



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEK DINDING PENGISI BATA PADA RESPONS GEMPA
STRUKTUR BETON BERTULANG**

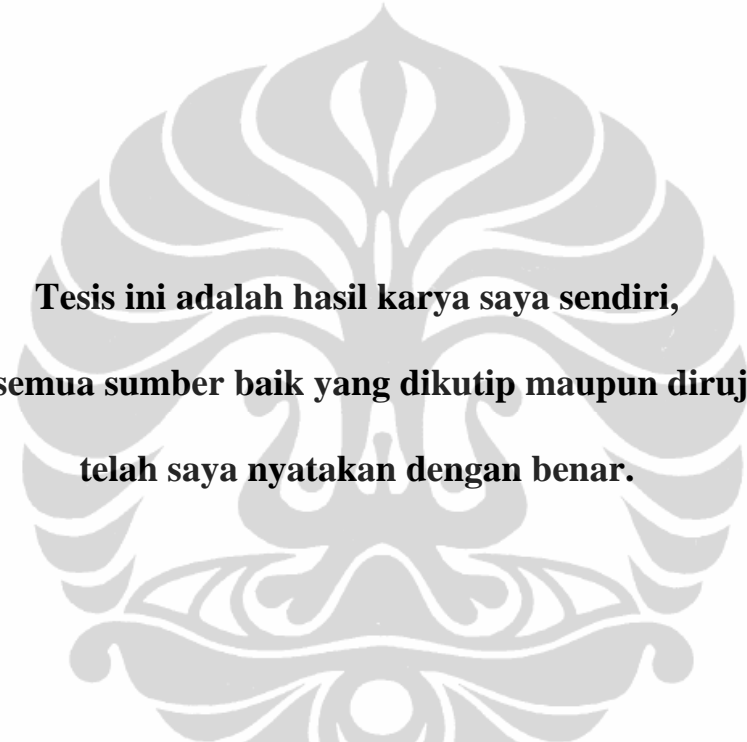
TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

**YOHANNES ARIEF NINDITTA SIREGAR
0806423904**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN STRUKTUR
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS



**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

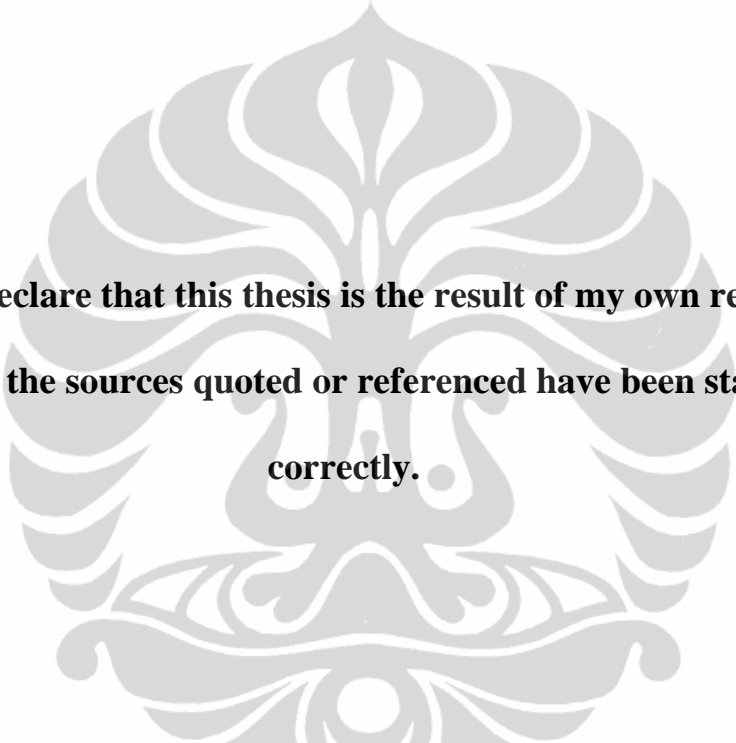
Nama : Yohannes Arief Ninditta Siregar

NMP : 0806423904

Tanda Tangan :

