

**ANALISIS KINERJA GEDUNG DENGAN SISTEM *TUBE* JENIS
STRUKTUR *FRAME TUBE* DAN *TRUSSED TUBE* TERHADAP GEMPA**

TUGAS AKHIR

REKA APRELIA

111.15.008



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG**

KOTA DELTAMAS

2019

**ANALISIS KINERJA GEDUNG DENGAN SISTEM *TUBE* JENIS
STRUKTUR FRAME TUBE DAN TRUSSED TUBE TERHADAP
GEMPA**

TUGAS AKHIR

REKA APRELIA

111.15.008

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS**

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KINERJA GEDUNG DENGAN SISTEM *TUBE* JENIS
STRUKTUR FRAME TUBE DAN TRUSSED TUBE TERHADAP
GEMPA**

TUGAS AKHIR

REKA APRELIA

111.15.008

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Sipil

Menyetujui,

Pembimbing 2

Pembimbing 2

Ilham Yunus, S.T., M.T

NIP. 19840703201704541

Siswanti Zuraida, S.Pd., M.T

NIP. 19900305201510508

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil,

Ir. L. Bambang Budi Prasetyo, M.T.

NIP. 19731106201510501

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang di kutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Reka Aprelia
NIM : 111.18.008
Tanda Tangan :
Tanggal : 28 Agustus 2019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala kebaikanNya, karena atas rahmat dan berkat Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi sala satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Tugas Akhir ini disusun dengan melewati beberapa tahapan yang melibatkan berbagai pihak sebagai pendukung. Untuk itu saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kami dalam proses penyusunan laporan ini :

1. Orang tua yang selalu mendukung dan mengerti saya baik secara moril maupun materil.
2. Bapak L. Bambang Budi Prasetyo, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik sipil Institut Teknologi Dan Sains Bandung.
3. Bapak Ilham Yunus, M.T selaku Dosen Pembimbing yang sabar membimbing saya selama Tugas Akhir dan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Siswanti Zuraida, M.T. selaku Dosen Pembimbing selama Tugas Akhir dan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Annisa, M.T. yang telah banyak membimbing selama pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Kaka dan adik saya teh Wiwi, a Sandi, dan Asti yang slalu memberi dukungan serta semangat kepada saya.
7. Sahabat terbaik saya Desi, Fitri, Diaz, Nida dan Rita yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk tetap kuat.
8. Gadis Sipil Saskia, Bella, Ega, Tita dan Fanny yang selalu membantu dan menghibur di saat-saat saya merasa sulit.
9. Teman-teman Teknik Sipil ITSb dari semua angkatan atas segala dukungan dan bantuannya.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu penyusun, baik secara moril maupun materil, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Bekasi, Agustus 2019

Reka Aprelia

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi Sains Bandung, saya yakin bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reka Aprelia
NIM : 111.15.008
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS KINERJA GEDUNG DENGAN SISTEM *TUBE*
JENIS STRUKTUR FRAME TUBE DAN TRUSSED TUBE
TERHADAP GEMPA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota deltamara

Pada tanggal : 28 Agustus 2019

Yang menyatakan,

(Reka Aprelia)

Abstrak

Indonesia berada zona rawan gempa, oleh karna itu bangunan di Indonesia harus dirancang tahan terhadap gempa. Sala satu sistem struktur untuk gedung tinggi yang mampu menahan beban lateral baik gempa maupun angin adalah sistem *tube*. Sistem *Tube* adalah sistem struktur ruang 3D yang memanfaatkan keseluruhan perimeter luar bangunan sebagai sistem struktur penahan lateral dengan cara memanfaatkan struktur kolom eksterior dalam menahan beban lateral. Namun sistem ini belum dijelaskan secara terperinci di standar acuan Indonesia. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pentingnya penggunaan *Tube System* serta membandingkan kinerja *tube system* tipe *frame tube* dan tipe *trussed tube*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis static non-linear (*pushover*) dengan menggunakan software SAP 2000 yang akan dijelaskan pada FEMA 356.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan adalah perpindahan horizontal yang terjadi masih berada di bawah batas maksimum sebesar 2% atau 4490 mm maka sistem struktur *tube* mempunyai kemampuan menahan deformasi akibat beban gempa yang sangat baik dengan level kinerja yang untuk masing-masing sistem struktur adalah *life safety* (LS) untuk *moment frame* dan *immediate occupancy* (IO) untuk *mega trussed* dan berdasarkan periode struktur serta berat struktur pada masing-masing sistem tipe *mega trussed* memiliki kekakuan yang lebih besar dan lebih ekonomis dibandingkan tipe *moment frame*.

