

TUGAS AKHIR

**REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI BATAM BERDASARKAN
PERATURAN SNI 1726-2019 MENGGUNAKAN METODE
PUSHOVER ANALYSIS**



Disusun Oleh :

LARASATI PUTRI RULLIANANDA
NBI : 1431700124

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2021

TUGAS AKHIR

**REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI BATAM BERDASARKAN
PERATURAN SNI 1726-2019 MENGGUNAKAN METODE
*PUSHOVER ANALYSIS***



Disusun Oleh :

LARASATI PUTRI RULLIANANDA
NBI : 1431700124

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2021

TUGAS AKHIR
REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI BATAM BERDASARKAN
PERATURAN SNI 1726-2019 MENGGUNAKAN METODE
PUSHOVER ANALYSIS

Disusun Sebagai Syarat Meraih Gelar Sarjana Teknik (ST)
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



Disusun Oleh:
LARASATI PUTRI RULLIANANDA
1431700124

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2021

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Larasati Putri Rulliananda
NBI : 1431700124
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : *Review* Desain Kinerja Struktur Atas Gedung Politeknik
Negeri Batam Berdasarkan Peraturan SNI 1726-2019
Menggunakan Metode *Pushover Analysis*

Mengetahui / Menyetujui,
Dosen Pembimbing

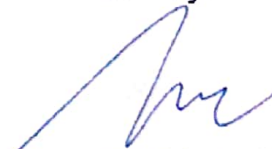


Ir. Bantot Sutriyono, M. Sc.
NPP. 20430.93.0303

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Ir. Herry Widhiarto, M. Sc.
NPP. 20430.87.0113

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN KESTUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Larasati Putri Rulliananda
NBI : 1431700124
Alamat : Jl. Mulyorejo No.70/I , Kec.Mulyorejo, Kota Surabaya
Telp. / HP. : 081939981315

Menyatakan bahwa “TUGAS AKHIR” yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Strata (S1) Teknik Sipil – Program Sarjana – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul:

**“REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG POLITEKNIK
NEGERI BATAM BERDASARKAN PERATURAN SNI 1726-2019
MENGUNAKAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*”**

Adalah karya saya sendiri, dan bukan duplikasi dari karya orang lain. Selanjutnya apabila di kemudian hari terdapat klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab pembimbing dan atau pengelola program, tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Atas hal tersebut saya bersedia menerima sanksi, sesuai dengan hukum atau aturan yang berlaku di Indonesia. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun.

Surabaya 26 Juni 2021

Yang menyatakan,



Larasati Putri Rullianada



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Larasati Putri Rulliananda
NBI/NPM : 1431700124
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya *Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)*, atas karya saya yang berjudul:

**“REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI BATAM BERDASARKAN PERATURAN SNI
1726-2019 MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*”**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Nonexclusive Royalty - Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 06 Juli 2021

Yang Menyatakan,



(Larasati Putri Rulliananda)

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penayang, Kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada kami, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian tentang REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG POLITEKNIK NEGERI BATAM BERDASARKAN SNI 1726-2019 MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*.

Proposal Tugas Akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak refrensi buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya, sehingga dapat memperlancar pembuatan Tugas Akhir ini. Untuk itu kami menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan makalah ini.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka, kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki makalah ini. Untuk itu kami mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa orang yang sangat berperan dalam penyelesaian laporan ini di antara :

1. Bapak Dr. Mulyanto Nugroho, MM. CMA., CPA selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
2. Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Bapak Ir. Hery Widhiarto, M.Sc selaku ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan serta nasehat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Orang tua tercinta serta keluarga tercinta dari penulis yang selalu memberikan dukungan, doa serta support dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir.
6. Bapak dan ibu Dosen Prodi Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan dalam proses belajar pada penulis.