Tanggal : 12 Juli 2010

ORIGINALITY DECLARATION PAGE



**I hereby declare that this thesis is the result of my own research,
and all the sources quoted or referenced have been stated
correctly.**

Name : Yohannes Arief Ninditta Siregar

NPM : 0806423904

Signature :

Date : 12 July 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Yohannes Arief Ninditta Siregar
NPM : 0806423904
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tesis : Efek Dinding Pengisi Bata Pada Respons Gempa Struktur Beton Bertulang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Yuskar Lase ()
Penguji : Dr-Ing. Ir. Josia Irwan R ()
Penguji : Dr. Ir. Elly Tjahjono ()
Penguji : Mulia Orientilize, ST, M.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 06 Juli 2010

LEGITIMATION PAGE

This thesis is submitted by :
Name : Yohannes Arief Ninditta Siregar
NPM : 0806423904
Study Program : Teknik Sipil
Thesis Title : Effect of Infill Walls On RC Structure

Has been successfully defended in front of the board of Examiners and accepted as part of the requirements to obtain an Engineering Master Degree in Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Advisor : Dr. Ir. Yuskar Lase ()
Examiner : Dr-Ing. Ir. Josia Irwan R. ()
Examiner : Dr. Ir. Elly Tjahjono ()
Examiner : Mulia Orientilize, ST, M.Eng ()

Defined at : Depok

Date : 6th July 2010

KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Yuskar Lase, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini;
2. Keluarga Ir. Richard Siregar - Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
3. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan Tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 12 Juli 2010

Yohannes Arief N Siregar

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yohannes Arief NindittaSiregar
NPM : 0806423904
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**EFEK DINDING PENGISI BATA PADA RESPONS GEMPA STRUKTUR
BETON BERTULANG**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 06 Juli 2010
Yang menyatakan

(Yohannes Arief N Siregar)

ABSTRAK

Nama : Yohannes Arief Ninditta Siregar
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Efek Dinding Pengisi Bata Pada Respons Gempa Struktur Beton Bertulang

Pada umumnya perancangan struktur bangunan rumah toko (Ruko) di Indonesia tidak memperhitungkan keberadaan dinding pengisi bata tanpa tulangan ke dalam struktur secara keseluruhan. Dinding bata hanya dimodelkan sebagai beban yang disalurkan kepada struktur portal. Kenyataannya, keberadaan dinding pengisi bata memberikan efek yang berbeda pada struktur. Hal seperti ini yang kadang menimbulkan kesalahan pada pendekatan sistem struktur. Dinding pengisi bata memberikan tambahan kekakuan kepada struktur Ruko tersebut.

Penelitian ini melakukan permodelan 3D struktur Ruko dengan memasukan model dinding bata sebagai Diagonal Compression Strut. Analisa dilakukan secara inelastis untuk mengetahui bagaimana sifat struktur secara detail dan sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa dinding bata pada struktur Ruko lebih baik diikut sertakan dalam modelisasi struktur, karena dinding bata memberikan efek yang signifikan pada struktur Ruko, terutama pada beberapa konfigurasi bukaan dinding bata.

Kata Kunci :

Dinding Bata, Respons Gempa Inelastis, Diagonal Compression Strut

ABSTRACT

Name : Yohannes Arief Ninditta Siregar
Course : Structural Engineering/ Civil Engineering
Title : Effect of Infill Walls On RC Building

Design of the “Rumah Toko” (Ruko) building structures in Indonesia, generally does not consider the presence of unreinforced masonry infill walls into the overall structure. Brick wall is modeled as a line load subjected to the frame structure. In fact, the presence of masonry infill walls has different effects on the structure. This structural model sometimes causes errors in structural systems approach. Masonry infill walls also provide additional rigidity to the structure of the Ruko.

