EVALUASI PERSAMAAN MODULUS ELASTISITAS
DAN STUDI ANALISIS PENGARUH VARIASI
MODULUS ELASTISITAS TERHADAP KINERJA
STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
YANG TERBUAT DARI BETON MUTU TINGGI
AKIBAT BEBAN GEMPA**



**MICHAEL
NPM : 2016410180**

BANDUNG, 14 AGUSTUS 2020

PEMBIMBING:

Helmy Hermawan Tjahjanto Ph.D

KO-PEMBIMBING:

Wisena Perceka Ph.D

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG
AGUSTUS 2020**

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Michael

NPM : 2016410180

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Evaluasi Persamaan Modulus Elastisitas Dan Studi Analisis Pengaruh Variasi Modulus Elastisitas Terhadap Kinerja Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Terbuat Dari Beton Mutu Tinggi Akibat Beban Gempa

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 23 Juli 2020



EVALUASI PERSAMAAN MODULUS ELASTISITAS DAN STUDI ANALISIS PENGARUH VARIASI MODULUS ELASTISITAS TERHADAP KINERJA STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS YANG TERBUAT DARI BETON MUTU TINGGI AKIBAT BEBAN GEMPA

**MICHAEL
NPM: 2016410180**

**Pembimbing: Helmy Hermawan Tjahjanto Ph.D
Ko-Pembimbing: Wisena Perceka Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

ABSTRAK

Pada zaman modern ini, perkembangan dunia konstruksi menunjukkan peningkatan yang signifikan. Peningkatan teknologi yang signifikan dapat terlihat dari meningkatnya kuat tekan beton yang dapat dibuat dan mulai banyak digunakan. Beton yang umum digunakan di Indonesia adalah beton dengan kuat rentang 20-50 MPa. Selain itu, modulus elastisitas beton dapat diperkirakan menggunakan persamaan yang tercantum dalam SNI 2847:2019. Namun, hasil penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa persamaan modulus elastisitas beton yang terdapat di dalam SNI 2847:2019 menghasilkan nilai modulus elastisitas yang terlalu tinggi, terutama untuk beton mutu tinggi. Nilai modulus elastisitas yang terlalu tinggi menyebabkan kekakuan model bangunan berbeda dari kekakuan bangunan pada kenyataannya. Hasil evaluasi persamaan modulus elastisitas antara SNI 2847:2019, ACI 363-R2, Taiwan New RC Code, CEB-FIP dan Persamaan oleh Mansur dkk. menunjukkan bahwa SNI 2847-2019, CEB-FIP dan persamaan Mansur dkk cenderung memprediksi modulus elastisitas lebih besar dari hasil eksperimen. ACI 363-R2 cenderung berada ditengah-tengah dari hasil eksperimen. Taiwan New RC Code cenderung menentukan modulus elastisitas dibawah hasil eksperimen. Berdasarkan hasil analisis statik SNI 2847:2019 memiliki koefisien variansi 15,97% diikuti dengan ACI 363-R2 sebesar 14,05% lalu CEB-FIP sebesar 13,68% dan terakhir Mansur dkk 13,66%. Untuk Taiwan New RC Code sendiri memiliki koefisien variansi sebesar 17,05%. Pengujian dilakukan dengan menganalisis model menggunakan program ETABS 2016 untuk menentukan gaya-gaya dalam yang terjadi pada bangunan dan hasil perhitungan seperti kekakuan struktur, simpangan antar lantai, dan resistensi antar tingkat. Hasil perhitungan model tersebut akan dibandingkan dengan mengganti nilai modulus elastisitas berdasarkan persamaan ACI 363-R2 dan Taiwan new RC Code. Hasil perhitungan kemudian akan dilakukan komparasi untuk mengetahui pengaruh modulus elastisitas. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa kekakuan antar tingkat menurun sebesar 21,8% dengan Taiwan New RC code dibandingkan dengan SNI 2847-2019 dan ACI 363-R2 mengalami penurunan 11,38%. Untuk resistensi antar tingkat tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan adanya perubahan nilai modulus elastisitas. Peningkatan simpangan sebesar 31,37% lebih besar untuk Taiwan New RC Code dan ACI 363-R2 meningkat sebesar 14,31% dibandingkan dengan SNI 2847-2019. Hasil analisis perilaku nonlinear menunjukkan bahwa ketiga modulus elastisitas mempunyai performance point yang sama, yaitu immediate occupancy.

