

Pemodelan dan Analisis Seismik Struktur secara *Nonlinear*

Angga Fajar Setiawan
Alvin Kurniawan Santoso
Muhamad Fauzi Darmawan



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	v
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxxv
1 PENDAHULUAN	1
1.1 KONDISI KEGEMPAAN DI INDONESIA.....	1
1.2 KONSEP DESAIN SEISMIC UNTUK STRUKTUR BANGUNAN	1
1.2.1 Konsep <i>Load and Resistance Design</i> (LRFD)	2
1.2.2 Konsep Kondisi Batas (<i>Limit State</i>).....	2
1.2.3 Konsep <i>Performance Based Design</i> (PBSD)..	3
1.3 PENELITIAN MENGENAI ANALISIS STRUKTUR <i>NONLINEAR</i>	4
1.4 PEMODELAN DAN ANALISIS SEISMIC STRUKTUR	7
1.4.1 Pemodelan dan Analisis secara Makro.....	7
1.4.2 Pemodelan dan Analisis secara Mikro	9
2 TEORI ANALISIS STRUKTUR PLASTIS.....	11
2.1 GAMBARAN UMUM ANALISIS PLASTIS	11
2.2 PENAMPANG PLASTIS.....	11
2.3 SENDI PLASTIS	20
2.4 KONSEP DESAIN PLASTIS	23
2.4.1 Perbandingan Desain Linear Elastis dan Plastis	23
2.4.2 <i>Overview</i> Berbagai Standar untuk Desain Plastis	24
2.4.3 Batasan dalam Metode Desain Plastis	25

2.5	ANALISIS STRUKTUR ELASTOPLASTIS SECARA GLOBAL	26
2.5.1	Reduksi Kapasitas Momen Plastis Karena Interaksi Gaya	28
2.6	KONSEP PERMUKAAN PELELEHAN (<i>YIELD SURFACE</i>).....	33
2.6.1	Permukaan Pelelehan dan Ketentuan Aliran Plastis	34
2.6.2	Pengali Plastis dan Matriks Kekakuan General Elastoplastis	37
2.6.3	Linearisasi Permukaan Pelelehan.....	38
2.7	ANALISIS STRUKTUR PLASTIS	40
2.7.1	Pendahuluan.....	40
2.7.2	Analisis Rigid Plastis (Klasik).....	40
2.7.3	Teori Plastisitas	41
2.7.4	Teori Keunikan	42
2.7.5	Metode Mekanisme.....	43
2.7.6	Metode Statis.....	44
2.7.7	Beban Terdistribusi Merata (UDL).....	46
2.7.8	Balok Merus dan Portal.....	49
2.8	ANALISIS ELASTOPLASTIS SECARA INKREMENTAL.....	59
2.8.1	Pendahuluan	59
2.8.2	Analisis Elastoplastis Menggunakan Komputer	60
2.8.3	Menggunakan Spreadsheet untuk Analisis Otomatis	65
2.8.4	Perhitungan Aksi Desain dan Defleksi	69
2.8.5	Efek Interaksi Gaya pada Keruntuhan Plastis	71
3	KONSEP DASAR ANALISIS DAN PEMODELAN STRUKTUR <i>NONLINEAR</i> SECARA NUMERIK	83
3.1	MODEL MATERIAL <i>NONLINEAR</i>	83
3.1.1	Material Beton	84
3.1.2	Material Baja	89