This research is a 3D modeling for Ruko structures by entering the brick wall model as Diagonal Compression Strut. Inelastic analysis is performed to determine how the properties of the structure in detail and in accordance with actual conditions.

Results obtained from this study indicate that the brick walls in commercial structures are better included in the modeling structure, because the brick walls provide a significant effect on commercial structures, especially in some of the brick walls opening configurations.

Key Words :

Brick Infill Walls, Inelastic Response, Diagonal Compression Strut

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ORIGINALITY DECLARATION PAGE	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEGITIMATION PAGE	v
KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMA KASIH	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Hipotesis	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 DASAR TEORI	6
2.1 Teori Dinamika Struktur	6
2.1.1 Analisa Riwayat Waktu Non Linear	6
2.2 Sistem Struktur	18
2.2.1 Portal	18
2.2.2 Portal Dengan Pengisi Dinding Bata	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Model Bangunan Ruko	27
3.1.1 Struktur Bangunan Ruko	27
3.1.2 Kondisi Batasan Inelastis Dinding Bata	28
3.2 Variasi Model	29
3.3 PROSEDUR ANALISA	32
BAB 4 SIMULASI PARAMETRIK	35
4.1 Modelisasi Struktur	35

4.1.1	Input Data	35
4.1.2	Pembebanan	36
4.1.3	Dinding Bata	37
4.1.4	Model Ruko Dengan Program SAP2000®	40
4.2	Variasi konfigurasi Bukaan Dinding Bata	48
4.3	Variasi Jumlah Ruko	51
4.4	Variasi Jumlah Lantai Ruko	53
4.5	Variasi Eksitasi Beban Dinamik	54
BAB 5 HASIL DAN DISKUSI		55
5.1	Hasil	55
5.1.1	Variasi Konfigurasi Bukaan Dinding Bata	55
5.1.2	Variasi Jumlah Ruko	55
5.1.3	Variasi Jumlah Lantai Ruko	55
5.1.4	Variasi Eksitasi Beban Dinamik	56
5.2	Diskusi	56
5.2.1	Variasi Konfigurasi Bukaan Dinding Bata	56
5.2.2	Variasi Jumlah Ruko	69
5.2.3	Variasi Jumlah Lantai Ruko	77
5.2.4	Variasi Eksitasi Beban Dinamik	84
BAB 6 KESIMPULAN		91
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Massa – Kekakuan - Redaman	6
Gambar 2.2 Grafik Lendutan Terhadap Waktu Dengan Efek Redaman (ξ)	7
Gambar 2.3 Perilaku Struktur Linear	9
Gambar 2.4 SDoF Non-Linear	10
Gambar 2.5 <i>Hysteretic Loop</i>	11
Gambar 2.6 Idealized Moment - Curvature Hysteretic Loop	11
Gambar 2.7 Beban Transien Dan Periodik	12
Gambar 2.8 Derajat kebebasan pada Portal	19
Gambar 2.9 Pola Keretakan Dinding Pengisi Bata	21
Gambar 2.10 Model Dinding Pengisi Bata	22
Gambar 2.11 Perilaku Dinding Pengisi Bata	22
Gambar 2.12 Diagonal Compression Strut Model	23
Gambar 3.1 Denah Struktur Ruko (Typical)	27
Gambar 3.2 Generalisasi Tegangan – Regangan Dinding Pengisi Bata	29
Gambar 3.3 Bukaannya Riil	30
Gambar 3.4 Skema Prosedur Analisa	34
Gambar 4.1 Percepatan Gempa Dan Respons Spektrum	37
Gambar 4.2 Modelisasi Dinding Bata Penuh	38
Gambar 4.3 Analogi Batang Tekan (Compression Strut) Pada Dinding Bata Yang Memiliki Bukaannya Berdasarkan FEMA 356 dan Hamburger	39
Gambar 4.4 Modelisasi Dinding Bata Riil	40
Gambar 4.5 Modelisasi 3D Model 0 Dengan Program SAP2000	41
Gambar 4.6 Gaya Geser Dasar Inelastis Model 0	43
Gambar 4.7 Simpangan Struktur Inelastis Model 0	44
Gambar 4.8 Elemen Balok dan Kolom Yang Mengalami Leleh Model 0	45
Gambar 4.9 Momen - Curvature Balok Leleh Pertama Model 0	46
Gambar 4.10 Momen - Curvature Kolom Leleh Pertama Model 0	46
Gambar 4.11 Gaya Dalam Geser Elemen Balok Model 0	47
Gambar 4.12 Gaya Dalam Geser Elemen Kolom Model 0	47
Gambar 4.13 Eksitasi Beban Sinusoidal Yang Dikerjakan Pada Model D-1	54
Gambar 5.1 Gaya Geser Dasar Struktur Model 0 dan Model A-6	57
Gambar 5.2 Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	58
Gambar 5.3 Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	59
Gambar 5.4 Simpangan Struktur Model 0 dan Model A-6	60
Gambar 5.5 Simpangan Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	60
Gambar 5.6 Simpangan Maksimum Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	61
Gambar 5.7 Gaya Geser Dasar Struktur - Simpangan Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	61
Gambar 5.8 Daktilitas Struktur Perlu Variasi Konfigurasi Bukaannya	62
Gambar 5.9 Momen - Curvature Balok Leleh Pertama Variasi Konfigurasi Bukaannya	63
Gambar 5.10 Gaya Dalam Geser Balok Leleh Pertama Variasi Konfigurasi Bukaannya	63