Kata Kunci: Modulus Elastisitas, Beton Mutu Tinggi, Kekakuan Struktur, Simpangan Antar Lantai, Resistensi Tingkat

**EVALUATION OF CONCRETE MODULUS ELASTICITY
EQUATIONS AND ANALYSIS OF EFFECTS OF
VARIATIONS OF MODULUS ELASTICITY ON
PERFORMANCE OF SPECIAL MOMENT FRAME BUILDING
STRUCTURE MADE OF HIGH STRENGTH CONCRETE
SUBJECTED TO EARTHQUAKE LOADING**

**Michael
NPM: 2016410180**

**Advisor: Helmy Hermawan Tjahjanto Ph.D
Co-Advisor: Wisena Perceka Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

**(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
AUGUST 2020**

ABSTRACT

In this modern era, the development of the construction world shows a significant change. Construction technology improvements can be seen from the increase in the compressive strength of concrete that can be made and widely used. In Indonesia concrete commonly made with a strength range between of 20-50 MPa. In addition, the modulus of elasticity of concrete can be estimated using the equation listed in SNI 2847:2019. However, the results from many research proved that the modulus of elasticity of concrete in SNI 2847:2019 predicted modulus of elasticity too high, especially for high strength concrete. The modulus of elasticity that is too high causes the rigidity of the building model to differ from the actual building. The results of the evaluation of the modulus of elasticity equation between SNI 2847: 2019, ACI 363-R2, Taiwan New RC Code, CEB-FIP and equations by Mansur et al. shows that SNI 2847:2019, CEB-FIP and Mansur et al's equation tend to predict a larger modulus of elasticity than the experimental results. ACI 363-R2 tends to be in the middle of the experimental results. Taiwan New RC Code tends to determine the modulus of elasticity below the experimental results. Based on the results of the static analysis, SNI 2847: 2019 has a variance of coefficient of 15.97% followed by ACI 363-R2 of 14.05% then CEB-FIP of 13.68% and finally Mansur et al 13.66%. The Taiwan New RC Code itself has a variance of coefficient of 17.05%. The model was analyzed by using the ETABS 2016 to determine the internal forces that occur in the building and the results of structural stiffness, story drift, and story shear. The calculation results of the model will be compared by changing the modulus of elasticity based on the ACI 363-R2 and Taiwan new RC Code. The calculation results will then be compared to determine the effect of the modulus of elasticity. The results of this study showed that the stiffness between levels decreased by 21.8% with Taiwan New RC Code compared to SNI 2847-2019 and ACI 363-R2 decreased by 11.38%. There is no significant different for story shear by changing the modulus of elasticity. The increase of story drift was by 31.37% for the Taiwan New RC Code and ACI 363-R2, an increase of 14.31% compared to SNI 2847-2019. The results of the nonlinear behavior analysis show that the three modulus of elasticity have the same performance points, immediate occupancy.

Keywords: Modulus Elasticity , High strength concrete, story stiffness, story drift, story Shear



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaannya selama penulis menjalani penyusunan skripsi yang berjudul Studi Evaluasi Persamaan Modulus Elastisitas dan Studi Analisis Pengaruh Variasi Modulus Elastisitas Terhadap Kinerja Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus yang Terbuat dari Beton Mutu Tinggi Akibat Beban Gempa akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung tempat penulis menjalankan studinya.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Mata kuliah skripsi ini merupakan mata kuliah wajib berbobot 6 sks dan dapat ditempuh setelah lulus 120 sks.

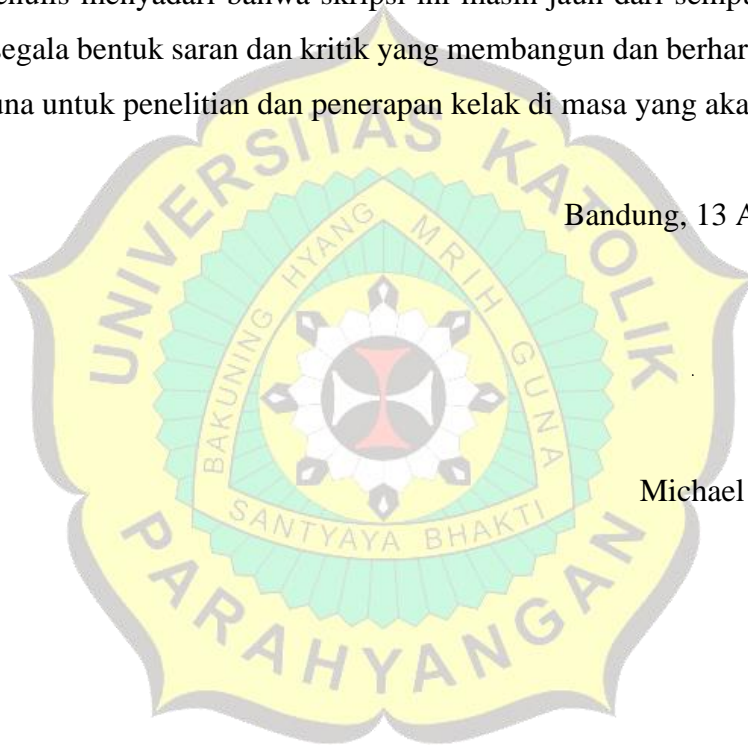
Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan, baik selama proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, maupun penulisan. Oleh karenanya penulis sangat berterima kasih atas saran, kritik, serta dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses pembuatan skripsi ini hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam – dalamnya kepada:

1. Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberi masukan dan saran selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Wisena Perceka Ph.D. selaku dosen ko-pembimbing yang sudah mengusulkan ide penelitian dan membantu selama proses pembuatan skripsi ini.
3. Kepada bapak Liyanto Eddy, Ph.D, bapak Altho Sagara, S.T., M.T., ibu Dr.-Ing Dina Rubiana Widarda, ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T., dan ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. yang hadir saat seminar judul, seminar isi, dan sidang yang banyak memberi masukan dan saran.

4. Orang tua penulis yang senantiasa memberi dorongan semangat dan bantuan dalam proses penelitian skripsi ini.
5. Kepada Rama Adi, Shafira Widjaja, Jeannifer Nathania dan Bethany Agustria yang senantiasa memberi dukungan dan bantuan selama proses penelitian skripsi ini.
6. Teman – teman seperjuangan skripsi yang senantiasa saling membantu dalam persiapan, pengujian, dan penyusunan skripsi ini.
7. Sipil 2016 atas kebersamaannya selama studi di UNPAR.
8. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan yang tak bisa disebutkan satu per satu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penulis menerima segala bentuk saran dan kritik yang membangun dan berharap skripsi ini dapat berguna untuk penelitian dan penerapan kelak di masa yang akan datang.

Bandung, 13 Agustus 2020

Penulis,



Michael 2016410180

DAFTAR NOTASI

- a : tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
- A_{ch} : luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal, mm²
- A_g : Luas bruto penampang beton, mm². Untuk penampang berlubang, A_g adalah luas beton saja dan tidak termasuk luas lubang
- A_j : Luas penampang efektif pada joint di bidang yang paralel terhadap bidang tulangan yang menimbulkan geser dalam joint, mm²
- A_s : Luas tulangan tarik longitudinal nonprategang, mm²
- A_{smin} : Luas minimum tulangan lentur, mm²
- A_{Vmin} : Luas minimum tulangan geser dalam spasi s, mm²
- b : Lebar muka tekan komponen struktur, mm
- b_c : Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas A_s , mm
- b_w : Lebar badan, tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm
- c : Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral, mm
- c_1 : Dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom (capital), atau braket yang diukur dalam arah bentang dimana momen ditentukan, mm
- c_2 : Dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom (capital), atau braket yang diukur dalam arah tegak lurus terhadap c_1 , mm
- C_s : Koefisien respons seismik
- C_t : Parameter untuk periode fundamental pendekatan
- C_u : Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung
- C_d : Koefisien amplifikasi defleksi

- C_s : Koefisien respons seismik
 C_t : Parameter untuk periode fundamental pendekatan
 C_u : Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung
 D_b : Diameter nominal batang tulangan, kawat, atau strand (*strand*) prategang, mm
 DL : Beban mati
 E_c : Modulus elastisitas beton, MPa
 E_h : Pengaruh beban gempa horizontal
 E_{mh} : Beban Gempa
 E_s : Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural, MPa
 E_v : Pengaruh beban gempa vertikal
 E_x : Beban gempa arah x
 E_y : Beban gempa arah y
 F_a : Koefisien situs untuk periode 0.2 detik
 f_c' : Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa
 F_v : Koefisien situs untuk periode 1 detik
 F_y : Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan f_y , MPa
 g : *Gravitational acceleration*
 I_e : Faktor keutamaan gempa
 h_n : Tinggi struktur
 h_{sx} : Tinggi tingkat di bawah tingkat x
 K_{sf} : Koefisien Silika Fume
 LL : Beban hidup

- Mpr : Kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25f_y$ dan faktor reduksi kekuatan ϕ sebesar 1,0
- Q_E : Pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p
- R : Koefisien modifikasi respons
- s : Spasi pusat ke pusat suatu benda, misalnya tulangan longitudinal, tulangan transversal, tendon, kawat atau angkur prategang, m
- SDL : Beban mati tambahan
- S_{M1} : Parameter spektral respons percepatan pada periode 0.2 detik
- S_{MS} : Parameter spektral respons percepatan pada periode 1 detik
- S₁ : Parameter percepatan gempa pada periode 1 detik
- SD₁ : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
- SD_s : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0.2 detik x
- S_s : Parameter percepatan gempa pada periode 0.2 detik
- T : Periode fundamental struktur
- T_a : Periode fundamental pendekatan
- UX : Translasi pada arah sumbu x
- UY : Translasi pada arah sumbu y
- V : Gaya dasar seismik
- V_c : Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N
- V_s : Kekuatan geser nominal yang diberikan oleh penulangan geser, N
- W : Berat seismik efektif