Kata Kunci: FEMA 356, Level Kinerja, Pushover Analysis, SAP2000, Sistem Tube

Abstract

Indonesia is in an earthquake-prone zone, therefore buildings in Indonesia must be designed to withstand earthquakes. One structural system for tall buildings that can withstand both lateral and wind loads is the tube system. The Tube system is a 3D space structure system that utilizes the entire outside perimeter of the building as a lateral restraint structure system by utilizing the exterior column structure to resist lateral loads. However, this system has not been explained in detail in the Indonesian reference standard. Therefore this study aims to determine the importance of using the Tube System and compare the performance of the tube system type of frame tube and trussed tube type. The method used in this research is the static non-linear (pushover) analysis method using SAP 2000 software which will be explained in FEMA 356.

The results of the research that have been carried out is that horizontal displacement which is still below the maximum limit of 2% or 4490 mm, the tube structure system has the ability to withstand deformation due to earthquake load with a very good level of performance for each structural system is life safety (LS) for moment frame and immediate occupancy (IO) for mega trussed and based on the period of the structure and structure weight in each mega trussed type system has greater rigidity and is more economical than the type of moment frame.

Keywords: FEMA 356, Performance Level, Pushover Analysis, SAP2000, Tube System

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
KATA PENGANTAR	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
Abstrak	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup Kajian dan Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bangunan Tinggi.....	5
2.1.1 Prespektif Sejarah	5
2.1.2 Klasifikasi Bangunan Tinggi	6
2.1.3 Perkembangan Struktur Bangunan Tinggi.....	7
2.1.4 Tube system	8
2.2 Analisa Struktur Non Linier.....	14
2.2.1 Konsep Perancangan	14
2.2.2 Mekanisme Keruntuhan	16
2.2.3 Analisis Statik Pushover	17
2.2.4 Target Perpindahan	18
BAB 3	20
METODELOGI PENELITIAN	20
3.1 Standar dan Peraturan	21
3.2 Performance Kriteria.....	21
3.3 Pemodelan Struktur.....	23
3.4 Pembebanan Struktur	25

3.4.1 Beban Mati.....	25
3.4.2 Beban Hidup	26
3.4.3 Beban gempa.....	26
3.5 Kombinasi Pembebanan.....	29
3.6 Analisis dan Desain elastis Struktur	30
3.7 Analisis Kinerja Struktur	31
3.8 Analisis Statik <i>Pushover</i>	33
BAB 4	34
ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR TIPE <i>FRAME TUBE</i>	34
4.1 Pemodelan Struktur.....	34
4.2 Aplikasi Pembebanan Pada Model	36
4.2.1 Beban Mati.....	36
4.2.2 Beban Mati Tambahan	36
4.2.3 Beban Hidup	37
4.2.4 Beban Gempa.....	37
4.3 Analisis Struktur	38
4.4 Analisis Modal	42
4.5 Evaluasi Beban Gempa	44
4.6 Evaluasi Kinerja Struktur.....	45
4.7 Rekapitulasi Dimensi Struktur	47
BAB 5	48
ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR TIPE <i>MEGA TRUSSED</i>	48
5.1 Pemodelan Struktur.....	48
5.2 Aplikasi Pembebanan Pada Model	50
5.2.1 Beban Mati.....	50
5.2.2 Beban Mati Tambahan	50
5.2.3 Beban Hidup	51
5.2.4 Beban Gempa.....	51
5.3 Analisis Struktur	52
5.4 Analisis Modal	54
5.5 Evaluasi Beban Gempa	56
5.6 Evaluasi Kinerja Struktur.....	57
5.7 Rekapitulasi Dimensi Struktur	58
BAB 6	60
PEMODELAN INELASTIS STRUKTUR.....	60
6.1 Model Inelastis Elemen Struktur	60

