

ANALISIS DAN DESAIN *PIER* BETON BERTULANG BERDASARKAN PETA GEMPA SNI 1726-2002 DAN PETA GEMPA INDONESIA 2010

Victor Hotman Lukman Sibuea

NRP: 0721012

Pembimbing : Yosafat Aji Pranata, S.T.,M.T.

ABSTRAK

Korban jiwa akibat gempa bumi tidak langsung disebabkan oleh gempa bumi, namun disebabkan oleh kerentanan bangunan sehingga terjadi keruntuhan bangunan. Karena tingginya kerusakan akibat gempa diperlukan suatu peraturan bangunan yang tahan gempa dengan baik. Dengan demikian, kerusakan akibat bencana alam dapat diminimalkan.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan perencanaan struktur *pier* beton bertulang tahan gempa berdasarkan peraturan SNI 02-1726-2002 dan peta gempa Indonesia 2010 dengan tumpuan jepit dan pegas. Pembahasan meliputi besarnya beban gempa, gaya-gaya dalam, perpindahan, peralihan dan penulangan. Analisis menggunakan bantuan program *SAP2000 nonlinear* versi 14.2.

Dari hasil analisis dengan menggunakan bantuan *software SAP2000*, balok dan kolom yang didesain menggunakan beban gempa berdasarkan peta gempa 2002 dan peta gempa Indonesia 2010 memberikan hasil yang berbeda. Pada tumpuan jepit memiliki perbedaan gaya gempa sebesar 62,05% dan pada tumpuan pegas sebesar 74,81%. Akibat perbedaan gaya gempa yang diterima oleh struktur, maka berpengaruh juga terhadap gaya-gaya dalam.

Kata kunci: Beton bertulang, SNI 02-1726-2002, Peta gempa 2010 dan Desain.

ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE PIER BASED ON SNI 1726-2002 AND INDONESIA 2010 EARTHQUAKE MAPS

Victor Hotman Lukman Sibuea

NRP: 0721012

Guided by : Yosafat Aji Pranata, S.T.,M.T.

ABSTRACT

Losses resulting from the earthquake was not directly caused by earthquakes, but due to the vulnerability of buildings resulting in the collapse of the building. Because of the high damage caused by the earthquake needed an earthquake-resistant building regulations properly. Thus, damage from natural disasters can be minimized.

The purpose of this final project is to design earthquake resistant reinforced concrete structures based on rules SNI 02-1726-2002 and map of Indonesian earthquake 2010 with pedestal clamp and spring. The discussion includes the earthquake load, internal forces, displacement, transformation and reinforcement. Analysis using SAP2000 program assistance nonlinear version 2.14

From the analysis using SAP2000 software assistance, beams and columns are designed using seismic loads based on the earthquake map 2002 and map of earthquakes Indonesia 2010 give different results. On the pedestal clamp has a different style of an earthquake of 62.05% and 74.81% for spring pedestal. Due to differences in earthquake force received by the structure, then the effect also of the internal forces.

Keywords: Reinforced concrete, SNI 02-1726-2002, earthquakes Map 2010 and Design.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Lampiran	xix
Daftar Notasi	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton Bertulang	
2.1.1 Beton	4
2.1.2 Baja	6
2.1.3 Beton Bertulang	7
2.2 <i>Pier</i>	
2.2.1 Definisi <i>Pier</i>	8
2.2.2 <i>Pier</i> Beton Bertulang	11
2.3 Beban Gravitasi	
2.3.1 Beban Mati (Berat Sendiri)	12
2.3.2 Beban Hidup	13
2.3.3 Beban Lalu Lintas	14
2.3.4 Beban <i>Crane</i>	16
2.3.5 Beban Pejalan Kaki	16
2.4.6 Kombinasi Pembebanan	16
2.4 Jenis Tanah dan Perambatan Gelombang Gempa	17
2.5 Peta Gempa Indonesia	
2.5.1 Peta Gempa SNI 1726-2002	19
2.5.2 Peta Gempa Indonesia 2010	25
2.6 Perencanaan <i>Pier</i> Beton Bertulang	
2.6.1 Penulangan Balok	29
2.6.2 Perencanaan Kolom	32

