

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
1.8 Kerangka Pemikiran	5
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	 6
2.1 Umum	6
2.2 Pengertian Jembatan	7
2.3 Struktur Jembatan	7
2.3.1 Struktur Atas (<i>Superstructures</i>)	7
2.3.2 Struktur Bawah (<i>Substructures</i>)	8
2.3.3 Fondasi (<i>Foundation</i>)	8
2.4 Ledakan	9
2.4.1 Sifat Ledakan	9
2.4.2 Kategori Beban Ledakan	9

2.5	Karakteristik Material Jembatan	11
2.5.1	Struktur Beton Jembatan	11
2.5.2	Kuat Tekan	12
2.5.3	Modulus Elastisitas	12
2.5.4	Hubungan Tegangan Regangan	13
2.5.5	Lendutan	15
2.6	Getaran	16
2.6.1	Jenis Getaran	16
2.6.2	<i>Peak Particle Velocity</i>	17
2.7	Data <i>Meshing</i>	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Sistematika Penelitian	19
3.2	Permodelan Struktur	19
3.2.1	Model Struktur Jembatan	19
3.2.2	Desain Pembebanan	20
3.2.3	Simulasi Program	21
BAB 4 ANALISIS NUMERIK DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Parameter Penelitian.....	28
4.2	Hasil Beban Ledakan Tipe 1	29
4.2.1	Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan.....	30
4.2.2	Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	35
4.2.3	Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	40
4.3	Hasil Beban Ledakan Tipe 2	45
4.3.1	Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan	46
4.3.2	Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	51
4.3.3	Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	56
4.4	Hasil Beban Ledakan Tipe 3	61
4.4.1	Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan	62
4.4.2	Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	67

4.4.3	Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	72
4.5	Perbandingan Hasil Beban Ledakan Tipe 1.....	77
4.5.1.	Tegangan.....	77
4.5.2.	Regangan.....	81
4.5.3.	<i>Displacement</i>	85
4.5.4.	<i>Peak Particle Velocity (PPV)</i>	89
4.6	Perbandingan Hasil Beban Ledakan Tipe 2.....	90
4.6.1.	Tegangan.....	90
4.6.2.	Regangan.....	94
4.6.3.	<i>Displacement</i>	98
4.6.4.	<i>Peak Particle Velocity</i>	102
4.7	Perbandingan Hasil Beban Ledakan Tipe 3.....	103
4.7.1.	Tegangan.....	103
4.7.2.	Regangan.....	107
4.7.3.	<i>Displacement</i>	111
4.7.4.	<i>Peak Particle Velocity</i>	115
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	116
5.1	Kesimpulan	116
5.2	Saran	117
DAFTAR PUSTAKA		118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kategori Beban Ledakan Menurut NCHRP.....	10
Gambar 2.2	Kurva Tegangan-Regangan pada Beton.....	15
Gambar 2.3	Getaran Periodik.....	16
Gambar 2.4	Getaran Acak.....	16
Gambar 2.5	Getaran Transcient.....	17
Gambar 2.6	Macam-Macam Meshing 3D	18
Gambar 3.1	Struktur Jembatan.....	19
Gambar 3.2	Modul Jembatan.....	20
Gambar 3.3	Permodelan Geometri	21
Gambar 3.4	Permodelan Geometri Struktur Menjadi Solid.....	21
Gambar 3.5	Material Elemen.....	22
Gambar 3.6	Permodelan 3D.....	23
Gambar 3.7	Pembentukan Meshing.....	23
Gambar 3.8	Contoh Bentuk Meshing.....	24
Gambar 3.9	Data Beban Dinamik Ledakan.....	24
Gambar 3.10	Grafik Beban Dinamik Ledakan Terhadap Fungsi Waktu....	24
Gambar 3.11	Titik Nodal Beban Dinamik Ledakan.....	25
Gambar 3.12	Contoh Letak Beban Ledakan	25
Gambar 3.13	Analisis Nilai Eigen.....	26
Gambar 3.14	Hasil dari Analis Nilai Eigen	26
Gambar 3.15	Pemodelan Analisis Kasus.....	27
Gambar 3.16	Contoh Hasil Analisis.....	27
Gambar 4.1	Potongan Memanjang Jembatan.....	28
Gambar 4.2	Potongan Melintang Jembatan.....	28
Gambar 4.3	Tampak Atas Jembatan.....	29
Gambar 4.4	Data Beban Dinamik Ledakan Tipe 1.....	29
Gambar 4.5	Grafik Beban Dinamik Ledakan Tipe 1 Terhadap Fungsi Waktu	30
Gambar 4.6	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan	30
Gambar 4.7	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan	30
Gambar 4.8	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan	35
Gambar 4.9	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan	35
Gambar 4.10	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan	40
Gambar 4.11	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan	40
Gambar 4.12	Data Beban Dinamik Ledakan Tipe 2.....	45
Gambar 4.13	Grafik Beban Dinamik Ledakan Tipe 2 Terhadap Fungsi Waktu	45
Gambar 4.14	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan	46