- B_1 : Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
- x : Parameter untuk periode fundamental pendekatan
- ρ : Faktor redudansi
- Ω_0 : Faktor kuat lebih xi
- ϵ_{cu} : Regangan maksimum yang digunakan pada serat tekan beton terjauh
- Δ : Simpangan antar lantai TINGKAT desain
- Δ_a : Simpangan izin antar lantai
- Δ_y : Perpindahan saat leleh
- Ω : Faktor keamanan
- θ_y : Rotasi saat terjadi leleh



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
1.7 Tahapan Penelitian	1-5
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Beton Mutu Tinggi	2-1
2.2 Modulus Elastisitas Beton	2-1
2.3 Persamaan Modulus Elastisitas	2-1
2.4 Ketentuan Desain Gedung Tahan Gempa Menurut SNI 2847-2019	2-2
2.4.1 Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	2-2
2.4.2 Syarat dan Tata Cara Desain Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	2-3
2.5 Ketentuan Pembebanan Menurut SNI 1727-2019	2-10
2.5.1 Kombinasi Tegangan Ijin	2-10
2.5.2 Beban Mati	2-10
2.5.3 Beban Hidup	2-10
2.5.4 Kombinasi Beban	2-10
2.6 Peraturan Penentuan Beban Gempa SNI 1726-2019	2-11

2.6.1	Gempa Rencana.....	2-12
2.6.2	Faktor Keutamaan Gempa & Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	2-12
2.6.3	Klasifikasi Situs.....	2-15
2.6.4	Koefisien-Koefisien Situs dan Paramater-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE _R).....	2-16
2.6.5	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	2-17
2.6.6	Spektrum Respons Desain.....	2-17
2.6.7	Kategori Desain Seismik.....	2-19
2.6.8	Kombinasi Sistem Struktur Dalam Arah yang Berbeda.....	2-19
2.6.9	Faktor Redundansi.....	2-20
2.6.10	Gaya Dasar Seismik.....	2-21
2.6.11	Penentuan Periode Fundamental Pendekatan.....	2-22
2.6.12	Skala Gaya.....	2-22
2.6.13	Analisis Respons Spektrum Ragam.....	2-23
2.6.14	Simpangan Antar Lantai Ijin.....	2-23
2.7	Analisis Statik Non-linier (Push Over Analysis).....	2-24
2.7.1	Analisis <i>Pushover</i>	2-24
2.7.2	Sendi Plastis.....	2-25
2.7.3	Target Perpindahan.....	2-26
2.7.4	Tingkat Kinerja Struktur.....	2-28
BAB 3	TINJAUAN KHUSUS.....	3-1
3.1	SNI 2847-2019.....	3-1
3.2	Taiwan New RC Code.....	3-3
3.3	ACI-363 R2.....	3-6
3.4	CEB-FIP.....	3-7
3.5	Mansur et al. (1994).....	3-8
3.6	Komparasi Persamaan Modulus Elastisitas.....	3-9
BAB 4	DESAIN.....	4-1
4.1	Umum.....	4-1
4.2	Data Struktur.....	4-2
4.3	Data Material.....	4-2