3.2	ALGORITMA PENYELESAIAN PERMASALAHAN <i>NONLINEAR</i> SECARA NUMERIK	92
3.2.1	Pendahuluan	92
3.2.2	Metode Newton-Raphson	94
3.2.3	Metode Newton Modifikasi	95
3.2.4	Metode Secant Newton	97
3.2.5	Metode BGFS	98
3.2.6	Metode Line Search	100
3.3	METODE INTEGRASI NUMERIK.....	102
3.3.1	Metode Integrasi Distribusi Plastisitas.....	102
3.3.2	Metode Integrasi Plastisitas Terkonsentrasi (Sendi Plastis)	106
3.4	GEOMETRI <i>NONLINEAR</i>	107
3.5	ANALISIS STATIS	112
3.6	ANALISIS BEBAN GRAVITASI.....	113
3.7	ANALISIS BEBAN DORONG <i>NONLINEAR</i> (<i>PUSHOVER</i>).....	113
3.8	ANALISIS STATIS SIKLIS.....	114
3.9	ANALISIS DINAMIK	115
3.9.1	Analisis Ragam (<i>Modal Analysis</i>).....	116
3.9.2	Analisis Riwayat Waktu (<i>Time History</i>)	118
3.10	Pengenalan <i>SOFTWARE</i> OPENSEES	125
3.11	Pengenalan <i>SOFTWARE</i> STKO-OPENSEES.....	127
4	PEMODELAN <i>GROUND MOTION</i>	129
4.1	PENDAHULUAN.....	129
4.2	PEMBUATAN RESPONS SPEKTRA TARGET	130
4.3	PERSYARATAN PEMILIHAN <i>GROUND MOTION</i> .	131
4.4	PENSKALAAN AMPLITUDO (<i>AMPLITUDE</i> <i>SCALING</i>)	131
5	ANALISIS <i>PUSHOVER</i> MODEL KOLOM TUNGGAL.....	134
5.1	ANALISIS ELASTIS.....	134
5.1.1	Contoh Kasus	134
5.1.2	Idealisasi Struktur	135
5.1.3	<i>Input</i> Geometri Model Struktur.....	136
5.1.4	<i>Input</i> Parameter Penampang	137

5.1.5	<i>Input Parameter Elemen</i>	140
5.1.6	<i>Input Boundary Condition</i>	143
5.1.7	<i>Input Beban</i>	145
5.1.8	<i>Input Time Series</i>	149
5.1.9	<i>Input Recorders</i>	149
5.1.10	<i>Input Perintah Analisis</i>	153
5.1.11	Penyajian Hasil	159
5.2	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	163
5.2.1	<i>Input Parameter Material</i>	163
5.2.2	<i>Input Parameter Penampang</i>	167
5.2.3	<i>Input Parameter Elemen</i>	171
5.2.4	<i>Input Recorders</i>	171
5.2.5	<i>Input Perintah Analisis</i>	172
5.2.6	Penyajian Hasil	173
6	ANALISIS <i>PUSHOVER</i> MODEL STRUKTUR PORTAL 2D	175
6.1	ANALISIS ELASTIS.....	175
6.1.1	Contoh Kasus	175
6.1.2	Idealisasi Struktur	176
6.1.3	<i>Input Geometri Model Struktur</i>	177
6.1.4	<i>Input Parameter Material</i>	179
6.1.5	<i>Input Parameter Penampang</i>	182
6.1.6	<i>Input Parameter Elemen</i>	190
6.1.7	<i>Input Boundary Condition</i>	195
6.1.8	<i>Input Beban dan Massa</i>	199
6.1.9	<i>Input Time Series</i>	204
6.1.10	<i>Input Recorders</i>	206
6.1.11	<i>Input Perintah Analisis</i>	206
6.1.12	Penyajian Hasil	214
6.2	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	220
6.2.1	<i>Input Parameter Material</i>	214
6.2.3	<i>Input Parameter Elemen</i>	214
6.2.4	<i>Input Recorders</i>	234
6.2.5	<i>Input Perintah Analisis</i>	234
6.2.6	Penyajian Hasil	242

