



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
INTISARI.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Evaluasi Kinerja Struktural Rumah Sakit	7
2.2 Efek <i>Pounding</i>	8
BAB 3 LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Konsep Evaluasi Seismik.....	10
3.1.1 <i>Seismic Hazard</i>	10
3.1.2 Target Kinerja Bangunan Eksisting	11
3.1.3 Tingkat Kinerja Struktural dan Nonstruktural	11
3.1.4 Kategori Risiko	13
3.2 Metode Evaluasi Seismik.....	14
3.2.1 <i>Tier 1 (Screening)</i>	14
3.2.2 <i>Tier 3 (Nonlinear Dynamic Procedure)</i>	16
3.2.3 <i>Dynamic Procedure</i>	16
3.3 Teori <i>Pounding</i>	26
3.4 <i>Link Gap Element</i>	28
BAB 4 METODE PENELITIAN.....	30



4.1	Struktural Bangunan	30
4.2	Prosedur Penelitian	31
4.3	Data Teknis	32
4.4	Standar Penelitian	33
4.5	Pemodelan Struktur	34
4.6	Material Nonlinear	41
4.7	Pemodelan Sendi Plastis	43
4.8	Pembebanan Struktur	44
4.8.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	45
4.8.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	45
4.8.3	Beban Gempa	46
4.9	Rekaman Analisis Gempa <i>Nonlinier Time History</i>	52
4.9.1	<i>Matching</i>	56
4.9.2	<i>Scalling</i>	57
4.10	Perhitungan Kekakuan Link	57
BAB 5	HASIL DAN PEMBAHASAN	59
5.1	Hasil Evaluasi <i>Tier 1</i>	59
5.1.1	Hasil Penilaian <i>Checklist</i> Struktural	59
5.1.2	Hasil Penilaian <i>Checklist</i> Nonstruktural	65
5.1.3	Rekapitulasi Hasil <i>Checklist</i> Struktural dan Nonstruktural	83
5.2	Hasil Evaluasi <i>Tier 3</i>	90
5.2.1	Periode Natural Struktur	90
5.2.2	Hasil Analisis Perbandingan <i>Matching</i> dan <i>Scalling</i>	91
5.2.3	Hasil <i>Analisis Nonlinear Time History</i>	92
5.3	<i>Analisis Pounding</i>	92
5.3.1	Potensi <i>Pounding</i> pada Gempa Megathrust	93
5.3.2	Potensi <i>Pounding</i> pada Gempa Shallow	95
5.3.3	Potensi <i>Pounding</i> pada Gempa Benioff	97
5.3.4	Rekapitulasi Potensi <i>Pounding</i>	99
5.4	Gaya <i>Pounding</i> (<i>link force</i>)	99
5.4.1	Gaya <i>Pounding</i> pada Gempa Megathrust	99
5.4.2	Gaya <i>Pounding</i> pada Gempa Shallow Crustal	100
5.4.3	Gaya <i>Pounding</i> pada Gempa Benioff	101
5.4.4	Rekapitulasi Gaya <i>Pounding</i>	102



5.5 Percepatan Lantai.....	103
5.5.1 Percepatan lantai pada Gempa Megathrust.....	103
5.5.2 Percepatan lantai pada Gempa Shallow	106
5.5.3 Percepatan lantai pada Gempa Benioff.....	108
5.6 Evaluasi Berdasarkan <i>Acceptance Criteria</i>	111
5.6.1 Evaluasi Force-Controlled Actions (FCA).....	111
5.6.2 Evaluasi <i>Deformation-Controlled Actions</i> (DCA).....	112
5.7 Respons Kurva Plastis (<i>Hinge Response</i>)	114
5.7.1 Kurva Plastis Balok.....	115
5.7.2 Kurva Plastis Kolom	119
5.7.3 Kurva Plastis Dinding Geser.....	123
5.8 Drift Maksimum.....	127
5.9 Rekapitulasi Hasil dan Pembahasan	129
5.9.1 Hasil <i>checklist</i> struktural dan nonstruktural.....	129
5.9.2 Hasil evaluasi <i>Tier 3</i>	130
5.9.3 Hasil potensi pounding.....	130
5.9.4 Hasil gaya pounding.....	131
5.9.5 Hasil percepatan lantai	131
5.9.6 Hasil evaluasi FCA dan DCA	131
5.9.7 Hasil evaluasi respons kurva plastis.....	132
5.9.8 Hasil <i>drift</i> maksimum.....	132
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	133
6.1 Kesimpulan	133
6.2 Saran	134
DAFTAR PUSTAKA	135



