

**ASESMEN KONDISI STRUKTUR GEDUNG BULOG DIVISI
REGIONAL JAYAPURA PROVINSI PAPUA
PASCA KEBAKARAN**

*The structural condition assessment of the post-fire
bulding of National Logistics Agency,
Jayapura Region Division, Papua Province*

TESIS

**Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Gelar Megister Teknik**



Disusun Oleh:

**SAUL RONSUMBRE
S941302023**

**MAGISTER TEKNIK SIPIL
TEKNIK REHABILITASI DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA**

com/2015 user

**ASESMEN KONDISI STRUKTUR GEDUNG BULOG DIVISI
REGIONAL JAYAPURA PROVINSI PAPUA**



TESIS

Oleh

**SAUL RONSUMBRE
S941302023**

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing:

Tim Pembimbing:

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	<u>Dr. Ir. AP. Rahmadi.MS</u> NIP. 19590320 1988031 002	
Pembimbing II	<u>Prof. SA Kristiawan, S.T., Msc., Ph.D</u> NIP. 19690501199512 1 001	

Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal, Desember 2014

Mengetahui:
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil



Dr. Ir. Mamok Suprpto, M. Eng
NIP. 195107101981031003


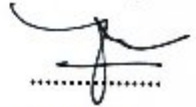

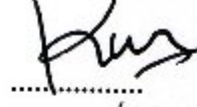
ASESMEN KONDISI STRUKTUR GEDUNG BULOG DIVISI REGIONAL JAYAPURA PROVINSI PAPUA PASCA KEBAKARAN

TESIS

Oleh:
SAUL RONSUMBRE
S941302023

Telah dipertahankan di depan Penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal.....Februari 2015

Tim Penguji:

<u>Jabatan</u>	<u>Nama</u>	<u>Tanda Tangan</u>
Ketua	<u>Dr.Eng. Ir. Syafi'i, MT.</u> NIP. 19670602 199702 1 001	
Sekretaris	<u>Dr.techn. Ir. Sholihin As'ad, M.T.</u> NIP. 19671001 199702 1 001	
Penguji I	<u>Dr. Ir. AP. Rahmadi, M.S.</u> NIP. 19590320 198803 1 001	
Penguji II	<u>Prof. SA. Kristiawan, M.Sc.,Ph.D.</u> NIP. 19690501 199512 1 001	

Mengetahui:


 Direktur Program
Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, M.S.
 NIP. 19610717 198601 1 001

Ketua Program Studi
Magister Teknik Sipil


Dr. Ir. Mamok Suprpto, M. Eng.
 NIP. 19510710 198103 1 003

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Saul Ronsumbre

Nim : S941302023

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul:

ASESMEN KONDISI STRUKTUR GEDUNG BULOG DIVISI REGIONAL JAYAPURA PROVINSI PAPUA PASCA KEBAKARAN

Adalah betul-betul karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, tertulis dalam tersebut, diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam Daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan tesis dan gelar yang saya peroleh dari gelar tersebut.

Surakarta,.....2014

Yang membuat pernyataan




Saul Ronsumbre

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan rasa syukur kepada Allah YEHUWA, sang pemberi kehidupan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis dengan judul Asesmen Kondisi Struktur Gedung Bulog Divisi Regional Jayapura Provinsi Papua dengan bantuan dari berbagai pihak dalam penulisan tesis ini.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, M . S., Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Dr. Ir . Mamok Suprpto. M. Eng., Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta,
3. Dr.E.ng. Ir. Syafii, MT., Sekertaris Program Studi Magister teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Dr. Ir. Agus P. Rahmadi, MSCE, Ph.D selaku Pembimbing Utama.
5. Prof. Stefanus Adi Kristiawan, ST, M.sc, Ph.D. selaku Pembimbing Kedua.
6. Ir.Mikael Kambuaya Kepala Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Papua yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk mengikuti pendidikan.
7. Bambang Rubiyanto,SE Kepala Bidang UPTD Balai Pengujian Dan Laboratoriu sebagai atasan langsung dari penulis yang juga banyak memberikan dorongan dan motifasi.
8. Istriku Fransina Yarangg (Alm) sebagai orang terdekat yang selalu setia dalam memberi motifasi kepada dalam mengikuti proses belajar.
9. Yolis Ronsumbre yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
10. Melki Ronsumbre,SE sebagai pemberi ide dalam kerangka pengumpulan data
11. Magdalena Ronsumbre,SE sebagai pemberi dorongan dan motifasi kepada penulis
12. Keluarga besar Ronsumbre di jalan sekolah
13. bapak dan ibu Adrianus Ronsumbre dan Naomi Yarangga (Alm)
14. Dafit Fitriadi,Burhan Budi, Yohanes Meluk sebagai pemberi inspirasi.

15. Citra Hasmawati yang senantiasa selalu mendukung lewat doa kepada penulis selama penulis melakukan penelitian
16. Yuliana Mariana Imaculata, si pemberi semangat setiap saat ketika penulis mengalami masalah dalam menempuh pendidikan.
17. Sri Marlin Herawati Sitorus, yang selalu mendukung penulis saat pengumpulan data.
18. Sri Rejeki yang selalu mendukung penulis dalam proses pengurusan administrasi selama penulis mengikuti pembelajaran
19. Agus susilo yang setia mau meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam proses administrasi
20. Yanuar yang juga selalu mendukung penulis jika penulis mengalami kendala selama mengikuti proses belajar,
21. Bang Ali yang selalu setia menemani penulis setiap berkonsultasi
22. Rekan-rekan Magister Teknik rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Angkatan 2013.
23. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini, yang tidak dapat penulis sebutkan secara satu persatu.