7. Teman-teman Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang memberikan dukungan dan bantuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini
8. Terima kasih penulis ucapkan bagi semu pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu

Dengan bantuan beliau kami mendapatkan pengarahannya maupun bimbingan dalam proses penyelesaian laporan ini. Akhir kata kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca

Surabaya, 26 Juni 2021

Penulis

Larasati Putri Rulliananda

REVIEW DESAIN KINERJA STRUKTUR ATAS GEDUNG POLITEKNIK NEGERI BATAM BERDASARKAN PERATURAN SNI 1726-2019 MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*

Nama Mahasiswa : Larasati Putri Rulliananda
NBI : 1431700124
Dosen Pembimbing : Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc

ABSTRAK

Dalam merencanakan suatu struktur aspek utama yang harus di pertimbangkan adalah pengaruh beban gempa. Agar dapat terciptanya struktur yang kuat dan aman maka gedung harus diperhitungkan dengan tepat berdasarkan standar perancangan gedung yang berlaku. Standar desain struktur bangunan kegempaan di Indonesia terus diperbarui SNI 1726:2019 merupakan standar kegempaan terbaru. Salah satu perubahan pada peraturan ini mengenai peningkatan respon spektrum desain pada banyak wilayah. Pada penelitian ini Gedung Politeknik Negeri Batam di desain menggunakan peraturan gempa SNI 1726:2012, maka perlu dilakukan *review* desain untuk mengetahui kinerja struktur atas dan kekuatan struktur terhadap pengaruh beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019.

Pada penelitian ini struktur dimodelkan menggunakan Program ETABS v.18, untuk menganalisa tulangan penampang seperti geser, lentur, dan torsi pada balok, kolom serta menganalisa perilaku struktur. Selanjutnya dilakukan Analisa struktur terhadap gempa dengan metode *pushover analysis* untuk mengetahui perilaku keruntuhan struktur bangunan menggunakan peraturan FEMA 440.

Hasil analisa ini menunjukkan penampang masih memenuhi syarat dengan hasil gaya dalam pada penampang SNI 2847:2019 terhadap SNI 2847:2013 mengalami peningkatan pada balok 0,14%-35% dan pada kolom 7%-24%. *Drift story* maksimum mendapatkan hasil lebih kecil dan kurang dari 0,01. Dan hasil level kinerja gedung dengan metode *pushover analysis* berdasarkan FEMA 440 struktur dapat dikategorikan dalam kondisi IO (*Immediate Occupancy*).

Kata Kunci : *Struktur Beton Bertulang, Pushover, Analisa level Kinerja*

REVIEW DESIGN UPPER STRUCTURE PERFORMANCE OF POLITEKNIK NEGERI BATAM BUILDING WHICH CONSTRUCTED BY FOLLOWING SNI 1726-2019 USING PUSHOVER ANALYSIS METHOD

Name : Larasati Putri Rulliananda
ID Number : 1431700124
Advisers : Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc

ABSTRACK

In designing a structure, the first aspect to be considered is the effect of earthquake forces. To create strong and safe structure, a building should be precisely calculated by applicable building design standards referring to SNI 1726-2019, the most recent applicable standard in Indonesia. One of the amendment on this regulation is the development of spectrum response in some areas. In this paper, the design of Politeknik Negeri Batam constructed by following SNI 1726-2012, so the acknowledge of upper structural performance and its building safety to resist the effect of earthquake forces referring to SNI 1726:2019 is necessary.

On this research, building was modeled using ETABS v.18 Program to analyze any shear, bending, and torsion on its beams and columns as well as analyze the structural performance. Furthermore, Push Over Analysis method was done to asses the performance level of building subjected to earthquake referring FEMA 440 Guidelines.

The result shows that both beams and columns still fulfill the SNI 2847:2019 criteria inner moment's result referring to SNI 2847:2013 increased 0,14%-35% at beams and 7%-24% at columns. Maximum drift story result is lower than 0.01. Whilst from Pushover Analysis, following FEMA 440, it shows that the building is categorized as IO (Intermediate Occupation) condition.

Keywords: *Reinforced Concrete Structure, Pushover, Performance Level Analysis*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Pembahasan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Beton Bertulang.....	7
2.1.1. Pengertian Beton.....	7
2.1.2. Jenis Beton.....	7
2.1.3. Kelebihan dan Kekurangan Beton bertulang.....	8
2.2. Gempa Bumi.....	9
2.2.1. Pengertian Gempa Bumi.....	9
2.2.2. Jenis-Jenis Gempa Bumi.....	9
2.2.3. Jalur Gempa Bumi Dunia.....	10
2.3. Dasar Perencanaan Struktur Tahan Gempa.....	11
2.3.1. Tingkat Layanan Akibat Gaya Gempa.....	11
2.3.2. Sifat Struktur Bangunan.....	11
2.4. Simpangan Pada Bangunan (<i>Story Drift</i>).....	12
2.5. Efek P-Delta.....	14
2.6. Metode Analisis Gaya Gempa.....	15
2.6.1 Analisis Statik.....	15
2.6.2 Analisis Dinamik.....	16
2.7. Analisis Level Kinerja Dengan <i>PushoverAnalysis (Static Nonliner)</i>	17