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 <i>checklist gap</i> penelitian	4
Tabel 3. 1 Percepatan respons spektrum sesuai <i>Seismic Hazard Levels</i> (ASCE 41-17, 2017)	10
Tabel 3. 2 Target kinerja struktural untuk bangunan eksisting (ASCE 41-17, 2017).....	11
Tabel 3. 3 Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya (ASCE 7-16, 2016).....	13
Tabel 3. 4 Ketentuan <i>checklist Tier 1</i> (ASCE 41-17, 2017)	15
Tabel 3. 5 <i>Acceptance criteria</i> Balok Beton Bertulang	23
Tabel 3. 6 <i>Acceptance criteria</i> Kolom Beton Bertulang	24
Tabel 3. 7 <i>Acceptance Criteria Shearwall</i>	25
Tabel 3. 8 Rasio antara Tinggi Dua Bangunan untuk Menentukan Jarak Bebas Minimum	26
Tabel 4. 1 Profil Penampang Kolom.....	33
Tabel 4. 2 Profil Penampang Balok	33
Tabel 4. 3 Profil Penampang Pelat	33
Tabel 4. 4 Beban hidup minimum (ASCE 7-16,2016).....	45
Tabel 4. 5 Hasil uji <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	48
Tabel 4. 6 Nilai sistem pemikul struktur berdasarkan SNI 1726:2019.	50
Tabel 4. 7 Perhitungan respons spektrum	51
Tabel 4. 8 11 Pasang Rekaman Gempa Kala Ulang 275 Tahun	52
Tabel 4. 9 11 Pasang Rekaman Gempa Kala Ulang 975 Tahun	52
Tabel 5. 1 Hasil Perhitungan <i>weak story Tier 1</i> arah-X.....	61
Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan <i>weak story Tier 1</i> arah-Y	61
Tabel 5. 3 Tabel Perhitungan <i>soft story Tier 1</i> arah-X.....	61
Tabel 5. 4 Tabel Perhitungan <i>soft story Tier 1</i> arah-Y	62
Tabel 5. 5 Tabel perhitungan <i>geometry Tier 1</i>	62
Tabel 5. 6 Tabel perhitungan massa <i>Tier 1</i>	62
Tabel 5. 7 Tabel perhitungan torsi <i>Tier 1</i>	63
Tabel 5. 8 Drift ratio partisi Arah-X	69
Tabel 5. 9 Drift ratio partisi Arah-Y	69
Tabel 5. 10 Rekapitulasi komponen struktural <i>Basic configuration checklist</i>	83
Tabel 5. 11 Rekapitulasi komponen struktural <i>Immediate Occupancy structural checklist for building types C2</i>	83
Tabel 5. 12 Rekapitulasi checklist komponen non-struktural pada level kinerja operational..	84



Tabel 5. 13 Rekapitulasi checklist komponen non-struktural pada level kinerja *Hazards*