Gambar 4.15	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan	46
Gambar 4.16	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan	51
Gambar 4.17	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan	51
Gambar 4.18	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan	56
Gambar 4.19	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan	56
Gambar 4.20	Data Beban Dinamik Ledakan Tipe 3.....	61
Gambar 4.21	Grafik Beban Dinamik Ledakan Tipe 3 Terhadap Fungsi Waktu	61
Gambar 4.22	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan	62
Gambar 4.23	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan	62
Gambar 4.24	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan	67
Gambar 4.25	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan	67
Gambar 4.26	Model Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan	72
Gambar 4.27	Blast Load Modelling Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan	72
Gambar 4.28	Kurva Perbandingan Nilai Tegangan Beban Ledakan Tipe 1..	77
Gambar 4.29	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan.....	78
Gambar 4.30	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	79
Gambar 4.31	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	80
Gambar 4.32	Kurva Perbandingan Nilai Regangan Beban Ledakan Tipe 1	81
Gambar 4.33	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan.....	82
Gambar 4.34	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	83
Gambar 4.35	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	84
Gambar 4.36	Kurva Perbandingan Nilai Displacement Beban Ledakan Tipe 1.....	85
Gambar 4.37	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan.....	86
Gambar 4.38	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	87
Gambar 4.39	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	88

Gambar 4.40	Kurva Perbandingan Nilai Peak Particle Velocity Beban Ledakan Tipe 1.....	89
Gambar 4.41	Kurva Perbandingan Nilai Tegangan Beban Ledakan Tipe 2	90
Gambar 4.42	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	91
Gambar 4.43	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	92
Gambar 4.44	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	93
Gambar 4.45	Kurva Perbandingan Nilai Regangan Beban Ledakan Tipe 2	94
Gambar 4.46	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	95
Gambar 4.47	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	96
Gambar 4.48	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	97
Gambar 4.49	Kurva Perbandingan Nilai Displacement Beban Ledakan Tipe 2.....	98
Gambar 4.50	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	99
Gambar 4.51	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	100
Gambar 4.52	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	101
Gambar 4.53	Kurva Perbandingan Nilai Peak Particle Velocity Beban Ledakan Tipe 2.....	102
Gambar 4.54	Kurva Perbandingan Nilai Tegangan Beban Ledakan Tipe 3	103
Gambar 4.55	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan.....	104
Gambar 4.56	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	105
Gambar 4.57	Letak Tegangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	106
Gambar 4.58	Kurva Perbandingan Nilai Regangan Beban Ledakan Tipe 3	107
Gambar 4.59	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan.....	108
Gambar 4.60	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	109
Gambar 4.61	Letak Regangan Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	110
Gambar 4.62	Kurva Perbandingan Nilai Displacement Beban Ledakan Tipe 3.....	111
Gambar 4.63	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan.....	112
Gambar 4.64	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	113

Gambar 4.65	Letak Displacement Maksimum Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	114
Gambar 4.66	Kurva Perbandingan Nilai Peak Particle Velocity Beban Ledakan Tipe 3.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Beban Ledakan Menurut Hatheway dan Kirsch...	11
Tabel 2.2	Konversi Jenis Ledakan Terhadap Faktor TNT.....	11
Tabel 2.3	Limit Batas Peak Particle Velocity Menurut Federal Transit Administration (2006)	17
Tabel 2.4	Limit Batas Peak Particle Velocity Menurut Whiffen (1971)	18
Tabel 2.5	Limit Batas Peak Particle Velocity Menurut AASHTO (1990)	18
Tabel 4.1	Parameter Struktur Jembatan	28
Tabel 4.2	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan	31
Tabel 4.3	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan	32
Tabel 4.4	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan	33
Tabel 4.5	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tepi Bentang Jembatan.....	34
Tabel 4.6	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	36
Tabel 4.7	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan	37
Tabel 4.8	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	38
Tabel 4.9	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	39
Tabel 4.10	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	41
Tabel 4.11	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	42
Tabel 4.12	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	43
Tabel 4.13	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 1 pada Tengah Bentang Jembatan.....	44
Tabel 4.14	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	47
Tabel 4.15	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	48
Tabel 4.16	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	49
Tabel 4.17	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tepi Bentang Jembatan.....	50
Tabel 4.18	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	52
Tabel 4.19	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	53

Tabel 4.20	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	54
Tabel 4.21	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	55
Tabel 4.22	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	57
Tabel 4.23	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	58
Tabel 4.24	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	59
Tabel 4.25	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 2 pada Tengah Bentang Jembatan.....	60
Tabel 4.26	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan	63
Tabel 4.27	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan.....	64
Tabel 4.28	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan.....	65
Tabel 4.29	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tepi Bentang Jembatan.....	66
Tabel 4.30	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	68
Tabel 4.31	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	69
Tabel 4.32	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	70
Tabel 4.33	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Seperempat Bentang Jembatan.....	71
Tabel 4.34	Nilai Tegangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	73
Tabel 4.35	Nilai Regangan Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	74
Tabel 4.36	Nilai Displacement Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	75
Tabel 4.37	Nilai Peak Particle Velocity Simulasi Beban Ledakan Tipe 3 pada Tengah Bentang Jembatan.....	76