Gambar 5.11	Moment - Curvature Kolom Leleh Pertama Variasi Konfigurasi Bukaannya	64
Gambar 5.12	Gaya Dalam Geser Kolom Leleh Pertama Variasi Konfigurasi Bukaannya	65
Gambar 5.13	Daktilitas Elemen Balok Variasi Konfigurasi Bukaannya Dinding Bata	66
Gambar 5.14	Daktilitas Elemen Kolom Variasi Konfigurasi Bukaannya Dinding Bata	66
Gambar 5.15	Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Jumlah Ruko	70
Gambar 5.16	Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur Variasi Jumlah Ruko	70
Gambar 5.17	Simpangan Struktur Variasi Jumlah Ruko	71
Gambar 5.18	Simpangan Maksimum Struktur Variasi Jumlah Ruko	71
Gambar 5.19	Gaya Geser Dasar Struktur - Simpangan Struktur Variasi Jumlah Ruko	72
Gambar 5.20	Daktilitas Struktur Perlu Variasi Jumlah Ruko	73
Gambar 5.21	Moment - Curvature Balok Leleh Pertama Variasi Jumlah Ruko	73
Gambar 5.22	Gaya Dalam Geser Balok Leleh Pertama Variasi Jumlah Ruko	74
Gambar 5.23	Moment - Curvature Kolom Leleh Pertama Variasi Jumlah Ruko	74
Gambar 5.24	Gaya Dalam Geser Kolom Leleh Pertama Variasi Jumlah Ruko	75
Gambar 5.25	Daktilitas Elemen Balok Variasi Jumlah Ruko	75
Gambar 5.26	Daktilitas Elemen Kolom Variasi Jumlah Ruko	76
Gambar 5.27	Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	78
Gambar 5.28	Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	78
Gambar 5.29	Simpangan Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	79
Gambar 5.30	Simpangan Maksimum Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	79
Gambar 5.31	Gaya Geser Dasar Struktur - Simpangan Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	80
Gambar 5.32	Daktilitas Struktur Perlu Variasi Jumlah Lantai Ruko	80
Gambar 5.33	Moment - Curvature Balok Leleh Pertama Variasi Jumlah Lantai Ruko	81
Gambar 5.34	Gaya Dalam Geser Balok Leleh Pertama Variasi Jumlah Lantai Ruko	81
Gambar 5.35	Moment - Curvature Kolom Leleh Pertama Variasi Jumlah Lantai Ruko	82
Gambar 5.36	Gaya Dalam Geser Kolom Leleh Pertama Variasi Jumlah Lantai Ruko	82
Gambar 5.37	Daktilitas Elemen Balok Variasi Jumlah Lantai Ruko	83
Gambar 5.38	Daktilitas Elemen Kolom Variasi Jumlah Lantai Ruko	83
Gambar 5.39	Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	85
Gambar 5.40	Gaya Geser Dasar Maksimum Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	86
Gambar 5.41	Simpangan Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	86
Gambar 5.42	Simpangan Maksimum Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	87