<i>Reduced</i>	88
Tabel 5. 15 Periode Natural Struktur	90
Tabel 5. 16 Potensi <i>Pounding</i> BSE -1E.....	99
Tabel 5. 17 Potensi <i>Pounding</i> BSE -2E.....	99
Tabel 5. 18 Gaya <i>Pounding</i> Maksimum Tiap Lantai.....	102
Tabel 5. 19 Nilai percepatan lantai maksimum akibat gempa Megathrust	105
Tabel 5. 20 Nilai percepatan lantai maksimum akibat gempa Shallow	108
Tabel 5. 21 Nilai percepatan lantai maksimum akibat gempa Benioff	111
Tabel 5. 22 Rekapitulasi hasil perhitungan <i>Force-Controlled Action</i> (FCA)	112
Tabel 5. 23 Batas Rotasi Plastis Balok Berdasarkan ASCE 41-17	115
Tabel 5. 24 Batas Rotasi Plastis Kolom Berdasarkan ASCE 41-17.....	119
Tabel 5. 25 Batas Rotasi Plastis <i>Shear Wall</i> Berdasarkan ASCE 41-17.....	123



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Venn	6
Gambar 2. 1 Tipe benturan struktur (Miari dkk., 2019).....	9
Gambar 3. 1 Jenis Sendi Plastis (Abbaszadeh dkk., 2022).	20
Gambar 3. 2 Distribusi Deformasi Plastis Pada Struktur (Abbaszadeh dkk., 2022).....	20
Gambar 3. 3 Kurva histeresis karakteristik beton pada <i>cyclic loading</i> (Zhang et al., 2022)....	21
Gambar 3. 4 Pemodelan <i>pounding</i> pada struktur (Shehata, 2006).....	27
Gambar 3. 5 Kondisi kecepatan massa sebelum dan setelah benturan	27
Gambar 3. 6 Pemodelan <i>Link Gap Element</i> (Abbaszadeh dkk., 2022).....	28
Gambar 3. 7 Model mekanis <i>link</i> pada bangunan (Xiuyan, 2023).....	29
Gambar 4. 1 Denah Bangunan (<i>asbuilt drawing</i>).....	30
Gambar 4. 2 Tampak Bangunan (<i>asbuilt drawing</i>).....	30
Gambar 4. 3 Bagan alir penelitian.....	31
Gambar 4. 4 Pemodelan 3D bangunan.....	34
Gambar 4. 5 Denah bangunan.....	35
Gambar 4. 6 Model 1 dengan asumsi bangunan tanpa <i>link element gap</i>	35
Gambar 4. 7 Model 2 dengan asumsi bangunan dengan <i>link element gap</i>	35
Gambar 4. 8 Material Beton.....	36
Gambar 4. 9 Material Baja	36
Gambar 4. 10 <i>Section Designer</i> Balok	37
Gambar 4. 11 <i>Section Designer</i> Kolom	37
Gambar 4. 12 Pendefinisian tumpuan jepit pada pemodelan	38
Gambar 4. 13 <i>Assign frame insertion point</i>	38
Gambar 4. 14 <i>Assign mesh</i> pada pelat.....	39
Gambar 4. 15 <i>Assign mesh</i> pada dinding geser.....	39
Gambar 4. 16 <i>Assign</i> diafragma pada setiap lantai struktur pemodelan	40
Gambar 4. 17 Pendefinisian <i>end length offset</i> pada <i>frame</i>	40
Gambar 4. 18 Kurva tegangan-regangan <i>mander parametrik</i> pada beton	41
Gambar 4. 19 Kurva tegangan-regangan <i>simple parametrik</i> pada baja	42
Gambar 4. 20 Sendi plastis <i>fiber P-M2-M3</i> pada kolom	43
Gambar 4. 21 Sendi plastis <i>auto hinges</i> pada balok berdasarkan ASCE 41-17.....	44
Gambar 4. 22 Pendefinisian kondisi awal beban gravitasi.....	46



