

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SETELAH HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xxvii
INTISARI.....	liii
ABSTRACT .....	lvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Keaslian Penelitian .....	6
1.5 Hipotesis .....	6
1.6 Batasan Penelitian.....	7
1.7 Manfaat Penelitian.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Jembatan <i>Cable-Stayed</i> .....	9
2.1.1 Konsep Awal Jembatan <i>Cable-Stayed</i> .....	9
2.1.2 Elemen struktur jembatan <i>cable-stayed</i> .....	9
2.1.3 Konfigurasi Kabel Penyokong .....	15

2.1.4	Posisi Kabel dalam Ruang .....	17
2.2	Prinsip Pemodelan Numeris Jembatan <i>Cable-Stayed</i> .....	20
2.2.1	Pemodelan girder utama .....	21
2.2.2	Pemodelan pylon .....	23
2.2.3	Pemodelan hubungan antara girder dan pylon .....	23
2.2.4	Pemodelan kabel .....	25
2.2.5	Pemodelan tumpuan pylon .....	27
2.3	Respon Struktur akibat Eksitasi Gempa .....	33
2.3.1	Input seismik pada struktur .....	33
2.3.2	Persamaan gerak untuk sistem <i>multi degree of freedom</i> .....	33
2.3.3	Analisis respon untuk sistem <i>multi degree of freedom</i> .....	38
2.3.4	Metode numerik solusi persamaan dinamik <i>multi degree of freedom</i> dengan mempertimbangkan perambatan gempa .....	43
2.4	Kajian Eksperimental .....	46
2.4.1	Persyaratan similaritas .....	46
2.4.2	Pengujian menggunakan <i>shaking-table</i> .....	48
2.5	Kajian Numerik .....	51
2.5.1	<i>Construction stage</i> pada jembatan <i>cable-stayed</i> .....	51
2.5.2	Kajian numerik respon dinamik berbasis software elemen hingga .....	53
BAB 3 LANDASAN TEORI .....		55
3.1	Teori Pemodelan .....	55
3.1.1	Definisi dan klasifikasi model .....	55
3.1.2	Proses pemodelan .....	56
3.1.3	Dimensi dan homogenitas dimensi .....	57
3.1.4	Analisis dimensi dan Buckingham's Pi theorem .....	59

3.1.5	Model struktur .....	62
3.1.6	Persyaratan similaritas untuk pemodelan struktur akibat gempa ....	64
3.1.7	Redaman struktur .....	65
3.1.8	Redaman struktur pada pengujian eksperimental .....	67
3.2	Instrumentasi .....	71
3.2.1	Pengukuran regangan .....	72
3.2.2	Pengukuran perpindahan .....	72
3.2.3	Pengukuran gaya .....	74
3.2.4	Simulasi beban gempa pada model dengan <i>shaking-table</i> .....	75
3.3	Sistem Kabel <i>Fan</i> dan <i>Harp</i> .....	86
3.3.1	Sistem <i>Fan</i> .....	86
3.3.2	Sistem <i>Harp</i> .....	93
BAB 4 METODE PENELITIAN .....		102
4.1	Umum .....	102
4.2	Prosedur Kajian Eksperimental .....	102
4.2.1	Persyaratan similaritas .....	102
4.2.2	Sistem <i>shaking-table</i> .....	111
4.2.3	Desain model jembatan separuh bentang .....	113
4.2.4	Desain input gempa .....	121
4.2.5	Proses equalize <i>shaking-table</i> .....	131
4.2.6	Instrumentasi dan pengukuran .....	132
4.2.7	Prosedur pengujian .....	135
4.2.8	Properti dinamik .....	136
4.3	Prosedur Kajian Numerik .....	137
4.3.1	Penentuan <i>prototype</i> jembatan .....	138

4.3.2	Idealisasi model numerik .....	140
4.3.3	Pemodelan prototipe jembatan Suramadu.....	149
4.3.4	Skala similaritas untuk pemodelan jembatan Suramadu terskala .	155
4.3.5	Model numerik jembatan Suramadu utuh terskala.....	156
4.3.6	Model Skala Jembatan Suramadu Separuh Bentang.....	164
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		170
5.1	Umum .....	170
5.2	Nomenklatur Respon Model Jembatan Terskala.....	172
5.3	Kajian Eksperimental .....	175
5.3.1	Sinkronisasi Input dan Output <i>Shaking-Table</i> .....	175
5.3.2	Pengujian <i>Free Vibration</i> .....	179
5.4	Hasil Kajian Eksperimental dengan <i>Shaking-Table</i> .....	186
5.4.1	Respon percepatan pada puncak pilon .....	186
5.4.2	Respon percepatan pada girder bagian tengah .....	190
5.4.3	Respon percepatan pada girder ujung bagian bentang utama .....	193
5.4.4	Respon perpindahan pada girder ujung bagian bentang samping. ....	196
5.4.5	Respon gaya kabel.....	199
5.5	Hasil Kajian Numerik Jembatan Prototipe Suramadu .....	206
5.5.1	Gaya <i>pretension</i> kabel jembatan Suramadu.....	206
5.5.2	Pengujian pembebanan statik.....	208
5.5.3	Pengujian pembebanan dinamik .....	217
5.6	Hasil Kajian Numerik Model Terskala Jembatan Suramadu Bentang Separuh .....	221
5.6.1	Properti dinamik model terskala jembatan Suramadu bentang separuh .....	221

5.6.2	Respon pada puncak pilon .....	225
5.6.3	Respon pada pangkal pilon .....	233
5.6.4	Respon pada girder bagian tengah .....	249
5.6.5	Respon pada girder ujung-bentang utama.....	256
5.6.6	Respon pada girder ujung bentang-samping .....	262
5.6.7	Respon gaya kabel.....	269
5.7	Hasil Kajian Numerik Model Terskala Jembatan Suramadu Bentang Utuh .....	281
5.7.1	Properti dinamik model terskala jembatan Suramadu bentang utuh... .....	281
5.7.2	Respon pada puncak pilon .....	285
5.7.3	Respon pada pangkal pilon .....	291
5.7.4	Respon pada girder bagian tengah .....	308
5.7.5	Respon pada girder ujung-bentang utama.....	315
5.7.6	Respon pada girder ujung bentang-samping .....	321
5.7.7	Respon gaya kabel.....	328
5.8	Hasil Kajian Numerik Model Terskala Pilon Tunggal Jembatan Suramadu .....	342
5.8.1	Properti dinamik model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu .. .....	342
5.8.2	Respon pada puncak pilon .....	344
5.8.3	Respon pada pangkal pilon .....	350
5.9	Analisis Model Terskala Jembatan Suramadu Bentang Separuh dan Bentang Utuh.....	366
5.9.1	Respon pada puncak pilon .....	366
5.9.2	Respon pada pangkal pilon .....	369