Gambar 5.43	Gaya Geser Dasar Struktur - Simpangan Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	87
Gambar 5.44	Daktilitas Struktur Perlu Variasi Eksitasi Beban Dinamik	88
Gambar 5.45	Moment - Curvature Balok Leleh Pertama Variasi Eksitasi Beban Dinamik	88
Gambar 5.46	Gaya Dalam Geser Balok Leleh Pertama Variasi Eksitasi Beban Dinamik	89
Gambar 5.47	Moment - Curvature Kolom Leleh Pertama Variasi Eksitasi Beban Dinamik	89
Gambar 5.48	Gaya Dalam Geser Kolom Leleh Pertama Variasi Eksitasi Beban Dinamik	89
Gambar 5.49	Daktilitas Elemen Balok Variasi Eksitasi Beban Dinamik	90
Gambar 5.50	Daktilitas Elemen Kolom Variasi Eksitasi Beban Dinamik	90

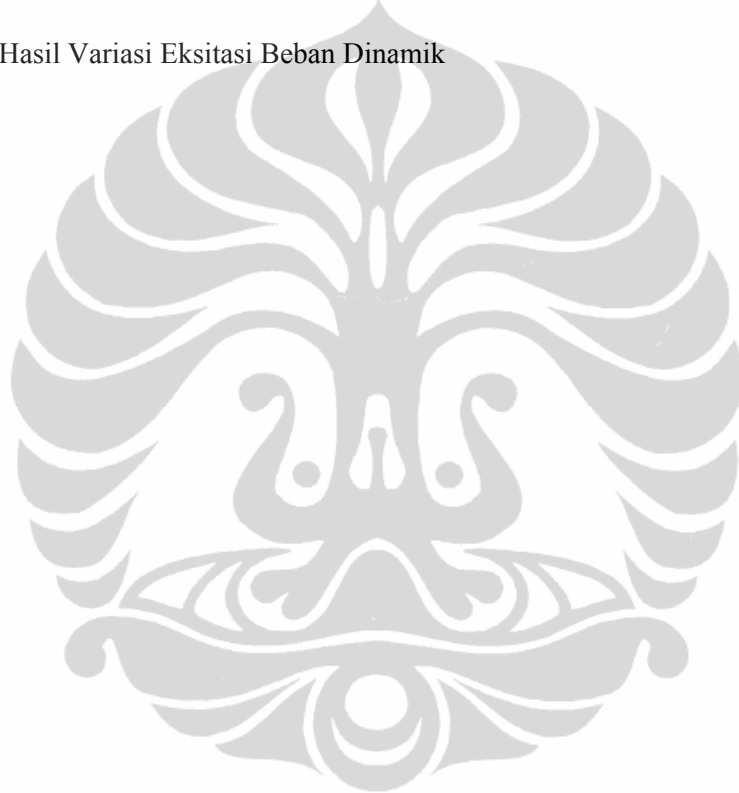


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Average Acceleration dan Linear Acceleration Methods	17
Tabel 2.2 Kuat Tekan Pasangan Bata Merah Berdasarkan Penelitian di Indonesia	24
Tabel 2.3 Koefisien k_m Berdasarkan Australia	25
Tabel 2.4 Koefisien k_h Berdasarkan Standar Australia	25
Tabel 2.5 Modulus Elastisitas Pasangan Bata Merah Berdasarkan Penelitian di Indonesia	26
Tabel 2.6 Modulus Elastisitas Bata Berdasarkan Standar Australia	26
Tabel 2.7 Modulus Elastisitas Pasangan Bata Berdasarkan ACI 530-95	26
Tabel 3.1 Variasi Kofigurasi Dinding Bata	30
Tabel 3.2 Variasi Konfigurasi Jumlah Ruko dalam satu Blok	30
Tabel 3.3 Variasi Jumlah Lantai	31
Tabel 3.4 Eksitasi Beban Dinamik	31
Tabel 3.5 Ringkasan Tabel Variasi	32
Tabel 4.1 Moda Getar Struktur Model 0 (V0)	42
Tabel 4.2 Gaya Geser Dasar Struktur Akibat Gempa Nominal	42
Tabel 4.3 Penulangan Balok Model 0	42
Tabel 4.4 Penulangan Kolom Model 0	42
Tabel 4.5 Gaya Geser Dasar Model 0 (V0) Terhadap Gempa Maksimum (Analisa Riwayat Waktu)	44
Tabel 4.6 Simpangan Struktur Inelastis Model 0 (V0) Terhadap Gempa Maksimum (Analisa Riwayat Waktu)	44
Tabel 5.1 Moda Getar Alami Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	56