Gambar 4. 23	Pendefinisian kondisi awal beban gravitasi.....	47
Gambar 4. 24	Grafik respons spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019.	50
Gambar 4. 25	Grafik Respons Percepatan Gempa BSE-1E dan BSE-2E.....	51
Gambar 4. 26	Grafik 11 Pasang Rekaman Gempa Kala Ulang 275 Tahun.....	53
Gambar 4. 27	Grafik 11 Pasang Rekaman Gempa Kala Ulang 975 Tahun.....	53
Gambar 4. 28	Rekaman Gempa Benioff RSN5003134 yang telah disesuaikan.	54
Gambar 4. 29	Rekaman Gempa Megathrust RSN4022977 yang telah disesuaikan.	54
Gambar 4. 30	Rekaman Gempa Shallow Crustal RSN8118 yang telah disesuaikan.....	55
Gambar 4. 31	Rekaman Gempa Benioff RSN5004296 yang telah disesuaikan.	55
Gambar 4. 32	Rekaman Gempa Shallow Crustal RSN8066 yang telah disesuaikan.....	55
Gambar 4. 33	Rekaman Gempa Megathrust RSN6001805 yang telah disesuaikan.	56
Gambar 4. 34	<i>Spectral matching</i> rekaman gempa	56
Gambar 4. 35	<i>Scaling</i> rekaman gempa	57
Gambar 4. 36	Input kekakuan pada <i>gap element</i> di ETABS	58
Gambar 5. 1	Detail pipa proteksi kebakaran.....	65
Gambar 5. 2	Detail gantungan pada sprinkler.....	66
Gambar 5. 3	Detail Instalasi Fire Alarm dan Penerangan Darurat.....	66
Gambar 5. 4	Diagram instalasi gas medis	67
Gambar 5. 5	Detail Anchoring Cladding ACP ke Struktur.....	72
Gambar 5. 6	Denah tangga dengan shear wall	76
Gambar 5. 7	Detail Penopang dan Sambungan Flexible Duct.....	80
Gambar 5. 8	Detail komponen lift.....	81
Gambar 5. 9	Perbandingan hasil analisis Metode <i>scaling</i> dan <i>spectral matching</i>	91
Gambar 5. 10	Titik tinjau potensi benturan.....	92
Gambar 5. 11	Grafik Potensi <i>Pounding</i> Megathrust BSE-1E.....	93
Gambar 5. 12	Grafik Potensi <i>Pounding</i> Megathrust BSE-2E.....	94
Gambar 5. 13	Grafik Potensi <i>Pounding</i> Shallow BSE-1E.....	95
Gambar 5. 14	Grafik Potensi <i>Pounding</i> Shallow BSE-2E.....	96
Gambar 5. 15	Grafik Potensi <i>Pounding</i> Benioff BSE-1E.....	97
Gambar 5. 16	Grafik Potensi <i>Pounding</i> Benioff BSE-2E.....	98
Gambar 5. 17	Gaya <i>pounding</i> maksimum pada gempa Megathrust	100
Gambar 5. 18	Gaya <i>pounding</i> maksimum pada gempa Shallow Crustal.....	101
Gambar 5. 19	Gaya <i>pounding</i> maksimum tiap lantai pada gempa Benioff.	102
Gambar 5. 20	Percepatan lantai atap pada gempa Megathrust.	103