6.2 Model Inelastis Balok	63
6.3 Model Inelastis Kolom.....	64
6.4 Model Inelastis Bracing (Mega Trussed).....	64
BAB 7	66
ANALISIS KINERJA STRUKTUR.....	66
7.1 Umum	66
7.2 Hasil Analisis Statik <i>Pushover</i>	66
7.3.1 Penentuan Level Kinerja.....	69
7.3.2 Displacement Coefisicient Method (FEMA 356).....	69
BAB 8	80
KESIMPULAN	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Evolusi Bangunan Bertingkat Tinggi.....	6
Gambar 2.2 Perbedaan Struktur Berdasarkan Perbedaan Tinggi.....	7
Gambar 2.3 Petronas Towers, Kuala Lumpur, Malaysia.....	9
Gambar 2.4 Tata Ruang Denah Lantai Dasar Menara Petronas.....	9
Gambar 2.5 Rencana Tata Ruang Lantai 42 Menara Petronas.....	10
Gambar 2.6 Rencana Tata Ruang Lantai 80 Menara Petronas.....	10
Gambar 2.7 World Trade Center, New York City .. Error! Bookmark not defined.	10
Gambar 2.8 Tata Letak Lantai Khas Untuk WTC2.....	11
Gambar 2.9 John Hancock Center di Chicago.....	12
Gambar 2.10 Willis Towers, Chicago, Illinois, U.S.A.....	12
Gambar 2.11 Sistem Tabung Terpadu Dalam Willis Towers.....	13
Gambar 2.12 One World Trade Center.....	13
Gambar 2.13 432 Park Avenue.....	14
Gambar 2.14 Mekanisme Keruntuhan Gedung.....	17
Gambar 3.1 Hubungan Beban Dengan Perindahan Pada Sendi.....	22
Gambar 3.2 Desain Gedung Eksisting (3D)..... Error! Bookmark not defined.	24
Gambar 3.3 Denah Lokasi Bangunan Gedung.....	24
Gambar 3.4 Tampak Samping.....	25
Gambar 3.5 Peta Spektra 0,2 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun.....	27
Gambar 3.6 Peta Spektra 1 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun.....	27
Gambar 3.7 Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Respon Gempa.....	28
Gambar 3.8 Perilaku Inelastis Struktur.....	31
Gambar 3.9 Definisi Daktilitas.....	32
Gambar 4.1 Geometri Struktur.....	34
Gambar 4.2 Perletakan Kolom Interior Sendi.....	36
Gambar 4.3 Beban SIDL.....	37
Gambar 4.4 Beban Hidup.....	37
Gambar 4.5 Respon Spektrum Gempa Rencana.....	38
Gambar 4.6 Output Dari Pemodelan Awal.....	38
Gambar 4.7 Posisi Kolom Tinjauan.....	39
Gambar 4.8 Output Dari Pemodelan Kedua.....	41
Gambar 4.9 Grafik Total Drift Terhadap Ketinggian Bangunan Arah X.....	45
Gambar 4.10 Grafik Total Drift Terhadap Ketinggian Bangunan Arah Y.....	46
Gambar 5.1 Geometri Struktur.....	48
Gambar 5.2 Beban SIDL.....	51
Gambar 5.3 Beban Hidup.....	51
Gambar 5.4 Respon Spektrum Gempa Rencana.....	52
Gambar 5.5 Posisi Kolom Tinjauan.....	52
Gambar 5.6 Grafik Total Drift Terhadap Ketinggian Bangunan (Arah X).....	57
Gambar 5.7 Grafik Total Drift Terhadap Ketinggian Bangunan (Arah Y).....	58
Gambar 6.1 Idealisasi Sendi Plastis (a) Seri. (b) Pararel.....	61
Gambar 6.2 Kolom Pelengkung Ganda Model Satu Komponen.....	61
Gambar 6.3 Contoh Input Sendi Plastis Balok Berdasarkan FEMA 356.....	63
Gambar 6.4 Sendi Plastis Balok Pada Program.....	64
Gambar 6.5 Sendi Plastis Kolom Pada Program.....	64