Tabel 5.2 Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	58
Tabel 5.3 Simpangan Struktur Variasi Konfigurasi Bukaannya	60
Tabel 5.4 Jumlah Titik Leleh Elemen Struktur Ruko	69
Tabel 5.5 Moda Getar Alami Struktur Variasi Jumlah Ruko	69
Tabel 5.6 Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Jumlah Ruko	70
Tabel 5.7 Simpangan Struktur Variasi Jumlah Ruko	71
Tabel 5.8 Moda Getar Alami Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	77
Tabel 5.9 Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	78
Tabel 5.10 Simpangan Struktur Variasi Jumlah Lantai Ruko	79
Tabel 5.11 Moda Getar Alami Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	85
Tabel 5.12 Gaya Geser Dasar Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	85
Tabel 5.13 Simpangan Struktur Variasi Eksitasi Beban Dinamik	86

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Model Ruko Dengan Dinding Bata Sebagai Beban Gravitasi	A-1
Lampiran B Hasil Variasi Konfigurasi Bukaan Dinding Bata	B-1
Lampiran C Hasil Variasi Jumlah Ruko	C-1
Lampiran D Hasil Variasi Jumlah Lantai Ruko	D-1
Lampiran E Hasil Variasi Eksitasi Beban Dinamik	E-1



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
a	Lebar ekuivalen strut	m
c	Redaman struktur	
E_{fe}	Modulus elastisitas portal	MPa
E_{me}	Modulus elastisitas dinding pengisi	MPa
f_y	Tegangan leleh	MPa
f_1	Faktor Kuat Lebih	
h_{col}	Tinggi kolom	m
h_{inf}	Tinggi bersih dinding pengisi bata	m
I_{col}	Moment inersia kolom	m ⁴
[K]	Matiks Kekakuan Struktur	kN/m'
L_{inf}	Lebar bersih dinding pengisi bata	m
[M]	Matriks Massa Struktur	ton
R	Faktor Reduksi Gempa	
r_{inf}	Jarak bersih diagonal dinding pengisi bata	m
t_{inf}	Tebal strut atau dinding pengisi bata	m
T_n	Periode Getar Struktur	s
T_g	Periode Getar Gempa	s
u	Lendutan	m
\dot{u}	Kecepatan	m/s
\ddot{u}	Percepatan	m/s ²
u_{g0}	Percepatan gempa	m/s ²
μ	Daktilitas	
ϵ	Tegangan	
ϵ_y	Tegangan pada saat leleh	
ω_n	Frekuensi natural	hz