7	ANALISIS STATIS SIKLIS MODEL <i>SPUN PILE</i>	250
7.1	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	250
7.1.1	Contoh Kasus	250
7.1.2	Idealisasi Struktur	251
7.1.3	<i>Input</i> Geometri Model Struktur.....	252
7.1.4	<i>Input</i> Parameter Material	252
7.1.5	<i>Input</i> Parameter Penampang	259
7.1.6	<i>Input</i> Parameter Elemen.....	262
7.1.7	<i>Input Boundary Condition</i>	264
7.1.8	<i>Input</i> Beban dan Massa	266
7.1.9	<i>Input Time Series</i>	266
7.1.10	<i>Input Recorders</i>	267
7.1.11	<i>Input</i> Perintah Analisis	269
7.1.12	Penyajian Hasil	274
8	ANALISIS <i>SOIL PILE INTERACTION (SPI) SECARA NONLINEAR</i>	277
8.1	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	277
8.1.1	Contoh Kasus	277
8.1.2	Idealisasi Struktur	278
8.1.3	<i>Input</i> Geometri Model Struktur.....	278
8.1.4	<i>Input</i> Parameter Material	279
8.1.5	<i>Input</i> Parameter Penampang	287
8.1.6	<i>Input</i> Parameter Elemen.....	289
8.1.7	<i>Input Boundary Condition</i>	291
8.1.8	<i>Input</i> Beban	293
8.1.9	<i>Input Recorders</i>	294
8.1.10	<i>Input</i> Perintah Analisis	295
8.1.11	Penyajian Hasil	300
9	ANALISIS DINAMIK MODEL STRUKTUR <i>WHARF 2D</i> ..	302
9.1	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	302
9.1.1	Contoh Kasus	302
9.1.2	Idealisasi Struktur	303
9.1.3	<i>Input</i> Geometri Model Struktur.....	303
9.1.4	<i>Input</i> Parameter Material	304
9.1.5	<i>Input</i> Parameter Penampang	310

9.1.6	<i>Input Parameter Elemen</i>	313
9.1.7	<i>Input Boundary Condition</i>	316
9.1.8	<i>Input Beban dan Massa</i>	317
9.1.9	<i>Input Time Series</i>	318
9.1.10	<i>Input Recorders</i>	319
9.1.11	<i>Input Perintah Analisis</i>	320
9.1.12	<i>Penyajian Hasil</i>	325
10	ANALISIS DINAMIK STRUKTUR JEMBATAN DENGAN ELASTOMERIC RUBBER BEARING (ERB)	327
10.1	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	327
10.1.1	Contoh Kasus	327
10.1.2	Idealisasi Struktur	328
10.1.3	<i>Input Geometri Model Struktur</i>	329
10.1.4	<i>Input Parameter Material</i>	330
10.1.5	<i>Input Parameter Penampang</i>	342
10.1.6	<i>Input Parameter Elemen</i>	350
10.1.7	<i>Input Boundary Condition</i>	358
10.1.8	<i>Input Beban</i>	360
10.1.9	<i>Input Time Series</i>	363
10.1.10	<i>Input Recorders</i>	367
10.1.11	<i>Input Perintah Analisis</i>	369
10.1.12	<i>Penyajian Hasil</i>	384
11	ANALISIS STATIS <i>PUSHOVER</i> MODEL 2D STRUKTUR BAJA 7 LANTAI	392
11.1	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	392
11.1.1	Contoh Kasus	392
11.1.2	Idealisasi Struktur	385
11.1.3	<i>Input Geometri Model Struktur</i>	395
11.1.4	<i>Input Parameter Material</i>	397
11.1.5	<i>Input Parameter Penampang</i>	406
11.1.6	<i>Input Parameter Elemen</i>	414
11.1.7	<i>Input Boundary Condition</i>	421
11.1.8	<i>Input Beban</i>	424
11.1.9	<i>Input Time Series</i>	428
11.1.10	<i>Input Recorders</i>	429

11.1.11	<i>Input Perintah Analisis</i>	431
11.1.12	Penyajian Hasil	438
12	ANALISIS DINAMIK <i>NONLINEAR TIME HISTORY</i> MODEL 2D STRUKTUR 7 LANTAI.....	440
12.1	ANALISIS <i>NONLINEAR</i>	440
12.1.1	Contoh Kasus	440
12.1.2	Idealisasi Struktur	441
12.1.3	<i>Input Time Series</i>	441
12.1.4	<i>Input Beban</i>	442
12.1.5	<i>Input Recorders</i>	442
12.1.6	<i>Input Perintah Analisis</i>	443
12.1.7	Penyajian Hasil	456
	DAFTAR PUSTAKA.....	462
	INDEKS	467
	TENTANG PENULIS.....	469