2.7.1 Analisis Level Kinerja Statik Nonlinear (<i>Pushover</i>) Menggunakan Metode ATC-40-1996 dan Metode FEMA 356-2000.....	18
2.7.2 Level Kinerja Struktur Menggunakan Metode ATC-40.....	18
2.7.3 Level Kinerja Struktur Menggunakan Metode FEMA 356.....	21
2.8. Klasifikasi Struktur Berdasarkan Desain Tingkat Daktilitas.....	24
2.9. Kriteria Desain bangunan Tahan Gempa	25
2.10. Konsep Perencanaan Gedung Tahan Gempa	27
2.10.1. Jenis Beban.....	27
2.11. Kombinasi Pembebanan SNI 03-1726-2012.....	28
2.11.1 Ketentuan Umum Bangunan Gedung Pengaruh Gempa.....	29
2.12. Kombinasi Pembebanan SNI 03-1726-2019.....	40
2.12.1 Ketentuan Umum Bangunan Gedung Pengaruh Gempa	40
2.13. Sistem Rangka Pemikul Momen	51
2.14. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	52
2.14.1 Persyaratan Tulangan Lentur Balok SRPMK sesuai SNI 2847-2019	52
2.14.2 Persyaratan Tulangan Transversal Balok SRPMK	53
2.15. Persyaratan Tulangan Torsi Balok SRPMK (Mengacu pada SNI 2847-2019: Pasal 9.6.4.3; Hal 193).....	57
2.16. Persyaratan Umum Kolom SRPMK (Mengacu pada SNI 2847-2019; Pasal 18.7.2.1; Hal 385).....	57
2.16.1 Persyaratan Tulangan Longitudinal Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	57
2.16.2 Persyaratan Tulangan Transversal Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	58
2.16.3 Persyaratan Umum Hubungan Balok Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	60
2.16.4 Ketentuan Persyaratan Tulangan Transversal Hubungan Balok Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	61
2.17. Penelitian Terdahulu	62
2.17.1 Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Pushover Analysis Akibat Gempa Padang (Vicky Rizky, 2014).....	63
2.17.2 Studi Komparasi Perencanaan Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726- 2012 (Desinta Nur Lailasari, 2014).....	63
2.17.3 Kajian Analisis Pushover Untuk Performance Based Design	

	Pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial Dan Politik (FISIP)	
	Universitas Brawijaya (Reza Dwipa S, dkk).....	64
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	65
3.1.	Metodologi Penelitian	65
3.1.1.	<i>Flowchart</i>	65
3.1.2.	Lokasi Penelitian	67
3.1.3.	Penjelasan <i>Flowchart</i>	67
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	71
4.1	Deskripsi Bangunan	71
4.2	Mutu Material.....	71
4.3	Pembebanan Gedung.....	72
4.3.1.	Beban Hidup	72
4.3.2.	Beban Mati.....	73
4.3.3.	Beban Angin	74
4.3.4.	Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	78
4.3.4.1	Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung.....	78
4.3.4.2	Menentukan Faktor Keutamaan Gempa.....	79
4.3.4.3	Menentukan Kelas Situs.....	80
4.3.4.4	Parameter Percepatan Desain Spektral.....	81
4.3.4.5	Kategori Desain Seismik (KDS)	82
4.3.4.6	Faktor Sistem Struktur	82
4.3.4.7	Respon Spektrum	83
4.3.4.8	Koefisien Respon Seismik, Cs	84
4.3.5.	Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	85
4.3.5.1	Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung.....	85
4.3.5.2	Menentukan Faktor Keutamaan Gempa.....	86
4.3.5.3	Menentukan Kelas Situs.....	86
4.3.5.4	Parameter Percepatan Desain Spektral.....	87
4.3.5.5	Kategori Desain Seismik (KDS)	88
4.3.5.6	Faktor Sistem Struktur	88
4.3.5.7	Respon Spektrum	89
4.3.5.8	Koefisien Respon Seismik, Cs	91
4.4	Kombinasi Pembebanan.....	92
4.4.1.	Kombinasi Pembebanan SNI 03-1726-2012.....	92
4.4.2.	Kombinasi Pembebanan SNI 03-1726-2019.....	93
4.5	Konsep Pembebanan Orthogonal	96
4.6	Permodelan Struktur Gedung	96
4.6.1	Penentuan Tipe Elemen dan Perletakan.....	96