5.9.3	Respon pada girder bagian tengah .....	375
5.9.4	Respon pada girder ujung-bentang utama.....	380
5.9.5	Respon pada girder ujung bentang-samping.....	384
5.9.6	Matriks respon dinamik pada model terskala jembatan.....	389
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		392
6.1	Kesimpulan.....	392
6.2	Saran .....	395
DAFTAR PUSTAKA .....		396

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rasio similaritas untuk model terskala (Yang and Cheung, 2011) .....	46
Tabel 2.2	Rasio similaritas model terskala dari jembatan prototipe (Zong et al., 2014) .....	47
Tabel 2.3	Koefisien similaritas pada pengujian <i>shaking-table</i> oleh Xu et al. (2018).....	48
Tabel 3.1	Variabel-variabel fisik (Suhendro, 2000) .....	60
Tabel 3.2	Faktor skala untuk respon akibat beban gempa (Harris and Sabnis, 1999; Suhendro, 2000) .....	65
Tabel 3.3	Nilai rasio redaman rekomendasi oleh Newmark dan Hall (1982) untuk berbagai jenis struktur .....	66
Tabel 3.4	Nilai rasio redaman proyek Gerald Desmon Bridge .....	67
Tabel 3.5	Faktor skala model jembatan akibat beban gempa .....	84
Tabel 4.1	Variabel-variabel fisik dan dimensi yang terlibat dalam pemodelan struktur.....	103
Tabel 4.2	Faktor skala untuk menghitung respon perpindahan jembatan Suramadu akibat beban gempa .....	110
Tabel 4.3	Spesifikasi pengoperasian <i>shaking-table</i> R-141 .....	112
Tabel 4.4	Resume skala geometri ( $S_L$ ) .....	114
Tabel 4.5	Resume skala material $S_E$ model jembatan Suramadu terskala .....	119
Tabel 4.6	Berat sendiri dan massa tambahan pada model jembatan terskala separuh.....	119
Tabel 4.7	Instrumentasi pada model jembatan terskala separuh .....	133
Tabel 4.8	Kasus pengujian pada kajian eksperimental menggunakan <i>shaking-table</i> .....	135
Tabel 4.9	Parameter penampang <i>steel girder</i> (Chinese Contractors, 2006) .....	143
Tabel 4.10	Parameter kabel (Chinese Contractors, 2006) .....	144

Tabel 4.11	Data gaya <i>tension</i> kabel jembatan Suramadu (Chinese Contractors, 2006).....	149
Tabel 4.12	Gaya <i>pretension</i> kabel jembatan Suramadu (Chinese Contractors, 2006).....	151
Tabel 4.13	Parameter pembebanan truk pada saat pengujian (Binli et al., 2009).....	153
Tabel 4.14	Layout beban truk pada setiap kasus pengujian (Binli et al., 2009).....	154
Tabel 4.15	Frekuensi natural dan <i>mode shape</i> jembatan Suramadu.....	155
Tabel 4.16	Detail skala similaritas pemodelan jembatan Suramadu terskala.....	156
Tabel 4.17	Parameter kabel model jembatan terskala .....	159
Tabel 4.18	Komparasi frekuensi antara jembatan prototipe Suramadu dengan model jembatan terskala dari perhitungan skala similaritas.....	163
Tabel 5.1	Penamaan respon dinamik model jembatan akibat gempa.....	174
Tabel 5.2	Frekuensi model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada pengujian <i>free vibration</i> .....	183
Tabel 5.3	Respon percepatan maksimum pada puncak pilon pada kajian eksperimental.....	188
Tabel 5.4	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada puncak pilon pada kajian eksperimental.....	188
Tabel 5.5	Respon percepatan maksimum pada girder bagian tengah pada kajian eksperimental .....	192
Tabel 5.6	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada girder bagian tengah pada kajian eksperimental .....	192
Tabel 5.7	Respon percepatan maksimum pada girder ujung bagian bentang utama pada kajian eksperimental.....	195
Tabel 5.8	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada girder ujung bagian bentang utama pada kajian eksperimental .....	195
Tabel 5.9	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung bagian bentang samping pada kajian eksperimental .....	198

Tabel 5.10	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung bagian bentang samping pada prototipe jembatan Suramadu.....	198
Tabel 5.11	Gaya kabel akibat berat sendiri dan massa tambahan .....	201
Tabel 5.12	Gaya dinamik kabel akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan pada kajian eksperimental .....	202
Tabel 5.13	Gaya dinamik kabel akibat eksitasi gempa Kobe 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian eksperimental.....	203
Tabel 5.14	Gaya dinamik kabel akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian eksperimental.....	203
Tabel 5.15	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan.....	204
Tabel 5.16	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	204
Tabel 5.17	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	205
Tabel 5.18	Faktor amplifikasi respon dinamik gaya kabel maksimum pada kajian eksperimental .....	205
Tabel 5.19	Perbandingan gaya <i>pretension</i> kabel hasil numerik dengan data pengujian jembatan Suramadu.....	207
Tabel 5.20	Defleksi vertikal girder pada tengah bentang utama pada kasus pengujian 1 .....	208
Tabel 5.21	Deformasi longitudinal pylon pada kasus pengujian 1.....	210
Tabel 5.22	Gaya kabel pada kasus pengujian 1 .....	211
Tabel 5.23	Defleksi vertikal girder pada bentang samping pada kasus pengujian beban statik 2 .....	213
Tabel 5.24	Gaya kabel pada kasus pembebanan statik kasus 2.....	215
Tabel 5.25	Gaya kabel akibat beban pengujian kasus 3 .....	216

Tabel 5.26	Frekuensi natural dan <i>mode shape</i> yang merupakan hasil analisis <i>eigen value</i> ..... 218
Tabel 5.27	Frekuensi model jembatan Suramadu terskala bentang separuh ..... 221
Tabel 5.28	Respon percepatan maksimum pada puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 227
Tabel 5.29	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 228
Tabel 5.30	Respon perpindahan maksimum puncak pilon pada model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 232
Tabel 5.31	Respon perpindahan maksimum puncak pilon pada prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 233
Tabel 5.32	Respon percepatan maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 237
Tabel 5.33	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 238
Tabel 5.34	Respon momen maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 245
Tabel 5.35	Respon momen maksimum pada pangkal pilon jembatan prototipe Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 245
Tabel 5.36	Respon gaya geser maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 248

Tabel 5.37	Respon gaya geser dan aksial maksimum pada pangkal pilon jembatan prototipe Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	249
Tabel 5.38	Respon percepatan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	252
Tabel 5.39	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	252
Tabel 5.40	Respon perpindahan maksimum pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	255
Tabel 5.41	Respon perpindahan maksimum girder bagian tengah pada prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	255
Tabel 5.42	Respon percepatan maksimum pada girder ujung bentang-utama model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	258
Tabel 5.43	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada girder ujung bentang-utama model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	259
Tabel 5.44	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	261
Tabel 5.45	Respon perpindahan maksimum girder ujung bentang-utama pada prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	262
Tabel 5.46	Respon percepatan maksimum pada girder ujung bentang-samping model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	264