4.4	Sistem Struktur.....	4-3
4.5	Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan	4-5
4.5.1	Beban Mati (DL) dan Beban Mati Tambahan (SIDL).....	4-5
4.5.2	Beban Hidup	4-5
4.5.3	Beban Gempa.....	4-5
4.5.4	Kombinasi Pembebanan.....	4-7
4.6	Analisis Statik Ekuivalen.....	4-8
4.7	Pemodelan Stuktur	4-10
4.7.1	Sumber Massa	4-10
4.7.2	Model Bangunan	4-11
4.7.3	Komponen Struktur.....	4-13
4.8	Analisis Statik Nonlinier <i>Pushover</i>	4-15
4.9	Pemodelan Sendi Plastis	4-15
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	5-18
5.1	Kekakuan antar Tingkat.....	5-18
5.2	Resistensi antar Tingkat dan Resistensi Dasar.....	5-19
5.3	Simpangan Antar tingkat	5-21
5.4	Persebaran Sendi Plastis	5-23
5.5	Pengaruh Modulus Elastisitas Terhadap Kurva Sendi Plastis	5-25
5.6	Performance Point.....	5-26
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	6-1
6.1	Kesimpulan	6-1
6.2	Saran	6-2
	DAFTAR PUSTAKA	xxi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Alir Penelitian.....	1-5
Gambar 2.1	Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal (Sumber: SNI 2847-2019)	2-3
Gambar 2.2	Gambar Sengkang Tertutup (<i>hoop</i>) yang Dipasang Bertumpuk (Sumber : SNI 2847-2019).....	2-9
Gambar 2.3	Gambar Respon Spektrum (Sumber : SNI 1726-2019).....	2-18
Gambar 2.4	Penentuan Simpangan Antar Lantai (Sumber: SNI 1726:2019) ..	2-24
Gambar 3.1	Gambar Modulus Elastisitas versus Kuat Tekan Beton (Sumber : ACI-318-14).....	3-3
Gambar 3.2	Gambar Perbandingan prediksi hitung dengan rumus yang diusulkan versus hasil tes (Sumber: Taiwan New RC Code).....	3-5
Gambar 3.3	Gambar Perbandingan residu dengan formula prediksi yang diusulkan (a) dengan Ksf dan (b) tanpa melibatkan ksf (Sumber: Taiwan New RC Code)	3-6
Gambar 3.4	Gambar Modulus Elastisitas versus Kekuatan Beton (Sumber : ACI 363-R2).....	3-7
Gambar 3.5	Gambar Hubungan Kuat tekan versus Inisial Tangen Modulus (Sumber : Correlations between Mechanical Properties of High-Strength Concrete)	3-9
Gambar 3.6	Gambar Hubungan Kuat Tekan Beton versus Modulus Elastisitas Beton	3-11
Gambar 3.7	Modulus Elastisitas Eksperimen versus Teoritis SNI 2847-2019.....	3-12
Gambar 3.8	Modulus Elastisitas Eksperimen versus Teoritis Taiwan New RC Code	3-13
Gambar 3.9	Modulus Elastisitas Eksperimen versus Teoritis ACI 363-R2	3-13
Gambar 3.10	Modulus Elastisitas Eksperimen versus Teoritis CEB-FIP (2010)	3-13
Gambar 3.11	Modulus Elastisitas Eksperimen versus Teoritis Mansur et al (1994)	3-14

Gambar 4.1	Gambar Model 3 Dimensi.....	4-1
Gambar 4.2	Gambar Grid Tampak Atas Model.....	4-4
Gambar 4.3	Gambar Grid Tampak Samping Model.....	4-4
Gambar 4.4	Gambar Respon Spektrum Model dengan ETABS 2016.....	4-7
Gambar 4.5	<i>Define Mass Source</i>	4-11
Gambar 4.6	Gambar Model Bangunan 3 Dimensi.....	4-11
Gambar 4.7	Tampak Atas Model.....	4-12
Gambar 4.8	Gambar Tampak Samping Model	4-12
Gambar 4.9	Gambar Penempatan Balok dan Kolom.....	4-13
Gambar 4.10	Gambar Pemodelan Lokasi Sendi Plastis.....	4-17
Gambar 5.1	Gambar Perbandingan Kekakuan antar Tingkat (Sumbu X)	5-19
Gambar 5.2	Gambar Gaya Resistensi Antar Tingkat (Sumbu X).....	5-20
Gambar 5.3	Gambar Simpangan Antar Tingkat	5-22
Gambar 5.4	Gambar Persebaran Lokasi Sendi Plastis Model SNI 2847- 2019	5-23
Gambar 5.5	Gambar Persebaran Lokasi Sendi Plastis Model Taiwan New RC Code.....	5-24
Gambar 5.6	Gambar Persebaran Lokasi Sendi Plastis Model ACI 363-R2.....	5-24