2.7	Pemodelan Tumpuan	
2.7.1	Tumpuan Jepit	34
2.7.2	Tumpuan Pegas	35
2.8	Pemodelan Pegas	
2.8.1	Definisi Pegas	35
2.8.2	Kekakuan Pegas atau Modulus Reaksi Tanah Dasar	35
2.9	<i>Displacement</i> dan <i>Drift</i>	37
2.10	Perangkat Lunak <i>SAP2000 nonlinear</i>	
2.10.1	Material	37
2.10.2	<i>Frame Element</i>	38
2.10.3	Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa	38
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN		
3.1	Model dan Data Struktur	
3.1.1	Data Struktur	39
3.1.2	Wilayah Struktur	40
3.1.3	Data Material	40
3.1.4	Data Pegas	41
3.1.5	Data Tanah	42
3.1.6	Diagram Alir Studi	48
3.1.7	Pemodelan Struktur	49
3.1.8	Pemodelan Beban	56
3.1.9	Pemodelan Tumpuan	71
3.2	Analisis Statik Ekuivalen	
3.2.1	Gaya-gaya Dalam	74
3.2.2	<i>Displacement</i> Pada Titik Join	89
3.2.3	<i>Drift</i> Pada Titik Join	92
3.3	Pembahasan	
3.3.1	Tabel Momen, Geser dan Aksial pada Balok dan Kolom	92
3.3.2	Penulangan Balok	98
3.3.2	Perencanaan Kolom	104
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		
4.1	Kesimpulan	112
4.2	Saran	113
DAFTAR PUSTAKA		114
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	12
Tabel 2.2	Beban Hidup pada Lantai Gedung	13
Tabel 2.3	Jenis-jenis Tanah	17
Tabel 2.4	Spektrum Respon Gempa Rencana	21
Tabel 2.5	Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan	21
Tabel 2.6	Parameter daktilitas struktur gedung	22
Tabel 2.7	Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung	23
Tabel 2.8	<i>Values of site coefficient (F_a)</i>	27
Tabel 2.9	<i>Values of site coefficient (F_v)</i>	27
Tabel 2.10	Tebal Minimum Balok <i>Non-Prategang</i> Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung	29
Tabel 2.11	Nilai Perkiraan k_s Berdasarkan Jenis Tanah	36
Tabel 2.12	Nilai Tipikal untuk k_s Berdasarkan Jenis Tanah	37
Tabel 3.1	Ukuran Penampang Balok dan Kolom	39
Tabel 3.2	Perhitungan Nilai \bar{N} pada Titik Uji 1	43
Tabel 3.3	Perhitungan Nilai \bar{N} pada Titik Uji 2	43
Tabel 3.4	Perhitungan Nilai \bar{N} pada Titik Uji 3	45
Tabel 3.5	Perhitungan Nilai \bar{N} pada Titik Uji 4	45
Tabel 3.6	Perhitungan Nilai \bar{N} pada Titik Uji 5	46
Tabel 3.7	Ukuran Penampang Balok dan Kolom	53
Tabel 3.8	Berat Sendiri Balok	58
Tabel 3.9	Berat Sendiri Kolom	59
Tabel 3.10	Berat Sendiri Balok	61
Tabel 3.11	Berat Sendiri Kolom	61
Tabel 3.12	Besar Beban yang Diberikan pada Struktur	67
Tabel 3.13	Gaya Dalam Aksial pada Kolom Struktur Jepit Peta Gempa 2002	77
Tabel 3.14	Gaya Dalam Aksial pada Balok Struktur Jepit Peta Gempa 2002	77
Tabel 3.15	Gaya Dalam Aksial pada Kolom Struktur Pegas Peta Gempa 2002	78
Tabel 3.16	Gaya Dalam Aksial pada Balok Struktur Pegas Peta Gempa 2002	78
Tabel 3.17	Gaya Dalam Aksial pada Kolom Struktur Jepit Peta Gempa 2010	79
Tabel 3.18	Gaya Dalam Aksial pada Balok Struktur Jepit Peta Gempa 2010	79
Tabel 3.19	Gaya Dalam Aksial pada Kolom Struktur Pegas Peta	