Tabel 5.47	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung bentang-samping model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	265
Tabel 5.48	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	267
Tabel 5.49	Respon perpindahan maksimum girder ujung bentang-samping pada prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	268
Tabel 5.50	Nomenklatur gaya kabel model terskala jembatan Suramadu bentang separuh .....	269
Tabel 5.51	Gaya dinamik kabel model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik.....	277
Tabel 5.52	Gaya dinamik kabel model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik.....	278
Tabel 5.53	Gaya dinamik kabel model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik.....	278
Tabel 5.54	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik.....	279
Tabel 5.55	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik.....	279
Tabel 5.56	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik.....	280

Tabel 5.57	Faktor amplifikasi respon dinamik gaya kabel maksimum model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada kajian numerik .....	280
Tabel 5.58	Frekuensi model jembatan Suramadu terskala bentang utuh ...	282
Tabel 5.59	Respon percepatan maksimum pada puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	287
Tabel 5.60	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	288
Tabel 5.61	Respon perpindahan maksimum puncak pilon pada model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	290
Tabel 5.62	Respon perpindahan maksimum puncak pilon pada prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	291
Tabel 5.63	Respon percepatan maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	296
Tabel 5.64	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	297
Tabel 5.65	Respon momen maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	304
Tabel 5.66	Respon momen maksimum pada pangkal pilon jembatan prototipe Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe	304
Tabel 5.67	Respon gaya geser maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	307

Tabel 5.68	Respon gaya geser dan aksial maksimum pada pangkal pilon jembatan prototipe Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	307
Tabel 5.69	Respon percepatan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	310
Tabel 5.70	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	311
Tabel 5.71	Respon perpindahan maksimum pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	313
Tabel 5.72	Respon perpindahan maksimum girder bagian tengah pada prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	314
Tabel 5.73	Respon percepatan maksimum pada girder ujung bentang-utama model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	317
Tabel 5.74	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada girder ujung bentang-utama model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	317
Tabel 5.75	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	320
Tabel 5.76	Respon perpindahan maksimum girder ujung bentang-utama pada prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	320
Tabel 5.77	Respon percepatan maksimum pada girder ujung bentang-samping model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	323

Tabel 5.78	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung bentang-samping model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 324
Tabel 5.79	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 326
Tabel 5.80	Respon perpindahan maksimum girder ujung bentang-utama pada prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai eksitasi gempa Kobe ..... 327
Tabel 5.81	Gaya dinamik kabel model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik ..... 338
Tabel 5.82	Gaya dinamik kabel model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik ..... 339
Tabel 5.83	Gaya dinamik kabel model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik ..... 339
Tabel 5.84	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik ..... 340
Tabel 5.85	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik ..... 340
Tabel 5.86	Gaya dinamik kabel prototipe jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan pada kajian numerik ..... 341
Tabel 5.87	Faktor amplifikasi respon dinamik gaya kabel maksimum model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada kajian numerik ..... 341
Tabel 5.88	Frekuensi model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu ... 342

Tabel 5.89	Respon percepatan maksimum pada puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	346
Tabel 5.90	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	347
Tabel 5.91	Respon perpindahan maksimum puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	349
Tabel 5.92	Respon perpindahan maksimum puncak pilon dari prototipe pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	350
Tabel 5.93	Respon percepatan maksimum pada pangkal pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	354
Tabel 5.94	Faktor amplifikasi percepatan maksimum yang terjadi pada pangkal pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	355
Tabel 5.95	Respon momen maksimum pada pangkal pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe.....	362
Tabel 5.96	Respon momen maksimum pada pangkal pilon dari prototipe pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	362
Tabel 5.97	Respon gaya geser maksimum pada pangkal pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	365
Tabel 5.98	Respon gaya geser dan aksial maksimum pada pangkal pilon dari prototipe pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai eksitasi gempa Kobe .....	365

Tabel 5.99	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada puncak pilon model terskala jembatan dalam arah-X .....	367
Tabel 5.100	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada puncak pilon model terskala jembatan dalam arah-Y .....	367
Tabel 5.101	Respon perpindahan maksimum pada puncak pilon model terskala jembatan dalam arah-X.....	368
Tabel 5.102	Respon perpindahan maksimum pada puncak pilon model terskala jembatan dalam arah-Y .....	369
Tabel 5.103	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan dalam arah-X .....	370
Tabel 5.104	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan dalam arah-Y .....	370
Tabel 5.105	Respon momen maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu terhadap sumbu-X.....	372
Tabel 5.106	Respon momen maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu terhadap sumbu-Y .....	372
Tabel 5.107	Respon torsi maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu .....	373
Tabel 5.108	Respon gaya geser maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu pada arah-X.....	374
Tabel 5.109	Respon gaya geser maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu pada arah-Y.....	374
Tabel 5.110	Respon gaya aksial maksimum pada pangkal pilon model terskala jembatan Suramadu .....	375
Tabel 5.111	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan dalam arah-X.....	376
Tabel 5.112	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan dalam arah-Y.....	376
Tabel 5.113	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan dalam arah-Z .....	377

Tabel 5.114	Respon perpindahan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan dalam arah-X .....	378
Tabel 5.115	Respon perpindahan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan dalam arah-Y .....	379
Tabel 5.116	Respon perpindahan maksimum pada girder bagian tengah model terskala jembatan dalam arah-Z.....	379
Tabel 5.117	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung-bentang utama model terskala jembatan dalam arah-X.....	380
Tabel 5.118	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung-bentang utama model terskala jembatan dalam arah-Y .....	381
Tabel 5.119	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung-bentang utama model terskala jembatan dalam arah-Z .....	382
Tabel 5.120	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung-bentang utama model terskala jembatan dalam arah-X .....	383
Tabel 5.121	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung-bentang utama model terskala jembatan dalam arah-Y .....	383
Tabel 5.122	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung-bentang utama model terskala jembatan dalam arah-Z.....	384
Tabel 5.123	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung-bentang samping model terskala jembatan dalam arah-X .....	385
Tabel 5.124	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung-bentang samping model terskala jembatan dalam arah-Y .....	385
Tabel 5.125	Faktor amplifikasi percepatan maksimum pada girder ujung-bentang samping model terskala jembatan dalam arah-Z.....	386
Tabel 5.126	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung-bentang samping model terskala jembatan dalam arah-X.....	387
Tabel 5.127	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung-bentang samping model terskala jembatan dalam arah-Y .....	387
Tabel 5.128	Respon perpindahan maksimum pada girder ujung-bentang samping model terskala jembatan dalam arah-Z .....	388