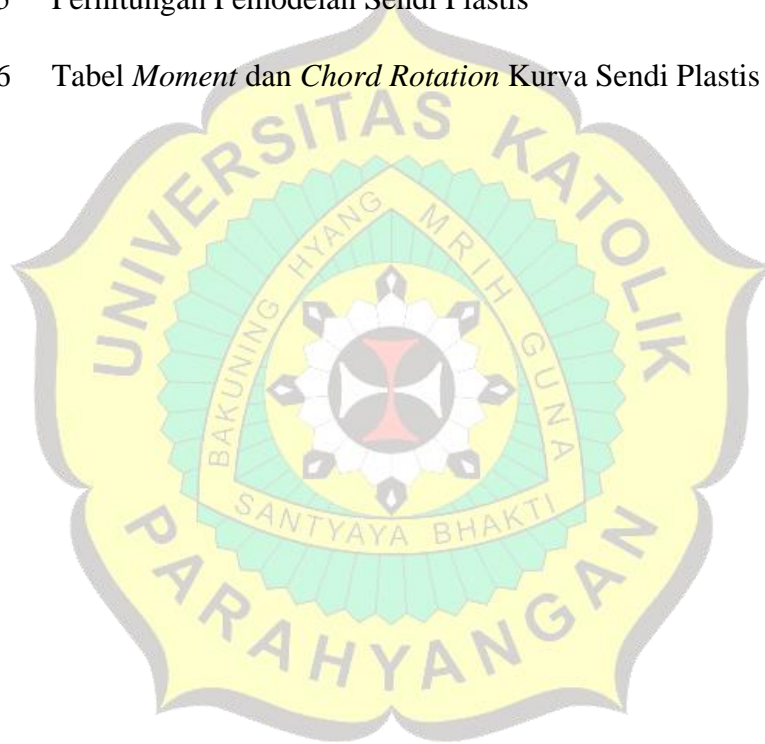


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Persamaan Modulus Elastisitas	2-2
Tabel 2.2 Tabel Kekuatan Geser Nominal <i>Joint</i>	2-7
Tabel 2.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	2-12
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa.....	2-14
Tabel 2.5 Klasifikasi Situs.....	2-15
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a $T=0,2$ detik.....	2-16
Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_a $T=1$ detik.....	2-17
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	2-19
Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.....	2-19
Tabel 2.10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	2-19
Tabel 2.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	2-22
Tabel 2.12 Tingkat Kinerja Struktur sesuai ATC-40	2-28
Tabel 2.13 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_a (Sumber: SNI 1726:2019)	2-29
Tabel 3.1 Tabel Hubungan Modulus Elastisitas Dengan Gradasi Agregat Menurut CEB_FIB	3-8
Tabel 4.1 Parameter Respons Spektra Dan Parameter Sistem Struktur	4-6
Tabel 4.2 Tabel Partisipasi Massa Ragam Arah X dan Arah Y	4-8
Tabel 4.3 Tabel Massa Bangunan pada Tiap Tingkat	4-9
Tabel 4.4 Tabel Kuat Geser Dasar	4-10
Tabel 5.1 Tabel Resistensi Antar Tingkat	5-20
Tabel 5.2 Tabel Simpangan Antar Tingkat	5-22
Tabel 5.3 Tabel Hasil <i>Performance Point</i>	5-27

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan Respon Spektrum
- Lampiran 2 Perhitungan Kekuatan Balok, Kolom dan *Joint*
- Lampiran 3 Gambar Penulangan Kolom dan Perhitungan Sayap Balok Induk dan Balok Anak
- Lampiran 4 Perhitungan *Drift*
- Lampiran 5 Perhitungan Pemodelan Sendi Plastis
- Lampiran 6 Tabel *Moment* dan *Chord Rotation* Kurva Sendi Plastis



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pada zaman modern ini, perkembangan dunia konstruksi menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini dikarenakan perkembangan kebutuhan manusia dalam memperoleh kenyamanan dan keamanan dalam beraktivitas sehari-hari. Berkembangnya kebutuhan di bidang konstruksi diiringi semakin berkembang juga teknologi dalam bidang konstruksi. Dahulu sebuah bangunan dibangun hanya menggunakan perekat alami seperti kapur. Namun semakin lama manusia mulai mengembangkan material baru yang memiliki sifat lebih kuat dan lebih mudah dikerjakan. Salah satu material tersebut ialah beton. Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Dengan adanya beton maka bangunan dapat dibangun lebih cepat dari cara konvensional. Beton yang umumnya digunakan di Indonesia adalah beton dengan mutu sedang. Beton dengan mutu normal adalah beton dengan kekuatan tekannya 20-50 MPa (Zongjin, 2011). Karena semakin berkembangnya kebutuhan manusia akan bangunan yang lebih kuat dan majunya teknologi, maka dibuatlah mutu beton tinggi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Beton yang dikatakan mutu tinggi jika kekuatan tekannya di atas 50 MPa sampai dengan 80 MPa (Zongjin, 2011).