4.6.2	Hasil Permodelan Struktur Pada ETABS.....	97
4.7	Analisa Struktur SRPMK SNI 03-2847-2013.....	101
4.7.1.	Analisa Tulangan Penampang Struktur Balok.....	101
4.7.1.1.	Analisa Tulangan Lentur Pada Balok Eksisting.....	101
4.7.1.2.	Perhitungan Momen Kapasitas Balok SRPMK.....	107
4.7.1.3.	Persyaratan SNI Dalam Desain Tulangan Lentur Balok SRPMK.....	110
4.7.1.4.	Persyaratan Tulangan Lentur Balok SRPMK.....	111
4.7.1.5.	Persyaratan Tulangan Geser Balok SRPMK.....	112
4.7.1.6.	Perhitungan Gaya Geser (V_u) Berdasarkan Mpr (+) dan Mpr (-).....	114
4.7.1.7.	Persyaratan SNI Dalam Desain Tulangan Geser Balok SRPMK.....	115
4.7.1.8.	Persyaratan Tulangan Torsi Balok SRPMK (SNI 2847-2013).....	116
4.7.2.	Struktur Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	122
4.7.3.	Analisa <i>Strong Column – Weak Beam</i> Berdasarkan SNI 2847- 2013.....	125
4.7.3.1.	Analisa Tulangan Kolom.....	125
4.7.3.2.	Analisa Kapasitas Momen Kolom.....	130
4.7.3.3.	Analisa Persyaratan <i>Strong Column – Weak Beam</i>	130
4.7.3.4.	Desain Tulangan Geser Kolom SRPMK.....	132
4.7.3.5.	Analisa Kapasitas Balok Pada HBK.....	134
4.7.4.	Perhitungan Gaya Geser Kolom HBK.....	135
4.7.5.	Perhitungan Gaya Geser HBK.....	136
4.7.6.	Menentukan Geser Nominal (V_n) HBK.....	137
4.7.7.	Perhitungan Tulangan Geser Pada HBK.....	137
4.8	Analisa Struktur SRPMK SNI 03-2847-2019.....	138
4.8.1	Analisa Tulangan Penampang Struktur Balok SNI 2847- 2019.....	138
4.8.1.1	Analisa Tulangan Lentur Pada Balok Eksisting.....	139
4.8.1.2	Perhitungan Momen Kapasitas Balok SRPMK.....	145
4.8.1.3	Persyaratan SNI dalam Desain Tulangan Lentur Balok SRPMK.....	148
4.8.1.4	Persyaratan Tulangan Lentur SRPMK.....	149
4.8.1.5	Persyaratan Tulangan Geser Balok SRPMK.....	150
4.8.1.6	Perhitungan Gaya Geser (V_u) Berdasarkan Mpr(+) Dan Mpr(-).....	152

4.8.1.7	Persyaratan SNI Dalam Desain Tulangan Geser Balok SRPMK	153
4.8.1.8	Persyaratan Tulangan Torsi Balok SRPMK (SNI 2847-2019).....	155
4.8.2	Struktur Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	160
4.8.3	Analisa Strong Column-Weak Beam Berdasarkan SNI 2847-2019	163
4.8.3.1	Analisa Tulangan Kolom.....	163
4.8.3.2	Analisa Kapasitas Momen Kolom.....	168
4.8.3.3	Analisa Persyaratan <i>Strong Column – Weak Beam</i>	168
4.8.3.4	Desain Tulangan Geser Kolom SRPMK.....	169
4.8.3.5	Analisa Kapasitas Balok Pada HBK.....	171
4.8.3.6	Analisa Kapasitas Balok Pada HBK.....	172
4.8.4	Perhitungan Gaya Geser Kolom HBK.....	173
4.8.5	Perhitungan Gaya Geser HBK	174
4.8.6	Menentukan Geser Nominal (V_n) HBK	175
4.8.7	Perhitungan Tulangan Geser Pada HBK.....	175
4.9	Hasil Analisa Kontrol Penampang	176
4.9.1	Hasil Analisa Tulangan Lentur Pada Balok.....	177
4.9.2	Hasil Analisa Tulangan Geser Pada Balok	178
4.9.3	Hasil Analisa Tulangan Torsi Pada Balok	179
4.9.4	Hasil Analisa Tulangan Kolom.....	180
4.10	Jumlah Ragam (<i>Modes</i>) Pada ETABS 18	181
4.11	Pengecekan Perilaku Struktur	181
4.11.1	Rasio Partisipasi Modal Massa.....	181
4.11.2	Periode Fundamental, T_a	182
4.11.3	Analisa Skala Gempa	183
4.11.4	Kontrol <i>Input</i> Pembebanan.....	185
4.12	Pengecekan Simpangan Antar Tingkat	186
4.12.1.	Simpangan Antar Tingkat SNI 1726-2012.....	186
4.12.2.	Simpangan Antar Tingkat SNI 1726-2019.....	195
4.13	Pengecekan P-Delta	204
4.13.1	P-Delta SNI 1726-2012.....	204
4.13.2	P-Delta SNI 1726-2019.....	210
4.14	Hasil Grafik Simpangan dan P-delta.....	216
4.14.1	Grafik Simpangan SNI 1726-2012.....	216
4.14.2	Grafik Simpangan SNI 1726-2019.....	216
4.14.3	Grafik P-delta SNI 1726-2012	217