Tabel 5.129	Resume respon maksimum terbesar pada kajian numerik dari model jembatan terskala .....	390
-------------	---	-----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Salah satu perubahan koefisien percepatan tanah dasar antara Peta Gempa 2010 dan Peta Gempa 2017 (Irsyam dkk., 2108).....	1
Gambar 2.1	Kapal layar orang Mesir dengan balok layar yang disokong dengan tali (Troitsky, 1988) .....	9
Gambar 2.2	Jenis <i>tower</i> : (1) <i>Tower</i> portal, (2) <i>Tower</i> kembar, (3) <i>Tower</i> kembar, (4) <i>Tower</i> rangka-A, (5) <i>Tower</i> tunggal, (6) <i>Tower</i> sisi (Troitsky, 1988).....	10
Gambar 2.3	<i>Strand</i> dari lilitan <i>wire</i> (Troitsky, 1988).....	13
Gambar 2.4	<i>Rope</i> dengan lilitan <i>strand</i> (Troitsky, 1988).....	13
Gambar 2.5	<i>Locked-coil wire rope</i> tipikal (Troitsky, 1988).....	14
Gambar 2.6	Jenis bingkai ( <i>rib</i> ) pada deck (a) Jenis terbuka (lemah terhadap torsi) (b) Jenis <i>box</i> (kaku terhadap torsi) (Troitsky, 1988).....	15
Gambar 2.7	Sistem susunan kabel (Troitsky, 1988).....	16
Gambar 2.8	Posisi kabel dalam ruang : (a) sistem dengan bidang vertikal ganda, (b) sistem dengan bidang miring ganda, (c) sistem bidang tunggal, (d) sistem dengan bidang tidak simetris (Troitsky, 1988) .....	18
Gambar 2.9	Model tipikal <i>steel box girder</i> (Fu and Wang, 2015) .....	21
Gambar 2.10	Model <i>fish bone</i> untuk <i>box girder</i> (Fu and Wang, 2015) .....	21
Gambar 2.11	(a) Penampang I – girder komposit dan (b) Model grid (Fu and Wang, 2015) .....	22
Gambar 2.12	Dua alternatif pilon jembatan Sutong (Fu and Wang, 2015).....	23
Gambar 2.13	Pemodelan hubungan antara <i>girder</i> dan pilon dengan cara pemisahan penuh dan perletakan vertikal (Fu and Wang, 2015)	24
Gambar 2.14	Perletakan vertikal dalam model 2D (Fu and Wang, 2015) .....	25
Gambar 2.15	Kabel berbentuk seperti <i>chain line</i> akibat berat sendiri .....	26
Gambar 2.16	Pemodelan interaksi tanah-tiang-pilon dengan SPM (Zhu, 1999) .....	28

Gambar 2.17	Pemodelan interaksi tanah-tiang-pilon dengan WBM (Zhu, 1999)	29
Gambar 2.18	Model dinamik struktur pilon tunggal jembatan <i>cable-stayed</i> (Yu, 2014)	30
Gambar 2.19	Model matematika tanah-fondasi-superstruktur (Hayashikawa et al., 2004)	30
Gambar 2.20	Konsep umum pemodelan uplift dan sliding (Hayashikawa et al., 2004)	31
Gambar 2.21	Profil tanah pada lokasi pilon dan model parameter <i>soil-lumped</i> (Hayashikawa et al., 2004)	31
Gambar 2.22	Model mekanika sambungan dasar pilon (Raheem et al., 2014)	32
Gambar 2.23	Model konstitutif komponen sambungan dasar (Raheem et al., 2014)	33
Gambar 2.24	Sistem MDOF dengan <i>single-support excitation</i> (Datta, 2010)	34
Gambar 2.25	Sistem MDOF dengan multi-support excitation (Datta, 2010)	34
Gambar 2.26	Model pengujian yang sudah lengkap (Wang et al., 2016)	49
Gambar 2.27	Kerusakan pada komponen model jembatan (Wang et al., 2016)	49
Gambar 2.28	Perpindahan kaki pilon (Wang et al., 2016)	50
Gambar 2.29	Model pengujian dalam kondisi seimbang (Xu et al., 2018)	50
Gambar 2.30	Distribusi percepatan maksimum disepanjang tinggi pilon. (a) gempa El Centro; (b) gempa Chi-Chi; (c) gempa buatan (Xu et al., 2018)	51
Gambar 2.31	Gambaran proses keruntuhan jembatan menggunakan <i>software</i> LS-DYNA (Wang et al., 2017)	54
Gambar 3.1	Respon <i>free-vibration</i> sistem redaman sub-kritis (Clough and Penzien, 2003)	68
Gambar 3.2	Nilai eksak dan pendekatan antara <i>logarithmic decrement</i> dan rasio redaman (Chopra, 2012)	70

Gambar 3.3	Grafik rasio redaman terhadap jumlah siklus yang dibutuhkan untuk memberikan amplitudo menjadi 50% (Clough and Penzien, 2003).....	71
Gambar 3.4	<i>Mechanical dial gauge</i> tipikal .....	73
Gambar 3.5	<i>Linear Variable Differential Transformer (LVDT)</i> .....	74
Gambar 3.6	<i>Accelerometer</i> untuk mengukur <i>acceleration</i> .....	74
Gambar 3.7	Kamera dengan resolusi tinggi untuk mengukur perpindahan dinamis.....	74
Gambar 3.8	<i>Load cells</i> ( <a href="http://www.o-digital.com/supplier-catalogs/2226/2232/Sensor-41.html">http://www.o-digital.com/supplier-catalogs/2226/2232/Sensor-41.html</a> ).....	75
Gambar 3.9	Skema bagan alir penggunaan alat <i>shaking table</i> .....	77
Gambar 3.10	Input eksitasi gempa pada <i>software Dance Earthquake</i> .....	78
Gambar 3.11	Contoh file gempa yang ber-extension <i>***.txt</i> .....	78
Gambar 3.12	Input eksitasi gempa pada <i>software Dance Earthquake</i> .....	79
Gambar 3.13	<i>Setup limit</i> untuk <i>shaking table</i> R-141 yang dimiliki Laboratorium Struktur Departemen Teknik Sipil FT – UGM.....	80
Gambar 3.14	Kontrol <i>setup limit</i> terhadap input eksitasi yang sesuai dengan kapasitas alat.....	81
Gambar 3.15	Kontrol <i>setup limit</i> terhadap input eksitasi yang melebihi kapasitas alat .....	81
Gambar 3.16	Kontrol setup pemasangan sensor pada <i>software Dance Earthquake</i> .....	82
Gambar 3.17	Contoh input eksitasi diberikan dan <i>feedback</i> yang dihasilkan pada saat <i>running</i> alat <i>shaking table</i> .....	83
Gambar 3.18	Contoh input eksitasi yang diberikan dan <i>feedback</i> yang dihasilkan setelah dilakukan <i>equalizing</i> .....	83
Gambar 3.19	<i>Time history</i> percepatan gempa Kobe yang telah di- <i>matching spectrum</i> sebelum dilakukan penyesuaian skala similaritas.....	85
Gambar 3.20	<i>Time history</i> gempa Kobe setelah dilakukan penskalaan terhadap waktu sesuai skala waktu similaritas .....	85