Gambar 5. 21 Percepatan lantai 5 pada gempa Megathrust	104
Gambar 5. 22 Percepatan lantai 4 pada gempa Megathrust	104
Gambar 5. 23 Percepatan lantai 3 pada gempa Megathrust	104
Gambar 5. 24 Percepatan lantai 2 pada gempa Megathrust	105
Gambar 5. 25 Percepatan lantai 1 pada gempa Megathrust	105
Gambar 5. 26 Percepatan lantai atap pada gempa Shallow.....	106
Gambar 5. 27 Percepatan lantai 5 pada gempa Shallow	106
Gambar 5. 28 Percepatan lantai 4 pada gempa Shallow	107
Gambar 5. 29 Percepatan lantai 3 pada gempa Shallow	107
Gambar 5. 30 Percepatan lantai 2 pada gempa Shallow	107
Gambar 5. 31 Percepatan lantai 1 pada gempa Shallow	108
Gambar 5. 32 Percepatan lantai atap pada gempa Benioff	109
Gambar 5. 33 Percepatan lantai 5 pada gempa Benioff	109
Gambar 5. 34 Percepatan lantai 4 pada gempa Benioff	109
Gambar 5. 35 Percepatan lantai 3 pada gempa Benioff	110
Gambar 5. 36 Percepatan lantai 2 pada gempa Benioff	110
Gambar 5. 37 Percepatan lantai 1 pada gempa Benioff	110
Gambar 5. 38 Lokasi tinjauan Respons Kurva Plastis	114
Gambar 5. 39 Kurva histeresis balok B7A lantai 2 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	115
Gambar 5. 40 Kurva histeresis balok B7A lantai 3 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	116
Gambar 5. 41 Kurva histeresis balok B7A lantai 4 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	116
Gambar 5. 42 Kurva histeresis balok B7A lantai 5 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	116
Gambar 5. 43 Kurva histeresis balok B7A lantai Atap akibat gempa Megathrust BSE 1E... 117	
Gambar 5. 44 Kurva histeresis balok B7A lantai 2 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	117
Gambar 5. 45 Kurva histeresis balok B7A lantai 3 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	117
Gambar 5. 46 Kurva histeresis balok B7A lantai 4 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	118
Gambar 5. 47 Kurva histeresis balok B7A lantai 5 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	118
Gambar 5. 48 Kurva histeresis balok B7A lantai Atap akibat gempa Megathrust BSE 2E... 118	
Gambar 5. 49 Kurva histeresis kolom K6 lantai 2 akibat gempa Megathrust BSE 1E.....	119
Gambar 5. 50 Kurva histeresis kolom K6 lantai 3 akibat gempa Megathrust BSE 1E.....	120
Gambar 5. 51 Kurva histeresis kolom K6 lantai 4 akibat gempa Megathrust BSE 1E.....	120
Gambar 5. 52 Kurva histeresis kolom K6 lantai 5 akibat gempa Megathrust BSE 1E.....	120
Gambar 5. 53 Kurva histeresis kolom K6 lantai Atap akibat gempa Megathrust BSE 1E. ...	121
Gambar 5. 54 Kurva histeresis kolom K6 lantai 2 akibat gempa Megathrust BSE 2E.....	121



Gambar 5. 55 Kurva histeresis kolom K6 lantai 3 akibat gempa Megathrust BSE 2E.....	121
Gambar 5. 56 Kurva histeresis kolom K6 lantai 4 akibat gempa Megathrust BSE 2E.....	122
Gambar 5. 57 Kurva histeresis kolom K6 lantai 5 akibat gempa Megathrust BSE 2E.....	122
Gambar 5. 58 Kurva histeresis kolom K6 lantai Atap akibat gempa Megathrust BSE 2E....	122
Gambar 5. 59 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 1 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	123
Gambar 5. 60 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 2 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	124
Gambar 5. 61 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 3 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	124
Gambar 5. 62 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 4 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	124
Gambar 5. 63 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 5 akibat gempa Megathrust BSE 1E.	125
Gambar 5. 64 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 1 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	125
Gambar 5. 65 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 2 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	125
Gambar 5. 66 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 3 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	126
Gambar 5. 67 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 4 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	126
Gambar 5. 68 Kurva histeresis Shear Wall W2 lantai 5 akibat gempa Megathrust BSE 2E.	126
Gambar 5. 69 Gambar Grafik Drift BSE-1E pada Gempa Megathrust	127
Gambar 5. 70 Gambar Grafik Drift BSE-1E pada Gempa Shallow.....	127
Gambar 5. 71 Gambar Grafik Drift BSE-1E pada Gempa Benioff	128
Gambar 5. 72 Gambar Grafik Drift BSE-2E pada Gempa Megathrust	128
Gambar 5. 73 Gambar Grafik Drift BSE-1E pada Gempa Shallow.....	129
Gambar 5. 74 Gambar Grafik Drift BSE-1E pada Gempa Benioff	129