	Gempa 2010	80
Tabel 3.20	Gaya Dalam Aksial pada Balok Struktur Pegas Peta Gempa 2010	80
Tabel 3.21	Gaya Dalam Geser Kolom pada Struktur Jepit Peta Gempa 2002	81
Tabel 3.22	Gaya Dalam Geser pada Balok Struktur Jepit Peta Gempa 2002	81
Tabel 3.23	Gaya Dalam Geser pada Kolom Struktur Pegas Peta Gempa 2002	82
Tabel 3.24	Gaya Dalam Geser pada Balok Struktur Pegas Peta Gempa 2002	82
Tabel 3.25	Gaya Dalam Geser pada Kolom Struktur Jepit Peta Gempa 2010	83
Tabel 3.26	Gaya Dalam Geser pada Balok Struktur Jepit Peta Gempa 2010	83
Tabel 3.27	Gaya Dalam Geser pada Kolom Struktur Pegas Peta Gempa 2010	84
Tabel 3.28	Gaya Dalam Geser pada Balok Struktur Pegas Peta Gempa 2010	84
Tabel 3.29	Gaya Dalam Momen Kolom pada Struktur Jepit Peta Gempa 2002	85
Tabel 3.30	Gaya Dalam Momen pada Balok Struktur Jepit Peta Gempa 2002	85
Tabel 3.31	Gaya Dalam Momen pada Kolom Struktur Pegas Peta Gempa 2002	86
Tabel 3.32	Gaya Dalam Momen pada Balok Struktur Pegas Peta Gempa 2002	86
Tabel 3.33	Gaya Dalam Momen pada Kolom Struktur Jepit Peta Gempa 2010	87
Tabel 3.34	Gaya Dalam Momen pada Balok Struktur Jepit Peta Gempa 2010	87
Tabel 3.35	Gaya Dalam Momen pada Kolom Struktur Pegas Peta Gempa 2010	88
Tabel 3.36	Gaya Dalam Momen pada Balok Struktur Pegas Peta Gempa 2010	88
Tabel 3.37	<i>Displacement</i> pada Struktur Jepit Peta Gempa 2002 dan 2010 (mm)	91
Tabel 3.38	<i>Displacement</i> pada Struktur Pegas Peta Gempa 2002 dan 2010 (mm)	91
Tabel 3.39	<i>Drift</i> pada Struktur Jepit Peta Gempa 2002 dan 2010 (mm)	92
Tabel 3.40	<i>Drift</i> pada Struktur Pegas Peta Gempa 2002 dan 2010 (mm)	92
Tabel 3.41	% Beda Nilai M_{BOT} pada Kolom Struktur Jepit	93
Tabel 3.42	% Beda Nilai M_{BOT} pada Kolom Struktur Pegas	93
Tabel 3.43	% Beda Nilai M_{TOP} pada Kolom Struktur Jepit	94
Tabel 3.44	% Beda Nilai M_{TOP} pada Kolom Struktur Pegas	94
Tabel 3.45	% Beda Nilai P_{AKSIAL} pada Kolom Struktur Jepit	95