Gambar 3.21	Pengangkuran kabel penggantung pada sistem kabel <i>modified fan</i> ( <i>semi-fan</i> ) untuk penyederhanaan perhitungan awal (Gimsing and Georgakis, 2012) .....	86
Gambar 3.22	Pengangkuran kabel penggantung untuk sistem kabel <i>pure fan</i> ekuivalen untuk penyederhanaan perhitungan awal (Gimsing and Georgakis, 2012) .....	87
Gambar 3.23	Jembatan <i>cable-stayed</i> tiga bentang dengan sistem <i>fan</i> (Gimsing and Georgakis, 2012).....	87
Gambar 3.24	Kasus pembebanan yang menyebabkan gaya tarik minimum pada kabel angkur (Gimsing and Georgakis, 2012).....	88
Gambar 3.25	Kasus pembebanan yang menyebabkan gaya tarik maksimum pada kabel angkur (Gimsing and Georgakis, 2012).....	88
Gambar 3.26	Sistem kabel <i>fan</i> diidealisasikan sebagai sistem menerus (Gimsing and Georgakis, 2012).....	89
Gambar 3.27	Variasi rasio kritis bentang sisi terhadap bentang utama $l_a/l_m$ dengan rasio beban lalu-lintas terhadap beban mati $p/g$ dan rasio tegangan $K_{ac}$ (Gimsing and Georgakis, 2012).....	90
Gambar 3.28	Kasus pembebanan untuk gaya kabel penyokong maksimum (Gimsing and Georgakis, 2012).....	91
Gambar 3.29	Kasus pembebanan untuk memperoleh gaya kabel angkur maksimum (Gimsing and Georgakis, 2012).....	92
Gambar 3.30	Susunan berbeda dari sistem kabel berbentuk <i>fan</i> untuk menyokong sebuah bentang utama yang panjang (Gimsing and Georgakis, 2012) .....	93
Gambar 3.31	Jembatan <i>cable-stayed</i> tiga-bentang dengan sistem kabel <i>harp</i> (Gimsing and Georgakis, 2012).....	93
Gambar 3.32	Sistem kabel <i>harp</i> sederhana dengan dua set kabel penyokong (Gimsing and Georgakis, 2012).....	94

Gambar 3.33	Kasus pembebanan dengan sebuah beban terpusat yang dibagi menjadi kasus pembebanan simetris dan anti simetris (Gimsing and Georgakis, 2012).....	94
Gambar 3.34	Momen yang terjadi pada <i>deck</i> atau pilon untuk pembebanan pada Gambar 3.33 dengan kondisi girder–kaku dan pilon–langsing (Gimsing and Georgakis, 2012).....	95
Gambar 3.35	Momen yang terjadi pada <i>deck</i> atau pilon untuk pembebanan pada Gambar 3.33 dengan kondisi girder–langsing dan pilon–kaku (Gimsing and Georgakis, 2012).....	95
Gambar 3.36	Momen yang terjadi pada pilon–kaku yang ditopang dengan sistem kabel <i>semi – harp</i> (Gimsing and Georgakis, 2012).....	96
Gambar 3.37	Jembatan <i>cable–stayed</i> tiga bentang dengan sistem kabel <i>harp</i> : <b>(atas)</b> kekakuan lentur utamanya pada <i>deck</i> ; <b>(bawah)</b> kekakuan lentur utamanya pada pilon (Gimsing and Georgakis, 2012).....	97
Gambar 3.38	Kasus pembebanan untuk memperoleh gaya maksimum pada kabel penyokong bawah (Gimsing and Georgakis, 2012).....	97
Gambar 3.39	Gaya-gaya kabel maksimum/minimum pada sistem kabel <i>harp</i> akibat tiga kasus pembebanan : (a) girder–kaku dan pilon–langsing; (b) girder–langsing dan pilon–kaku (Gimsing and Georgakis, 2012) .....	98
Gambar 3.40	Kasus pembebanan untuk gaya maksimum pada kabel atas untuk sistem kabel <i>harp</i> dengan girder–kaku (Gimsing and Georgakis, 2012).....	98
Gambar 3.41	Kasus pembebanan untuk gaya maksimum pada kabel atas bentang sisi dari sistem kabel <i>harp</i> dengan pilon–kaku (Gimsing and Georgakis, 2012) .....	100
Gambar 3.42	Gaya-gaya kabel pada sistem kabel <i>harp</i> dengan menopang bentang sisi (Gimsing and Georgakis, 2012).....	100
Gambar 3.43	Sistem struktur pada permulaan jembatan <i>cable-stayed</i> dengan sistem kabel <i>harp</i> (Gimsing and Georgakis, 2012) .....	101

Gambar 3.44	Sistem struktur jembatan dengan sistem kabel <i>harp</i> dan penopang sedang pada bentang sisi (Gimsing and Georgakis, 2012).....	101
Gambar 3.45	Sistem <i>harp</i> multi-kabel yang ditopang oleh pilon-kaku (Gimsing and Georgakis, 2012).....	102
Gambar 3.46	Sistem kabel <i>semi-harp</i> simetris (Gimsing and Georgakis, 2012).....	102
Gambar 3.47	Sistem kabel <i>asymmetrical semi – harp</i> dengan penyokong pada bentang sisi (Gimsing and Georgakis, 2012).....	103
Gambar 4.1	R-141 <i>shake table</i> yang dimiliki Laboratorium Struktur DTSL–FT UGM .....	113
Gambar 4.2	Hasil pengujian material akrilik .....	115
Gambar 4.3	Model desain pilon dan model pilon dari bahan akrilik .....	116
Gambar 4.4	Grafik hubungan beban terhadap perpindahan .....	116
Gambar 4.5	Model alumunium girder .....	117
Gambar 4.6	Pengujian kekuatan sambungan ujung kabel model jembatan .....	118
Gambar 4.7	Detail sambungan kabel model Jembatan Suramadu .....	118
Gambar 4.8	Model terskala jembatan bentang separuh untuk eksitasi gempa searah sumbu longitudinal jembatan .....	120
Gambar 4.9	Model terskala jembatan bentang separuh untuk eksitasi gempa dalam arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	120
Gambar 4.10	Model terskala jembatan bentang separuh untuk eksitasi gempa dalam arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	121
Gambar 4.11	<i>Time history</i> percepatan gempa Kobe dari PEER <i>ground motion database</i> .....	122
Gambar 4.12	<i>Time history</i> percepatan gempa Kobe dengan puncak yang besar .....	123
Gambar 4.13	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	124
Gambar 4.14	Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	125