Beton mutu tinggi mempunyai keuntungan dalam pembuatan bangunan bertingkat karena dapat memperkecil dimensi kolom dan balok dari suatu bangunan. Mengecilnya balok dan kolom dari suatu bangunan berarti mengurangi berat sendiri yang harus dipikul struktur bangunan tersebut sehingga dapat menghemat biaya. Semakin kuat beton dalam menahan tekan maka semakin besar pula modulus elastisitas dari beton itu sendiri. Modulus elastisitas sangat mempengaruhi hasil analisis struktur di mana modulus elastisitas yang tinggi membuat gaya gempa semakin besar dan bangunan semakin kaku. Persamaan modulus elastisitas yang diatur di ACI 318-14 yang masih dipakai banyak negara dijabarkan oleh Adrian

Pauw pada tahun 1961 dan menggunakan sekitar 50 data yang dihimpun dari berbagai sumber lainnya. Beton yang terlalu kaku memungkinkan beban gempa yang diterima struktur menjadi berlebih dan perkiraan simpangan antar tingkat pada tiap bangunan menjadi di bawah yang seharusnya. Modulus elastisitas yang terlalu rendah juga dapat menyebabkan struktur mengalami perpindahan melewati batas yang diizinkan. Oleh karena itu, memperkirakan modulus elastisitas beton mutu tinggi secara tepat sangat penting agar tidak terjadinya kegagalan struktur. Dikarenakan adanya perbedaan modulus elastisitas antara teori dan praktik maka diperlukannya analisis kembali agar mendapatkan modulus elastisitas beton mutu tinggi yang lebih akurat.

1.2 Inti Permasalahan

Peraturan yang digunakan di Indonesia (SNI 2847-2019) yang mengacu pada ACI 318-14 masih menggunakan persamaan modulus elastisitas sebesar $4700\sqrt{f_c'}$ yang digunakan pada semua mutu beton. Beberapa penelitian dan peraturan seperti peraturan ACI 363-R2, *Taiwan New RC Code*, CEB-FIP dan juga persamaan modulus elastisitas yang diusulkan oleh Mansur dkk. sudah mengusulkan persamaan modulus elastisitas yang dikhususkan untuk beton mutu tinggi. Penggunaan Persamaan modulus elastisitas sangat berpengaruh pada desain dan analisis gedung bertingkat yang menggunakan struktur rangka pemikul momen pada wilayah gempa tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari skripsi ini adalah :

1. Mencari relevansi dan keakuratan persamaan modulus elastisitas yang digunakan di peraturan beton SNI 2847-2019, ACI 363-R2, *Taiwan New RC Code*, CEB-FIP, dan persamaan modulus elastisitas menurut Mansur dkk. terhadap modulus elastisitas praktik.
2. Mengetahui respons elastik dan inelastik struktur beton mutu tinggi yang didesain berdasarkan SNI beton normal pada struktur rangka pemikul momen di daerah gempa.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini adalah :

1. Model bangunan reguler yang tidak memiliki ketidakberaturan horizontal dan vertikal.
2. Model bangunan terdiri dari 12 lantai dimana prototipe bangunan mengacu FEMA P695.
3. Wilayah gempa yang digunakan adalah Yogyakarta. Wilayah kondisi SD, fungsi bangunan berupa kantor.
4. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 70$ MPa dan mutu tulangan beton yang digunakan adalah $f_y = 420$ MPa.
5. Modulus elastisitas yang digunakan pada desain awal adalah $4700\sqrt{f_c'}$ MPa.
6. Peraturan gempa yang digunakan dalam mendesain struktur adalah SNI 1726-2019.
7. Peraturan pembebanan menggunakan SNI 1727-2019.
8. Modulus elastisitas pembanding mengacu pada Taiwan *New RC Code*, ACI 363-R2, CEB-FIP dan persamaan modulus elastisitas oleh Mansur dkk.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur
Sebagai referensi untuk mencari data literatur dan membandingkan modulus elastisitas yang diperoleh dari eksperimen dengan modulus elastisitas yang diperoleh dari ACI 318-14, *Taiwan New RC Code*, ACI 363-R2, CEB-FIP, dan Mansur dkk.
2. Tinjauan Khusus
Tinjauan khusus berisi pembahasan lebih lanjut yang menjadi latar belakang persamaan modulus elastisitas yang digunakan oleh ACI 318-14, *Taiwan New RC Code*, ACI 363-R2, CEB-FIP, dan persamaan modulus elastisitas oleh Mansur dkk.
3. Desain Model

Membuat pemodelan geometri untuk studi analisis berdasarkan peraturan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Literasi pemodelan struktur geometri hingga bangunan aman memikul beban gempa statis sesuai dengan SNI 1727-2019.

4. Analisis perilaku non linear

Membandingkan nilai modulus elastisitas terhadap kekakuan bangunan, gaya geser tingkat, resistensi dasar, dan simpangan antar tingkat.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Membahas latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, batasan masalah, serta metode penelitian.

Bab II Dasar Teori

Berisikan studi terdahulu dan teori-teori yang menjadi landasan dalam penyusunan studi.

Bab III Tinjauan Khusus

Tinjauan khusus berisi pembahasan lebih lanjut yang menjadi latar belakang persamaan modulus elastisitas yang digunakan oleh SNI 2847-2019, *Taiwan New RC Code*, ACI 363-R2, CEB-FIP, dan Mansur et al (1994).