Tabel 3.46	% Beda Nilai P_{AKSIAL} pada Kolom Struktur Pegas	95
Tabel 3.47	% Beda Nilai $M_{Tumpuan}$ dan $M_{Lapangan}$ pada Kolom Struktur Jepit	96
Tabel 3.48	% Beda Nilai $M_{Tumpuan}$ dan $M_{Lapangan}$ pada Kolom Struktur Pegas	97
Tabel 3.49	% Beda Nilai Gaya Geser pada Kolom Struktur Jepit	97
Tabel 3.50	% Beda Nilai Gaya Geser pada Kolom Struktur Pegas	97
Tabel 3.51	% Beda Nilai Reaksi Tumpuan pada Struktur Jepit	98
Tabel 3.52	% Beda Nilai Reaksi Tumpuan pada Struktur Pegas	98
Tabel 3.53	Hasil Perhitungan Penulangan Lentur Balok Struktur Jepit	100
Tabel 3.54	Hasil Perhitungan Penulangan Lentur Balok Struktur Pegas	101
Tabel 3.55	Hasil Perhitungan Penulangan Geser Balok Struktur Jepit	102
Tabel 3.56	Hasil Perhitungan Penulangan Geser Balok Struktur Pegas	103
Tabel 3.57	Hasil Perhitungan $\emptyset P_n$ dan $\emptyset M_n$ Kolom Struktur Jepit 2002	108
Tabel 3.58	Hasil Perhitungan $\emptyset P_n$ dan $\emptyset M_n$ Kolom Struktur Pegas 2002	109
Tabel 3.59	Hasil Perhitungan $\emptyset P_n$ dan $\emptyset M_n$ Kolom Struktur Jepit 2010	110
Tabel 3.60	Hasil Perhitungan $\emptyset P_n$ dan $\emptyset M_n$ Kolom Struktur Pegas 2010	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Macam-macam bentuk dari Pier	2
Gambar 2.1	Kurva Tegangan-Regangan	7
Gambar 2.2	Beberapa bentuk <i>pier</i> untuk jembatan <i>fly over</i>	9
Gambar 2.3	Beberapa bentuk <i>pier</i> untuk jembatan yang melintasi sungai	9
Gambar 2.4	Beberapa Bentuk <i>Pier</i> Untuk Jembatan Baja	10
Gambar 2.5	Beberapa Bentuk <i>Pier</i> yang Melintasi Sungai atau Aliran Air	10
Gambar 2.6	Distribusi Tegangan Sesuai Dengan Titik-Titik pada Diagram Interaksi	11
Gambar 2.7	Beban Lajur “D”	15
Gambar 2.8	Pembebanan truk “T” (500 kN)	15
Gambar 2.9	Pembebanan Untuk Pejalan Kaki	16
Gambar 2.10	Respons Spektrum Gempa Rencana	20
Gambar 2.11	Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Periode Ulang 500 Tahun	22
Gambar 2.12	Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 10%	25
Gambar 2.13	Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 10%	26
Gambar 2.14	Respons Spektrum Peta Gempa 2010	28
Gambar 2.15	Diagram Penulangan Balok	30
Gambar 2.16	Diagram Penulangan Kolom	31
Gambar 2.17	Penampang dengan Tulangan Ganda	32
Gambar 2.18	Distribusi Tegangan yang Sesuai dengan Titik pada Diagram Interaksi	33
Gambar 2.19	Gambar Tumpuan Jepit dan Simbolnya	34
Gambar 2.17	Simbol Tumpuan Pegas	35
Gambar 3.1	Gambar <i>Pier</i>	40
Gambar 3.2	Tahanan Arah dan Tahanan Sumbu pada Pegas	41
Gambar 3.3	Kurva Sudut-Rotasi Vs M	42
Gambar 3.4	Diagram Alir Studi	48
Gambar 3.5	<i>New Model initialization</i>	49
Gambar 3.6	<i>Quick Grid Lines</i>	50
Gambar 3.7	<i>Coordinate/grid systems</i>	50
Gambar 3.8	<i>Define Grid System Data</i>	51
Gambar 3.9	<i>Material Property Data Beton</i>	52
Gambar 3.10	<i>Material Property Data Tulangan Utama</i>	52
Gambar 3.11	<i>Material Property Data Tulangan Sengkang</i>	53
Gambar 3.12	<i>Input Balok B1 Peta Gempa 2002 dan 2010 (satuan mm)</i>	54
Gambar 3.13	<i>Input Balok B2 Peta Gempa 2002 dan 2010 (satuan mm)</i>	54
Gambar 3.14	<i>Input Balok B3 Peta Gempa 2002 dan 2010 (satuan mm)</i>	54