Gambar 4.15	Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	125
Gambar 4.16	Spektrum percepatan desain untuk wilayah jembatan Suramadu .....	127
Gambar 4.17	Hasil penyesuaian respon spektrum gempa Kobe .....	129
Gambar 4.18	Detail penyesuaian respon spektrum gempa Kobe untuk ketiga alternatif.....	129
Gambar 4.19	Grafik <i>time history</i> gempa Kobe – sebelum dan setelah <i>matching spectrum</i> .....	130
Gambar 4.20	Grafik <i>time history</i> gempa Kobe yang akan dijadikan sebagai input eksitasi gempa pada proses <i>equalize shaking-table</i> namun belum dilakukan penyesuaian skala similaritas.....	131
Gambar 4.21	Grafik <i>time history</i> gempa Kobe setelah dilakukan penskalaan terhadap waktu sesuai skala waktu similaritas dan akan dijadikan sebagai input eksitasi pada proses <i>equalize shaking-table</i> .....	131
Gambar 4.22	Hasil <i>drive channel</i> dan <i>feedback channel</i> gempa Kobe pada proses <i>equalize</i> alat <i>shaking-table</i> .....	132
Gambar 4.23	Skema pengujian model jembatan menggunakan <i>shaking-table</i> untuk eksitasi gempa searah sumbu longitudinal jembatan.....	134
Gambar 4.24	Skema pengujian model jembatan menggunakan <i>shaking-table</i> untuk gempa arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan.	134
Gambar 4.25	Skema pengujian model jembatan menggunakan <i>shaking-table</i> untuk gempa dalam arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	135
Gambar 4.26	Respon pengujian <i>free vibration</i> pada girder bagian tengah jembatan.....	136
Gambar 4.27	Respon pengujian <i>free vibration</i> pada pilon bagian atas jembatan .....	137
Gambar 4.28	Layout Jembatan Suramadu dengan susunan bentang jembatan 192+434+192 m (Binli et al., 2009) .....	138

Gambar 4.29	Penampang melintang tipikal Jembatan Suramadu (Chinese Contractors, 2005) .....	139
Gambar 4.30	Struktur pilon Jembatan Suramadu (Chinese Contractors, 2005) .....	140
Gambar 4.31	Idealisasi model numerik untuk analisis statik dan dinamik jembatan Suramadu pada Midas/Civil <i>software</i> .....	141
Gambar 4.32	Pemodelan <i>steel girder</i> dengan mempertimbangkan <i>slope</i> -2% pada elemen <i>Steel Floor Beam</i> .....	143
Gambar 4.33	Penampang pilon Jembatan Suramadu (satuan dalam cm) (Chinese Contractors, 2006) .....	145
Gambar 4.34	Pemodelan pilon jembatan Suramadu pada <i>software</i> Midas/Civil .....	146
Gambar 4.35	Perletakan jembatan Suramadu (Chinese Contractors, 2005) ..	147
Gambar 4.36	Pemodelan untuk perletakan struktur pada Midas/Civil.....	148
Gambar 4.37	Pemodelan perletakan pada <i>software</i> Midas/Civil .....	148
Gambar 4.38	Ilustrasi perbedaan beban pada <i>tension 1</i> dan <i>tension 2</i> (Kustarto, 2008).....	151
Gambar 4.39	Posisi pemeriksaan pada pengujian pembebanan statik (Binli et al., 2009).....	152
Gambar 4.40	Skema pembebanan truk pada saat pengujian (Binli et al., 2009) .....	153
Gambar 4.41	Model numerik jembatan Suramadu terskala utuh pada Midas/Civil <i>software</i> .....	157
Gambar 4.42	Pemodelan girder model jembatan dengan bahan aluminium pada <i>software</i> Midas/Civil .....	159
Gambar 4.43	Penampang kaki pilon bagian atas.....	160
Gambar 4.44	Penampang kaki pilon bagian tengah .....	160
Gambar 4.45	Penampang kaki pilon bagian bawah .....	160
Gambar 4.46	Penampang balok melintang bagian atas pada pilon .....	161
Gambar 4.47	Penampang balok melintang bagian tengah pada pilon.....	161
Gambar 4.48	Penampang balok melintang bagian bawah pada pilon.....	161

Gambar 4.49	Pemodelan pilon model jembatan Suramadu yang terskala .....	162
Gambar 4.50	Pemodelan untuk perletakan struktur jembatan Suramadu terskala utuh pada Midas/Civil .....	162
Gambar 4.51	Pemodelan perletakan pada software Midas/Civil .....	163
Gambar 4.52	Input eksitasi gempa Kobe yang diberikan pada <i>software Dance Earthquake</i> pada pengujian <i>shaking-table</i> untuk berbagai arah gempa.....	166
Gambar 4.53	Output gempa yang dihasilkan <i>shaking-table</i> pada saat pengujian dengan arah eksitasi gempa Kobe searah dengan sumbu longitudinal jembatan .....	166
Gambar 4.54	Output gempa yang dihasilkan <i>shaking-table</i> pada saat pengujian dengan arah eksitasi gempa Kobe 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	167
Gambar 4.55	Output gempa yang dihasilkan <i>shaking-table</i> pada saat pengujian dengan arah eksitasi gempa Kobe 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	167
Gambar 4.56	Bagan alir penelitian .....	169
Gambar 5.1	Nomenklatur respon dinamik model jembatan akibat eksitasi gempa.....	173
Gambar 5.2	Hasil <i>drive channel</i> dan <i>feedback channel</i> gempa Kobe pada proses <i>equalize</i> alat <i>shaking table</i> .....	176
Gambar 5.3	Perbandingan konten frekuensi antara <i>drive channel</i> dan <i>feedback channel</i> gempa Kobe pada proses <i>equalize</i> .....	177
Gambar 5.4	<i>Drive</i> dan <i>feedback channel</i> pada saat pengujian akibat eksitasi gempa Kobe pada arah sejajar sumbu longitudinal jembatan ..	178
Gambar 5.5	<i>Drive</i> dan <i>feedback channel</i> pada saat pengujian akibat eksitasi gempa Kobe pada arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	178
Gambar 5.6	<i>Drive</i> dan <i>feedback channel</i> pada saat pengujian akibat eksitasi gempa Kobe pada arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	179

Gambar 5.7	Instrumentasi pengujian <i>free vibration</i> untuk properti dinamik .....	179
Gambar 5.8	Frekuensi natural pada channel 1 pada kajian eksperimental dari model jembatan terskala Suramadu bentang separuh .....	180
Gambar 5.9	Frekuensi natural pada channel 2 pada kajian eksperimental dari model jembatan terskala Suramadu bentang separuh .....	181
Gambar 5.10	Frekuensi natural pada channel 3 pada kajian eksperimental dari model jembatan terskala Suramadu bentang separuh .....	181
Gambar 5.11	Frekuensi natural pada channel 4 pada kajian eksperimental dari model jembatan terskala Suramadu bentang separuh .....	182
Gambar 5.12	Frekuensi natural pada channel 5 pada kajian eksperimental dari model jembatan terskala Suramadu bentang separuh .....	182
Gambar 5.13	Respon pengujian <i>free vibration</i> pada puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh .....	184
Gambar 5.14	Respon pengujian <i>free vibration</i> pada girder tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh .....	185
Gambar 5-15	Grafik rasio redaman terhadap jumlah siklus yang dibutuhkan untuk memberikan amplitudo menjadi 50% (Clough and Penzien, 2003) .....	186
Gambar 5.16	Respon percepatan puncak pilon pada arah X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	187
Gambar 5.17	Respon percepatan puncak pilon pada arah Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	187
Gambar 5.18	Respon spektrum untuk berbagai arah gempa Kobe yang telah disesuaikan dengan skala similaritas .....	189
Gambar 5.19	Respon percepatan girder bagian tengah pada arah X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	190
Gambar 5.20	Respon percepatan girder bagian tengah pada arah Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	191
Gambar 5.21	Respon percepatan girder bagian tengah pada arah Z terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	191