4.14.4	Grafik P-delta SNI 1726-2019	217
4.15	Analisa Kinerja Gedung Dengan <i>Pushover Analysis</i>	218
4.15.1	Analisa Kinerja Gedung SNI 1726:2012 Dengan Pushover Analysis	218
4.15.1.1	Evaluasi Kinerja Struktur SNI 1726:2012 Dengan FEMA 440	220
4.15.2	Analisa Kinerja Gedung SNI 1726:2019 Dengan Pushover Analysis	225
4.15.1.2	Evaluasi Kinerja Struktur SNI 1726:2019 Dengan FEMA 440	227
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		233
5.1	Kesimpulan	233
5.2	Saran.....	233
DAFTAR PUSTAKA		235
LAMPIRAN.....		237

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Perbandingan respons spektrum gempa rencana SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019.....	2
Gambar 2.1	Jalur Gempa Bumi Dunia.....	10
Gambar 2.2	Penentuan simpangan antar tingkat.....	13
Gambar 2.3	Ilustri P-large Delta dan P-small Delta	15
Gambar 2.4	Tipikal Kurva Kapasitas Pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur ..	19
Gambar 2.5	Ilustrasi Perancangan Berbasis Kinerja.....	20
Gambar 2.6	(a) Kurva Kapasitas (b) Spektrum Kapasitas	21
Gambar 2.7	Derajat Keruntuhan (<i>Degree of Damage</i>).....	23
Gambar 2.8	Kurva Hubungan Gaya dan Perpindahan serta Karakteristik sendi plastis	23
Gambar 2.9	Sendi Plastis	26
Gambar 2.10	Mekanisme Keruntuhan Lokal dan Global	27
Gambar 2.11	Spektrum Respon Desain SNI 03-1726-2012	37
Gambar 2.12	Peta Transisi Periode Panjang T_L , Wilayah Indonesia.....	48
Gambar 2.13	Spektrum Respons Desain SNI 03-1726-2019	48
Gambar 2.14	Contoh Sengkang tertutup (hoop) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi Batasan maksimum spasi horizontal penumpu bidang longitudinal	54
Gambar 2.15	Contoh Penulangan Transversal pada kolom.....	59
Gambar 2.16	Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f_c'$ atau $f_c' > 70 MPa$	59
Gambar 2.17	Tabel tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus	60
Gambar 2.18	Luas HBK efektif.....	62
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	65
Gambar 3.2	Peta Lokasi Gedung Politeknik Negeri Batam.....	67
Gambar 4.1	Hasil tes N-SPT lokasi Polteknik Negeri Batam.....	80
Gambar 4.2	Hasil tes N-SPT lokasi Polteknik Negeri Batam	86
Gambar 4.3	Spektrum Respons Desain.....	89
Gambar 4.4	Grafik Spektral Percepatan Gedung Tower A Politeknik Negeri Batam	90
Gambar 4.5	Denah lantai 1-Dak Gedung Politeknik Negeri Batam Permodelan Struktur pada <i>software</i> ETABS.....	97
Gambar 4.6	3D <i>Top Side Perspective Views</i> Permodelan Struktur pada <i>software</i> ETABS	98