Gambar 3.15	<i>Input</i> Balok B4 Peta Gempa 2002 dan 2010 (satuan mm)	55
Gambar 3.16	<i>Input</i> Kolom C1-C4 Peta Gempa 2002 dan 2010 (satuan mm)	55
Gambar 3.17	Penggambaran Balok, Kolom dan Pelat	56
Gambar 3.18	<i>Input</i> Beban	57
Gambar 3.19	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan 1	57
Gambar 3.20	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan 2	57
Gambar 3.21	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan 3	58
Gambar 3.22	Respons Spektrum Wilayah 3	59
Gambar 3.23	Respons Spektrum Peta Gempa 2010	63
Gambar 3.24	Perbandingan Respons Spektrum Peta Gempa 2002 dan 2010	65
Gambar 3.25	Gambar Titik Join	66
Gambar 3.26	<i>Joint Forces</i>	66
Gambar 3.27	Beban-Beban pada Struktur Jepit Peta Gempa 2002	67
Gambar 3.28	Beban-Beban pada Struktur Pegas Peta Gempa 2002	68
Gambar 3.29	Beban-Beban pada Struktur Jepit Peta Gempa 2010	68
Gambar 3.30	Beban-Beban pada Struktur Pegas Peta Gempa 2010	69
Gambar 3.31	Pembebanan pada Titik Join 5 Tumpuan Jepit dan Pegas (Peta Gempa 2002 dan 2010)	69
Gambar 3.32	Pembebanan pada Titik Join 6 Tumpuan Jepit Peta Gempa 2002	70
Gambar 3.33	Pembebanan pada Titik Join 6 Tumpuan Pegas Peta Gempa 2002	70
Gambar 3.34	Pembebanan pada Titik Join 6 Tumpuan Jepit Peta Gempa 2010	70
Gambar 3.35	Pembebanan pada Titik Join 6 Tumpuan Pegas Peta Gempa 2010	71
Gambar 3.36	Simbol Tumpuan Pegas	71
Gambar 3.37	Langkah-Langkah Pemodelan Jepit	72
Gambar 3.38	Pemodelan Jepit	72
Gambar 3.39	Langkah-Langkah Pemodelan Pegas	73
Gambar 3.40	Pengisian Data Pegas (satuan KNm)	73
Gambar 3.41	Langkah-langkah <i>run analyze</i>	74
Gambar 3.42	Pengisian Data Pegas (satuan KNm)	74
Gambar 3.43	Langkah-Langkah untuk Memunculkan Tabel Gaya Dalam	75
Gambar 3.44	Tampilan untuk Memunculkan Tabel Gaya Dalam	75
Gambar 3.45	Tampilan Tabel Gaya Dalam dari Program <i>SAP2000</i>	76
Gambar 3.46	Penamaan Batang (<i>frame</i>)	76
Gambar 3.47	Gambar Keterangan untuk <i>Displacement</i> dan <i>Drift</i>	89
Gambar 3.48	Langkah-Langkah untuk Memunculkan Tabel <i>Joint Displacement</i>	90
Gambar 3.49	Tampilan untuk Memunculkan Tabel <i>Joint Displacement</i>	89
Gambar 3.50	Tampilan <i>Joint Displacement</i> dari Program <i>SAP2000</i>	90
Gambar 3.51	Lokasi M_{TOP} dan M_{BOT} pada Struktur	93