Gambar 5.22	Respon percepatan girder ujung bagian bentang utama pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	193
Gambar 5.23	Respon percepatan girder ujung bagian bentang utama pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	194
Gambar 5.24	Respon percepatan girder ujung bagian bentang utama pada arah-Z terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	194
Gambar 5.25	Respon perpindahan girder ujung bentang samping pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	196
Gambar 5.26	Respon perpindahan girder ujung bentang samping pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	197
Gambar 5.27	Model terskala jembatan ketika masih diberi empat buah penyangga.....	199
Gambar 5.28	Model terskala jembatan ketika empat buah penyangga telah dilepaskan dan masih dalam keadaan seimbang.....	200
Gambar 5.29	Defleksi girder pada tengah bentang utama akibat kasus 1 .....	208
Gambar 5.30	Gaya pada kabel akibat beban pengujian kasus 1.....	211
Gambar 5.31	Defleksi girder pada tengah bentang utama akibat kasus 2.....	213
Gambar 5.32	Gaya pada kabel akibat beban pengujian statik kasus 2.....	215
Gambar 5.33	Gaya pada kabel akibat beban pengujian kasus 3.....	216
Gambar 5.34	Mode shape 2, frekuensi 0,3008 Hz (lentur vertikal simetris 1) .....	219
Gambar 5.35	Mode shape 3, frekuensi 0,3581 Hz (lentur transversal simetris 1) .....	219
Gambar 5.36	Mode shape 4, frekuensi 0,3940 Hz (lentur vertikal tidak simetris 1).....	219
Gambar 5.37	Mode shape 7, frekuensi 0,5815 (puntir 1).....	220
Gambar 5.38	Mode shape 8, frekuensi 0,6291 Hz (lentur vertikal simetris 2) .....	220
Gambar 5.39	Mode shape 9, frekuensi 0,7202 Hz (lentur vertikal tidak simetris 2).....	220

Gambar 5.40	Mode shape 11, frekuensi 0,7905 Hz (lentur vertikal simetris 3)	221
Gambar 5.41	Mode shape 1 dengan frekuensi 0,912 Hz	222
Gambar 5.42	Mode shape 2 dengan frekuensi 1,760 Hz	222
Gambar 5.43	Mode shape 3 dengan frekuensi 9,244 Hz	223
Gambar 5.44	Mode shape 4 dengan frekuensi 9,640 Hz	223
Gambar 5.45	Mode shape 5 dengan frekuensi 14,774 Hz	223
Gambar 5.46	Mode shape 6 dengan frekuensi 18,097 Hz	224
Gambar 5.47	Mode shape 7 dengan nilai frekuensi 19,435 Hz	224
Gambar 5.48	Mode shape 8 dengan nilai frekuensi 22,056 Hz	224
Gambar 5.49	Mode shape 9 dengan nilai frekuensi 25,984 Hz	225
Gambar 5.50	Mode shape 10 dengan nilai frekuensi 34,446 Hz	225
Gambar 5.51	Respon percepatan puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe	226
Gambar 5.52	Respon percepatan puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe	226
Gambar 5.53	Respon percepatan puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe	227
Gambar 5.54	Respon spektrum model terskala jembatan Suramadu bentang separuh untuk berbagai arah gempa Kobe pada kajian numerik	228
Gambar 5.55	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe	230
Gambar 5.56	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe	231

Gambar 5.57	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	231
Gambar 5.58	Respon percepatan fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	234
Gambar 5.59	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	235
Gambar 5.60	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	235
Gambar 5.61	Respon percepatan fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	236
Gambar 5.62	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	236
Gambar 5.63	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	237
Gambar 5.64	Respon momen terhadap sumbu Y pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	240
Gambar 5.65	Respon momen terhadap sumbu Y pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	240
Gambar 5.66	Respon momen terhadap sumbu Y pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	241

Gambar 5.67	Respon momen terhadap sumbu X pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	242
Gambar 5.68	Respon momen terhadap sumbu X pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	242
Gambar 5.69	Respon momen terhadap sumbu X pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	243
Gambar 5.70	Respon momen torsi pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	243
Gambar 5.71	Respon momen torsi pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	244
Gambar 5.72	Respon momen torsi pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	244
Gambar 5.73	Respon gaya geser arah sumbu Y pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	247
Gambar 5.74	Respon gaya geser arah sumbu X pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	247
Gambar 5.75	Respon aksial pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	248
Gambar 5.76	Respon percepatan pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	250

Gambar 5.77	Respon percepatan pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	251
Gambar 5.78	Respon percepatan pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	251
Gambar 5.79	Respon perpindahan pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	253
Gambar 5.80	Respon perpindahan pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	254
Gambar 5.81	Respon perpindahan pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	254
Gambar 5.82	Respon percepatan pada girder ujung-bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	257
Gambar 5.83	Respon percepatan pada girder ujung-bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	257
Gambar 5.84	Respon percepatan pada girder ujung-bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	258
Gambar 5.85	Respon perpindahan girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	260
Gambar 5.86	Respon perpindahan girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	260

Gambar 5.87	Respon perpindahan girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	261
Gambar 5.88	Respon percepatan pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	263
Gambar 5.89	Respon percepatan pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	263
Gambar 5.90	Respon percepatan pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	264
Gambar 5.91	Respon perpindahan girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	266
Gambar 5.92	Respon perpindahan girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	266
Gambar 5.93	Respon perpindahan girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	267
Gambar 5.94	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping bidang-1 dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	270
Gambar 5.95	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping bidang-2 dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	270
Gambar 5.96	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah sejajar sumbu longitudinal jembatan.....	271

Gambar 5.97	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah $45^\circ$ terhadap sumbu longitudinal jembatan .	272
Gambar 5.98	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah $90^\circ$ terhadap sumbu longitudinal jembatan .	272
Gambar 5.99	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama bidang-1 dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	273
Gambar 5.100	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama bidang-2 dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	273
Gambar 5.101	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah sejajar sumbu longitudinal jembatan .....	274
Gambar 5.102	Respon gaya kabel ke-14 bidang-1 pada bentang samping dan bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan.....	275
Gambar 5.103	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah $45^\circ$ terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	275
Gambar 5.104	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah $90^\circ$ terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	276
Gambar 5.105	Respon gaya kabel ke-14 bidang-1 pada bentang samping dan bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang separuh akibat eksitasi gempa Kobe arah $90^\circ$ terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	277
Gambar 5.106	Mode shape 1 dengan frekuensi 1,441 Hz.....	282
Gambar 5.107	Mode shape 2 dengan frekuensi 7,477 Hz.....	282