Gambar 4.7	3D <i>Bottom Side Perspective Views</i> Permodelan Struktur pada software ETABS	99
Gambar 4.8	Spesifikasi perletakan balok.....	100
Gambar 4.9	Spesifikasi Tulangan Balok.....	106
Gambar 4.10	Analisa Momen Positif pada Tumpuan Balok	107
Gambar 4.11	Analisa Momen negatif pada tumpuan Balok	108
Gambar 4.12	Kolom K-159, K-160, K-161 yang ditinjau	122
Gambar 4.13	Hasil <i>output spColumn</i> yang telah memenuhi syarat untuk Kolom K1-160 pada momen gaya aksial ke – 1.....	123
Gambar 4.14	Hasil <i>output spColumn</i> yang telah memenuhi syarat untuk kolom K1-160 pada momen gaya aksial ke – 2.....	124
Gambar 4.15	Hasil <i>output spColumn</i> yang telah memenuhi syarat untuk kolom K1-160 pada momen gaya aksial ke – 3	124
Gambar 4.16	Model 3D Skema Analisa HBK.....	125
Gambar 4.17	Struktur bergoyang ke kiri – arah x.....	126
Gambar 4.18	Struktur bergoyang ke kanan arah – x	127
Gambar 4.19	Struktur bergoyang ke kiri arah – y	128
Gambar 4.20	Spesifikasi Tulangan Balok.....	144
Gambar 4.21	Analisa Momen Positif pada Tumpuan Balok	145
Gambar 4.22	Analisa Momen negatif pada tumpuan Balok	146
Gambar 4.23	Kolom K-159, K-160, K-161 yang ditinjau	160
Gambar 4.24	Hasil Output <i>spColumn</i> yang telah memenuhi syarat kolom K1 160.....	161
Gambar 4.25	Hasil <i>output spColumn</i> yang telah memenuhi syarat untuk kolom K1-160 pada momen gaya aksial ke – 1	161
Gambar 4.26	Hasil <i>output spColumn</i> yang telah memenuhi syarat untuk kolom K1-160 pada momen gaya aksial ke – 2	162
Gambar 4.27	Hasil <i>output spColumn</i> yang telah memenuhi syarat untuk kolom K1-160 pada momen gaya aksial ke – 3	162
Gambar 4.28	Model 3D Skema Analisa HBK	163
Gambar 4.29	Struktur bergoyang ke kiri – arah x.....	164
Gambar 4.30	Struktur bergoyang ke kanan arah – x	165
Gambar 4.31	Struktur bergoyang ke kiri arah – y	167
Gambar 4.32	Menentukan Jumlah Ragam (<i>Modes</i>) pada <i>Load case data</i> sesuai jumlah lantai gedung yang ditinjau	181
Gambar 4.33	Hasil Beban <i>Mass</i> Gedung.....	185
Gambar 4.34	Hasil tabel <i>base reaction</i> kombinasi DL +SIDL+LL.....	186
Gambar 4.35	Grafik Simpangan SNI 1726-2012.....	216

Gambar 4.36	Grafik Simpangan SNI 1726-2019.....	216
Gambar 4.37	Grafik P-delta SNI 1726-2012	217
Gambar 4.38	Grafik P-delta SNI 1726-2019	217
Gambar 4.39	Grafik Kurva Kapasitas arah – X	219
Gambar 4.40	Grafik Kurva Kapasitas arah – Y	220
Gambar 4.41	<i>Calculated value kurva</i> kapasitas FEMA-440 arah Y	221
Gambar 4.42	Displacement Pushover Arah – X	225
Gambar 4.43	Grafik Kurva kapasitas arah – X	226
Gambar 4.44	Grafik Kurva kapasitas arah – Y	227
Gambar 4.45	<i>Calculated value kurva</i> kapasitas FEMA-440 arah Y	229