Gambar 7.1 Kurva Hubungan Gaya Geser Dasar Dengan Perpindahan Struktur <i>Momen Frame Arah X</i>	66
Gambar 7.2 Kurva Hubungan Gaya Geser Dasar Dengan Perpindahan Struktur <i>Momen Frame Arah Y</i>	67
Gambar 7.3 Kurva Hubungan Geser Dasar dan Perpindahan Struktur <i>Mega Trussed</i> <i>Arah-X</i>	67
Gambar 7.4 Kurva Hubungan Geser Dasar dan Perpindahan Struktur <i>Mega Trussed</i> <i>Arah-Y</i>	67
Gambar 7.5 Analisa Kurva Bilinier Untuk Target Perpindahan <i>Moment Frame</i> <i>Arah-X</i>	68
Gambar 7.6 Analisa kurva Bilinier Untuk Target Perpindahan <i>Moment Frame</i> <i>Arah-Y</i>	68
Gambar 7.7 Analisa Kurva Bilinier Untuk Target Perpindahan <i>Mega Trussed</i> <i>Arah-X</i>	68
Gambar 7.8 Analisa Kurva Bilinier Untuk Target Perpindahan <i>Mega Trussed</i> <i>Arah-Y</i>	69
Gambar 7.9 Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif Dari Kurva <i>Pushover</i>	70
Gambar 7.10 Perilaku Pasca Leleh Sistem Struktur.....	71
Gambar 7.11 Skema Perhitungan <i>Displacement Coefisient Method</i>	71
Gambar 7.12 Spektrum Kapasitas Arah Gempa X.....	72
Gambar 7.13 Spektrum Kapasitas Arah Gempa Y.....	72
Gambar 7.14 Formasi Sendi Plastis Push Arah X (a) Step 31. (b) Step 49. (c) Step 77. (d) <i>Performance Point</i>	73
Gambar 7.15 Formasi Sendi Plastis Push Arah Y (a) Step 25. (b) Step 53. (c) Step 63. (d) <i>Performance Point</i>	74
Gambar 7.16 Kondisi <i>Backbone Curve</i> Pada Kolom Berada Pada Kondisi Elastik..	75
Gambar 7.17 Kondisi <i>Backbone Curve</i> Pada Kolom Berada Pada Kondisi <i>Performance Point</i>	75
Gambar 7.18 Kondisi <i>Backbone Curve</i> Pada Kolom Berada Pada Kondisi <i>Collapse</i>	75
Gambar 7.19 Spektrum Kapasitas Arah Gempa X.....	76
Gambar 7.20 Spektrum Kapasitas Arah Gempa Y.....	76
Gambar 7.21 Formasi Sendi Plastis Push Arah X (a) Step 1. (b) Step 20. (c) Step 63. (d) <i>Performance Point</i>	77
Gambar 7.22 Formasi Sendi Plastis Push Arah Y (a) Step 1. (b) Step 19. (c) Step 54. (d) <i>Performance Point</i>	78
Gambar 7.23 Kondisi <i>Backbone Curve</i> Pada Kolom Berada Pada Kondisi Elastik..	79
Gambar 7.24 Kondisi <i>Backbone Curve</i> Pada Kolom Berada Pada Kondisi <i>Performance Point</i>	79
Gambar 7.25 Kondisi <i>Backbone Curve</i> Pada Kolom Berada Pada Kondisi <i>Collapse</i>	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Building performance level</i>	15
Tabel 3.1 Factor Reson Gempa (S_a)	28
Tabel 3.2 Kombinasi Pebebanan	29
Tabel 3.3 Persyaratan Masing-Masing Tingkat Yang Menahan Lebih Dari 35% Gaya Geser Dasar	30
Tabel 4.1 <i>Preliminary</i> Dimensi Penampang	35
Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Kolom Interior Setelah Optimasi	40
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Kolom Tepi Setelah Optimasi	40
Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Balok Setelah Optimasi	40
Tabel 4.5 Nilai Batas Simpangan	41
Tabel 4.6 Partisipasi Massa	42
Tabel 4.7 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	43
Tabel 4.8 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung	43
Tabel 4.9 Perioda Struktur	43
Tabel 4.10 Pengecekan Gaya Geser Sebelum Dikoreksi	45
Tabel 4.11 Rekapitulasi Dimensi Kolom Tepi	46
Tabel 4.12 Rekapitulasi Dimensi Kolom Interior	47
Tabel 4.13 Rekapitulasi Dimensi Balok	47
Tabel 5.1 <i>Preliminary</i> dimensi Penampang	49
Tabel 5.2 Nilai Batas Simpangan	53
Tabel 5.3 Partisipasi Massa	54
Tabel 5.4 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	55
Tabel 5.5 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung	55
Tabel 5.6 Perioda Struktur	56
Tabel 5.7 Pengecekan Gaya Geser Sebelum Dikoreksi	57
Tabel 5.8 Rekapitulasi Dimensi Kolom Interior	58
Tabel 5.9 Rekapitulasi Dimensi Kolom Tepi	59
Tabel 5.10 Rekapitulasi Dimensi Balok	59
Tabel 5.11 Rekapitulasi Dimensi <i>Mega Trussed</i>	59
Tabel 6.1 Level Kinerja Balok Dan Kolom Baja	62
Tabel 6.2 Level Kinerja <i>Bracing</i> Baja	63