Gambar 5.108	Mode shape 3 dengan frekuensi 7,528 Hz.....	283
Gambar 5.109	Mode shape 4 dengan frekuensi 9,706 Hz.....	283
Gambar 5.110	Mode shape 5 dengan frekuensi 9,741 Hz.....	283
Gambar 5.111	Mode shape 6 dengan frekuensi 12,545 Hz.....	284
Gambar 5.112	Mode shape 7 dengan frekuensi 13,052 Hz.....	284
Gambar 5.113	Mode shape 8 dengan frekuensi 15,658 Hz.....	284
Gambar 5.114	Mode shape 9 dengan frekuensi 16,310 Hz.....	285
Gambar 5.115	Mode shape 10 dengan frekuensi 17,207 Hz.....	285
Gambar 5.116	Respon percepatan puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	286
Gambar 5.117	Respon percepatan puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	286
Gambar 5.118	Respon percepatan puncak pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	287
Gambar 5.119	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	289
Gambar 5.120	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	289
Gambar 5.121	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	290
Gambar 5.122	Respon percepatan fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	293

Gambar 5.123	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	293
Gambar 5.124	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	294
Gambar 5.125	Respon percepatan fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	295
Gambar 5.126	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	295
Gambar 5.127	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	296
Gambar 5.128	Respon momen terhadap sumbu Y pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	299
Gambar 5.129	Respon momen terhadap sumbu Y pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	299
Gambar 5.130	Respon momen terhadap sumbu Y pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	300
Gambar 5.131	Respon momen terhadap sumbu X pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	301
Gambar 5.132	Respon momen terhadap sumbu X pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	301

Gambar 5.133	Respon momen terhadap sumbu X pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	302
Gambar 5.134	Respon momen torsi pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	302
Gambar 5.135	Respon momen torsi pada kaki pilon-bawah sebelah kanan model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	303
Gambar 5.136	Respon momen torsi pada kaki pilon-bawah sebelah kiri model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	303
Gambar 5.137	Respon gaya geser arah sumbu Y pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	305
Gambar 5.138	Respon gaya geser arah sumbu X pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	306
Gambar 5.139	Respon aksial pada fondasi pilon model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	306
Gambar 5.140	Respon percepatan pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	309
Gambar 5.141	Respon percepatan pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	309
Gambar 5.142	Respon percepatan pada girder bagian tengah model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	310

Gambar 5.143	Respon perpindahan pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	312
Gambar 5.144	Respon perpindahan pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	312
Gambar 5.145	Respon perpindahan pada girder bagian tengah dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	313
Gambar 5.146	Respon percepatan pada girder ujung-bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	315
Gambar 5.147	Respon percepatan pada girder ujung-bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	316
Gambar 5.148	Respon percepatan pada girder ujung-bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	316
Gambar 5.149	Respon perpindahan girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	318
Gambar 5.150	Respon perpindahan girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	319
Gambar 5.151	Respon perpindahan girder ujung bentang-utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	319
Gambar 5.152	Respon percepatan pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	322

Gambar 5.153	Respon percepatan pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	322
Gambar 5.154	Respon percepatan pada girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	323
Gambar 5.155	Respon perpindahan girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	325
Gambar 5.156	Respon perpindahan girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	325
Gambar 5.157	Respon perpindahan girder ujung bentang-samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	326
Gambar 5.158	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping bidang-1 dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	329
Gambar 5.159	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping bidang-2 dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	329
Gambar 5.160	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan.....	330
Gambar 5.161	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	331
Gambar 5.162	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang samping dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan.....	331

Gambar 5.163	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama bidang-1 dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	332
Gambar 5.164	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama bidang-2 dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	333
Gambar 5.165	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan .....	334
Gambar 5.166	Respon gaya kabel ke-14 bidang-1 pada bentang samping dan bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe searah sumbu longitudinal jembatan.....	335
Gambar 5.167	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	336
Gambar 5.168	Respon gaya kabel ke-14 bidang-1 pada bentang samping dan bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 45° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	336
Gambar 5.169	Respon gaya kabel ke-14 pada bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	337
Gambar 5.170	Respon gaya kabel ke-14 bidang-1 pada bentang samping dan bentang utama dari model terskala jembatan Suramadu bentang utuh akibat eksitasi gempa Kobe arah 90° terhadap sumbu longitudinal jembatan .....	338
Gambar 5.171	Mode 1, frekuensi 5,900 Hz .....	343
Gambar 5.172	Mode 2, frekuensi 15,231 Hz .....	343
Gambar 5.173	Mode 3, frekuensi 29,764 Hz .....	343
Gambar 5.174	Mode 4, frekuensi 31,215 Hz .....	344

Gambar 5.175	Mode 5, frekuensi 35,475 Hz .....	344
Gambar 5.176	Respon percepatan puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-X jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	345
Gambar 5.177	Respon percepatan puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-Y jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	345
Gambar 5.178	Respon percepatan puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-Z jembatan terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	346
Gambar 5.179	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	348
Gambar 5.180	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	348
Gambar 5.181	Respon perpindahan puncak pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah arah-Z terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	349
Gambar 5.182	Respon percepatan fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	351
Gambar 5.183	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	352
Gambar 5.184	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-X terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	352
Gambar 5.185	Respon percepatan fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	353

Gambar 5.186	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	353
Gambar 5.187	Respon percepatan pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu pada arah-Y terhadap berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	354
Gambar 5.188	Respon momen terhadap sumbu Y pada fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	357
Gambar 5.189	Respon momen terhadap sumbu Y pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	357
Gambar 5.190	Respon momen terhadap sumbu Y pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	358
Gambar 5.191	Respon momen terhadap sumbu X jembatan pada fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	359
Gambar 5.192	Respon momen terhadap sumbu X pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	359
Gambar 5.193	Respon momen terhadap sumbu X pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	360
Gambar 5.194	Respon momen torsi pada fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe.....	360
Gambar 5.195	Respon momen torsi pada kaki pilon-bawah sebelah kanan dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe .....	361

- Gambar 5.196 Respon momen torsi pada kaki pilon-bawah sebelah kiri dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe ..... 361
- Gambar 5.197 Respon gaya geser arah sumbu Y pada fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe ..... 363
- Gambar 5.198 Respon gaya geser arah sumbu X pada fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe ..... 364
- Gambar 5.199 Respon aksial pada fondasi pilon dari model terskala pilon tunggal jembatan Suramadu akibat berbagai arah eksitasi gempa Kobe 364