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simpanan antar tingkat izin.....	14
Tabel 2.2 Level Kinerja Struktur.....	19
Tabel 2.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk beban gempa.....	30
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa.....	33
Tabel 2.5 Klasifikasi Situs SNI 03-1726-2012	33
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a untuk Menentukan Nilai S_s	34
Tabel 2.7 Kategori Lokasi F_v untuk Menentukan Nilai S_1	35
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	37
Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1,0 detik.....	38
Tabel 2.10 Kategori Desain Gempa (KDG) dan Resiko Kegempaan	38
Tabel 2.11 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	39
Tabel 2.12 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk beban gempa.....	41
Tabel 2.13 Faktor Keutamaan Gempa.....	44
Tabel 2.14 Klasifikasi Situs	44
Tabel 2.15 Koefisien Situs, F_a untuk Menentukan Nilai S_s	45
Tabel 2.16 Kategori Lokasi F_v untuk Menentukan Nilai S_1	46
Tabel 2.17 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	49
Tabel 2.18 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1,0 detik.....	49
Tabel 2.19 Kategori Desain Gempa (KDG) dan Resiko Kegempaan	49
Tabel 2.20 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	50
Tabel 2.21 Faktor R untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	51
Tabel 4.1 Spesifikasi Balok Induk	72
Tabel 4.2 Spesifikasi Balok Anak.....	73
Tabel 4.3 Spesifikasi Kolom	73
Tabel 4.4 Kategori resiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, salju, gempa, dan es.....	75
Tabel 4.5 Faktor kepentingan berdasarkan kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban salju, es, dan gempa.....	76
Tabel 4.6 Prakiraan Cuaca Wilayah Batam 12/04/2021	76

Tabel 4.7	Faktor Arah Angin, K_d	76
Tabel 4.8	Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi}).....	77
Tabel 4.9	Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, K_z	78
Tabel 4.10	Koefisien Tekanan Eksternal Dinding, C_p	79
Tabel 4.11	Kategori Resiko Bangunan Gedung Politeknik Negeri Batam	80
Tabel 4.12	Faktor Keutamaan Gempa.....	80
Tabel 4.13	Klasifikasi Situs	82
Tabel 4.14	Kategori Desain Seismik Berdasarakan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek Gedung Politeknik Negeri Batam.....	83
Tabel 4.15	Kategori Desain Seismik Berdasarakan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1,0 detik Gedung Politeknik Negeri Batam.....	83
Tabel 4.16	Respon spektrum untuk kota Batam.....	84
Tabel 4.17	Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	85
Tabel 4.18	Kategori Resiko Bangunan Gedung Politeknik Negeri Batam	86
Tabel 4.19	Faktor Keutamaan Gempa.....	87
Tabel 4.20	Klasifikasi Situs	88
Tabel 4.21	Kategori Desain Seismik Berdasarakan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek Gedung Politeknik Negeri Batam.....	89
Tabel 4.22	Kategori Desain Seismik Berdasarakan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1,0 detik Gedung Politeknik Negeri Batam.....	89
Tabel 4.23	Respon spektrum untuk kota Batam.....	91
Tabel 4.24	Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	92
Tabel 4.25	Rekapitulasi hasil <i>software</i> ETABS tulangan lentur (μ) Eksisting untuk semua jenis Balok (Tumpuan)	102
Tabel 4.26	Spesifikasi Tulangan Balok yang ditinjau.....	108
Tabel 4.27	Output ETABS Kolom.....	124
Tabel 4.28	Hasil Output <i>spColumn</i> yang telah memenuhi syarat pada kolom K1-160.....	124
Tabel 4.29	Rekapitulasi <i>Output spColumn</i> Untuk Tulangan Lentur	126
Tabel 4.30	Rekapitulasi <i>Output spColumn</i> Gaya Geser <i>Ultimate</i>	132
Tabel 4.31	Rekapitulasi hasil <i>software</i> ETABS tulangan lentur (μ) Eksisting Untuk semua jenis Balok (Tumpuan).....	140
Tabel 4.32	Spesifikasi Tulangan Balok yang ditinjau.....	145
Tabel 4.33	Output ETABS Kolom.....	162
Tabel 4.34	Rekapitulasi <i>Output spColumn</i> Untuk Tulangan Lentur	164
Tabel 4.35	Rekapitulasi <i>Output spColumn</i> Gaya Geser <i>Ultimate</i>	170
Tabel 4.36	Hasil Analisa tulangan lentur (μ) SNI 2847:2013	178
Tabel 4.37	Hasil Analisa tulangan lentur (μ) SNI 2847:2019	178