Bab IV Pemodelan struktur bangunan dan perhitungan

Pemodelan struktur bangunan dan perhitungan pada ETABS berdasarkan peraturan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Pemodelan struktur bangunan dengan modulus elastisitas yang mengacu *Taiwan New RC Code*, ACI 363-R2, SNI 2847-2019, CEB-FIP, dan persamaan modulus elastisitas oleh Mansur dkk.

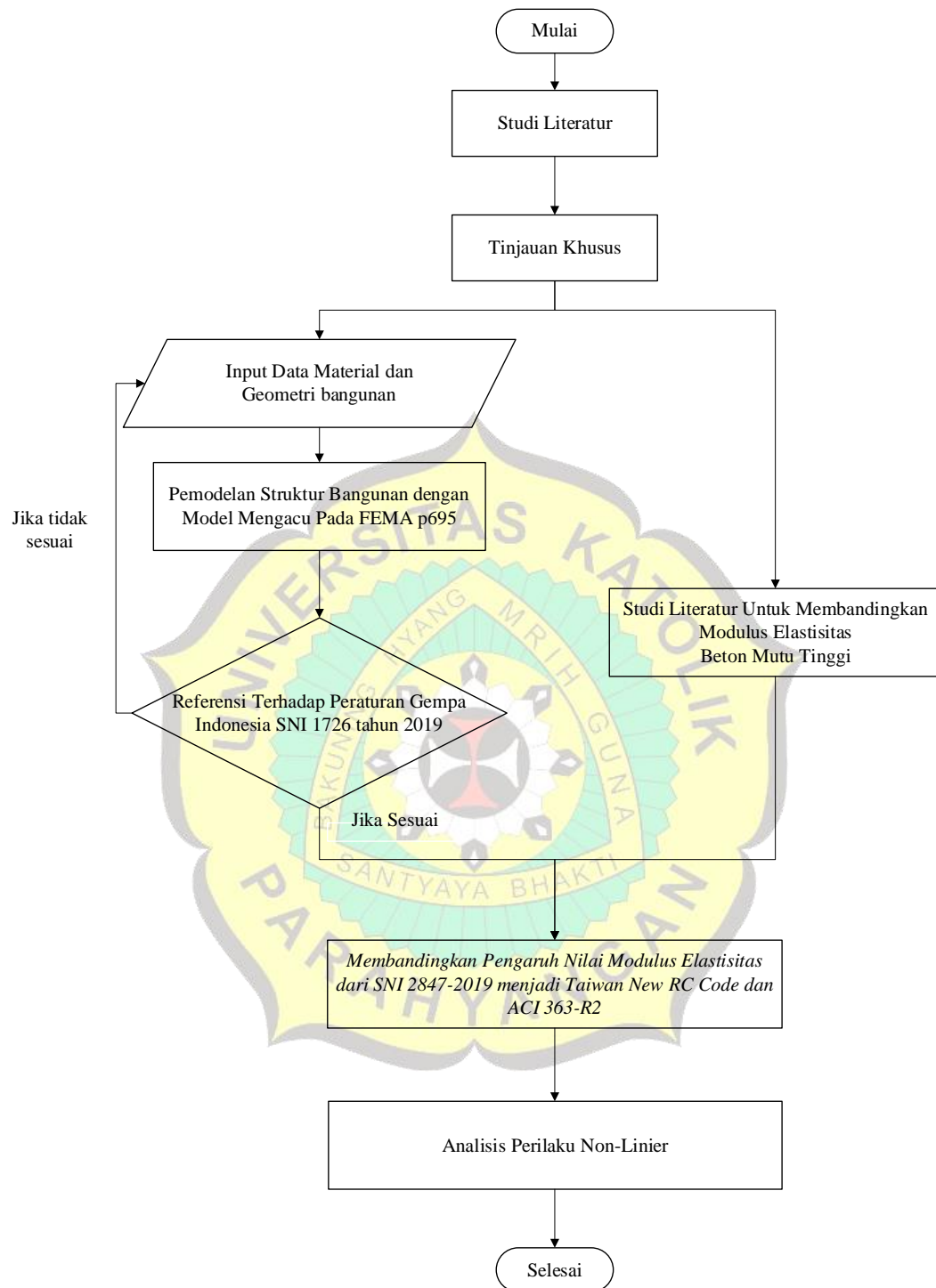
Bab V Analisis Hasil,

Berisikan analisis pada hasil Pemodelan program analisis struktur.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Berisikan kesimpulan analisis pada Bab IV dan saran terhadap penelitian yang dilakukan dalam studi ini.

1.7 Tahapan Penelitian



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