Gambar 3.52	Gambar Gaya Dalam Aksial pada Struktur	94
Gambar 3.53	Gambar Gaya Dalam Momen pada Struktur	96
Gambar 3.54	Langkah-Langkah untuk Memunculkan Tabel A _s Perlu dari Program <i>SAP2000</i>	98
Gambar 3.55	Memilih Tabel yang akan Ditampilkan	99
Gambar 3.56	Tampilan Tabel A _s dari <i>SAP2000</i>	99
Gambar 3.57	Tulangan Sengkang	102
Gambar 3.58	Tulangan Sengkang	103
Gambar 3.59	<i>Column Material Parameters</i>	104
Gambar 3.60	<i>New Model</i>	104
Gambar 3.61	<i>Input Satuan</i>	105
Gambar 3.62	<i>Shape Editor</i>	106
Gambar 3.63	<i>Input Tebal Selimut Beton</i>	106
Gambar 3.64	Tampilan Untuk Memasukkan Beban	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Penulangan Balok	116
Lampiran 2	Diagram Interaksi	121
Lampiran 3	Analisis Ukuran Penampang Baru Untuk Peta Gempa 2010	138
Lampiran 4	Data SPT	158

DAFTAR NOTASI

A_0	: Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa rencana
A_g	: Luas bruto penampang, mm ²
A_m	: Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa Maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana
A_s	: Luas tulangan yang diperlukan, mm ²
A_{smin}	: Luas tulangan minimum, mm ²
A_{smax}	: Luas tulangan maksimum, mm ²
A_{st}	: Luas total tulangan longitudinal, mm ²
A_v	: Luas tulangan, mm ²
bw	: Lebar badan atau diameter penampang lingkaran, mm
C	: Faktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi
C_s	: Koefisien respon seismik
C_l	: Nilai faktor respons gempa yang didapat dari spektrum respons gempa rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung
d	: Tinggi efektif penampang, mm
DL	: Beban Mati/Berat Sendiri
E	: Beban Gempa
E_c	: Modulus elastisitas beton, MPa
E_s	: Modulus elastisitas baja, Mpa
F_a	: Koefisien perioda pendek
F_v	: Koefisien perioda pendek
f_c	: Kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa
f_y	: Kuat leleh tulangan yang disyaratkan, MPa
f_{yh}	: Kuat leleh tulangan transversal yang disyaratkan, MPa
g	: Percepatan gravitasi
h	: Tebal total komponen struktur, mm
h_i	: Ketinggian lantai tingkat ke-i, diukur dari taraf penjepitan lateral

I	: Faktor keutamaan gedung
k	: Eksponen yang terkait untuk periode struktur
L	: Panjang bentang, mm
LL	: Beban Hidup
M_u	: Momen terfaktor pada penampang, Nmm
P_n	: Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan, N
P_u	: Beban aksial terfaktor, N
P _{LL}	: Beban Pejalan Kaki
R	: Faktor Reduksi Gempa
R	: Faktor Reduksi Gempa Maksimum
s	: Jarak antar sengkang, mm
S_s	: Nilai spektra percepatan untuk periode pendek 0,2 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010
S_s	: Nilai spektra percepatan untuk periode pendek 1,0 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010
SDL	: Beban Mati Tambahan
S_{DS}	: Respon Spektra Percepatan Desain Untuk Perioda pendek
S_{D1}	: Respon Spektra Percepatan Desain Untuk Perioda 1,0 detik
S_{MS}	: <i>The maximum considered earthquake spectral response accelerations for short periods</i>
S_{M1}	: <i>The maximum considered earthquake spectral response accelerations for 1-second periods</i>
T	: Waktu getar alami struktur, detik
V	: Gaya Geser Dasar Nominal Statik Ekuivalen
W_t	: Berat Total Stuktur
γ_{beton}	: Berat jenis beton
μ	: Faktor daktilitas struktur gedung
μ_m	: Faktor daktilitas maksimum
ρ	: Rasio tulangan tarik non-prategang
ρ'	: Rasio tulangan tekan non-prategang