Tabel 4.38 Hasil Analisa Tulangan Geser (Ve) SNI 2847:2013	179
Tabel 4.39 Hasil Analisa Tulangan Geser (Ve) SNI 2847:2019	179
Tabel 4.40 Hasil Analisa Tulangan Torsi (Tu) SNI 2847:2013	180
Tabel 4.41 Hasil Analisa Tulangan Torsi (Tu) SNI 2847:2019	180
Tabel 4.42 Hasil Kapasitas Tulangan Kolom SNI 2847:2013	181
Tabel 4.43 Hasil Kapasitas Tulangan Kolom SNI 2847:2019	181
Tabel 4.44 Hasil Output partisipasi Massa.....	183
Tabel 4.45 Perbandingan Berat Beban Massa dan Load.....	187
Tabel 4.46 Rekapitulasi hasil perhitungan simpangan SNI 1726-2012 Arah X	195
Tabel 4.47 Rekapitulasi hasil perhitungan simpangan SNI 1726-2012 Arah Y	196
Tabel 4.48 Rekapitulasi hasil perhitungan simpangan SNI 1726-2019 Arah X	204
Tabel 4.49 Rekapitulasi hasil perhitungan simpangan SNI 1726-2019 Arah Y	205
Tabel 4.50 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta SNI 1726-2012 Arah-X	209
Tabel 4.51 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta SNI 1726-2012 Arah-Y	210
Tabel 4.52 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta SNI 1726-2019 Arah-X	215
Tabel 4.53 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta SNI 1726-2019 Arah-Y	216
Tabel 4.54 Output Beban Dorong Arah – X	219
Tabel 4.55 Output Beban Dorong Arah – Y	220
Tabel 4.56 Faktor Modifikasi C ₀ FEMA 356.....	223
Tabel 4.57 Faktor Modifikasi C ₂ FEMA 356.....	223
Tabel 4.58 Level Kinerja Struktur Menurut FEMA-356.....	225
Tabel 4.59 Rekapitulasi Kinerja Struktur FEMA – 440.....	225
Tabel 4.60 Output Beban Dorong Arah – X	226
Tabel 4.61 Output Beban Dorong Arah – Y	228
Tabel 4.62 Faktor Modifikasi C ₀ FEMA 356.....	230
Tabel 4.63 Faktor Modifikasi C ₂ FEMA 356.....	231
Tabel 4.64 Level Kinerja Struktur Menurut FEMA-356.....	232
Tabel 4.65 Rekapitulasi Kinerja Struktur FEMA – 440.....	232

DAFTAR NOTASI

As	= Luasan tulangan tarik
A's	= Luasan tulangan tekan
Beff	= Redaman Efektif (%)
Cd	= Faktor pembesaran defleksi
Cs	= Koefisien respon seismik
Cvx	= Faktor distribusi vertical
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat tulangan tekan (mm)
DL	= Beban Mati
Dt	= Nilai perpindahan maksimal
Fa	= Koefisien Situs berdasarkan nilai Sa
Fv	= Koefisien Situs berdasarkan nilai S1
Fx	= Gaya gempa arah x
Fy	= Gaya gempa arah y
fy	= Tegangan leleh
f'c	= Kuat tekan beton (Mpa)
g	= Nilai gravitasi (9,8 m/s ²)
hx	= Tinggi tiap lantai
Ie	= Faktor Keutamaan gempa
KDG	= Kategori desain gempa
LL	= Beban Hidup
Ln	= Panjang bentang bersih balok atau kolom
Mu	= Momen Ultimate balok atau kolom
Pu	= Beban aksial kolom
Qu	= Beban Ultimate
R	= Koefisien modifikasi respons
s	= Jarak spasi tulangan (mm)
S1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
Sa	= Repon spectra percepatan
SD1	= Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik
SDS	= Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek
SF	= Faktor skala

S_{m1}	= Parameter percepatan respons spectral MCE pada periode 1 detik yang telah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{ms}	= Parameter percepatan respons spectral MCE pada periode pendek yang telah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
SS	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
T_a	= Periode fundamental pendekatan
T_{eff}	= Periode Fundamental Efektif (s)
V_x	= Gaya geser seismik desain di tingkat x
V_{tx}	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik x
V_{ty}	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik y
V_u	= Beban geser kolom
V_x	= Nilai gaya geser dasar
W	= Berat
Δ	= Simpangan antar lantai
Δ_a	= Simpangan antar lantai tingkat ijin
δ_t	= Target perpindahan
δ_x	= Defleksi pusat massa yang ditingkatkan
δ_{xe}	= Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan (mm)
ρ	= Faktor redundansi
Ω_0	= Faktor kuat lebih
\emptyset	= Faktor reduksi (berdasarkan SNI)