DAFTAR NOTASI

DL	= Beban mati, termasuk SIDL
LL	= Beban hidup
EX	= Beban gempa arah-x
EY	= Beban gempa arah-y
E	= Pengaruh beban seismic
E_v	= Pengaruh beban seismic vertical
E_h	= Pengaruh beban seismic horizontal
Q	= Pengaruh gaya seismic horizontal dari V atau F_p
ρ	= Faktor redundansi
S_{DS}	= Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek
P_x	= beban desain vertical total pada dan diatas tingkat x (kN)
Δ	= simpangan antar lantai tingkat desain (mm)
I_e	= factor keutamaan gempa
V_x	= gaya geser seismic yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)
h_{sx}	= tinggi tingkan dibawah tingkat x (mm)
C_d	= factor pembesaran defleksi
T_e	= waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi inelastis.
C_0	= koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spektral menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama (first mode participation factor) atau berdasarkan Tabel 3-2 dari FEMA 356.
C_1	= faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier.
	= 1.0 untuk $T_e \geq T_s$
	= $\frac{[1.0 + \frac{(R-1)T_s}{T_e}]}{R}$ untuk $T_e < T_s$

- T_s = waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.
- R = rasio “kuat elastik perlu” terhadap “koefisien kuat leleh terhitung”.
- $$R = \frac{S_a}{\bar{v}_y/W} C_m$$
- S_a = akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.
- V_y = gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva pushover menjadi bilinier.
- W = total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.
- C_m = faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 dari FEMA 356.
- C_2 = koefisien untuk memperhitungkan efek “*pinching*” dari hubungan beban-deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan, berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356.
- C_3 = koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P-delta. Koefisien diperoleh secara empiris dari studi statistik analisa riwayat waktu non-linier dari SDOF dan diambil berdasarkan pertimbangan *engineering judgement*, dimana perilaku hubungan gaya geser dasar–lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka $C_3 = 1$, sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka
- $$C_3 = 1.0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e}$$
- α = rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurva bilinier (lihat waktu getar efektif).
- g = percepatan gravitasi 9.81 m/det^2 .