Semoga semua bantuan yang telah Bapak-Ibu berikan mendapat balasan yang setimpal dari sang pencipta khalik langit dan bumi.

Penulis

Saul Ronsumbre 2013, *Asesmen Kondisi Struktur Gedung Bulog Divisi Regional Jayapura Provinsi Papua. Pasca Kebakaran*. TESIS. Pembimbing 1: Dr. Ir . AP.Rahmadi, MS, II: Prof. SA. Kristiawan, S.T., M.Sc., Phd. Program studi Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil, Program Pasca Sarjana, Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta.

ABSTRAK

Asesmen kondisi struktur gedung bulog divisi regional Jayapura Provinsi Papua pascakebakaran dilakukan untuk mendapatkan bagaimana pola peyebaran suhu terhadap kinerja struktur yang meliputi: a) simpangan (inter story drift), b) tegangan geser pada kaki struktur kolom, c) lentur dan geser pada balok. Kebakaran gedung bulog divisi regional Jayapura Provinsi Papua di jalan Ahmad Yani Kotamadya Jayapura Pada 15 Maret 2012 selama lebih kurang 3 jam. Kejadian ini mengakibatkan kerusakan pada komponen bangunan utama yang terdiri dari, kolom, balok dan lantai. Komponen tersebut terbuat dari beton dan baja tulangan dengan beragam dimensi maupun kekuatan *strength* dan *stess*. Karena komponen tersebut mengalami peningkatan suhu akibat kebakaran, maka kemungkinan terjadi degradasi kekuatan *strength* dan *stess* yang berbeda pada tiap komponen utama. Hal tersebut menimbulkan suatu keraguan dalam penggunaan Gedung Tersebut pasca kebakaran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui a).sejauh mana pola penyebaran suhu terhadap struktur. b). mengetahui sejauh mana akibat pengaruh suhu kebakaran terhadap kondisi struktur. c). Mengetahui kinerja struktur.

Metode penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder . Mengamati pola penyebaran suhu terhadap struktur,kondisi struktur setelah kebakaran dan kinerja struktur akibat kebakaran. Tahapan analisis meliputi: a).Studi lapangan. b) mengimput data c). analisa data d). hasil e). evaluasi dan f). rekomendasi. Evaluasi kinerja struktur berdasarkan data primer dengan kondisi eksisting dan membandingkan hasil analisis struktur terhadap data sekunder menggunakan Program ETABS v 9.6.0. Evaluasi kinerja struktur eksisting dilakukan dengan dua metode analisis yaitu: a) kolom analisis simpangan(inter story drift) dan tegangan geser pada kaki kolom b). balok analisis tegangan lentur dan tegangan geser. Hasil evaluasi kinerja struktur eksisting dapat dicek dengan menggunakan Standar SNI 03-1726-2002.

Dari hasil analisis ETABS dan dilakukan perhitungan terhadap kekuatan penampang struktur balok lantai 2 dan ring balk lantai 3,didapati bahwa kondisi struktur balok pada lantai 2 dan ring balk pada lantai 3 dengan tegangan mutu beton rata-rata sisa kekuatan 67 persen. Akibat Pengaruh pola penyebaran suhu, efek suhu dengan suhu 300°C saat kebakaran pada struktur Gedung Bulog Divisi Regional Jayapura Provinsi Papua menunjukkan bahwa, kekuatan penampang balok pada struktur gedung dinyatakan tidak aman terhadap tegangan lentur dan geser.

Kata kunci: Pengamatan suhu, pengujian non deskstruktif (*Hammer Test*), permodelan ETABS v.9.6.0.dan Evaluasi kinerja.

commit to user

Saul Rosumbre. **Structural Condition Assessment of the Post-Fire Building of National Logistics Agency, Jayapura Regional Division, Papua Province Thesis:** Advisor: Dr. Ir. AP. Rahmadi, MS., Co-advisor: Prof. SA. Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. The Graduate Program in Civil Building Rehabilitation and Maintenance Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta 2013.

ABSTRACT

The structural condition assessment of the post-fire building of National Logistics Agency, Jayapura Regional Division, Papua Province was done to obtain how the temperature distribution pattern was toward the structural performances of: a) inter-story drift; b) shear stress of the column structure bases; and c) the bending stress and shear stress of beams. The buildings National Logistics Agency located on Jalan Ahmad Yani, Jayapura Municipality were on fire for approximately three hours on March 15th, 2012. This incident damaged the components of the main building, namely: columns, beams, and floors. The components were made of concrete and reinforcing steel with various dimensions and strengths as well as stresses. Due to the increase in temperature, a different degradation of strength and stress on each of the main components was possibly present. As a result, some doubt was cast on the use of the post-fire building. The objective of this research is to investigate: (1) the temperature distribution toward the structure of the building; (2) the effect of fire temperature on the structural condition of the building; and (3) the structural performance of the building.

The primary and secondary data of research were collected for the observation of temperature distribution pattern toward structure of the building, structural condition of the post-fire building, and structural performance due to the fire. The phases of analysis included: (a) field study, (b) data imputation, (c) data analysis, (d) result of analysis; (e) evaluation; and (f) recommendation. The evaluation of structural performance was done based on the primary data with the existing condition, and the result of structural analysis was then compared with that of the secondary data by using the computer program of ETABS v.9.6.0. The evaluation on the structural performance of the existing was done by two methods of analysis, namely: (a) analysis of inter-story drift and shear stress of the column structure bases; and analysis of bending stress and shear stress of the beams by using Indonesian National Standard 03-1726-2002.

Based on the result of analysis with ETABS, calculation was done on the strength of beam structural section of the second floor and the ring beams of the third floor. The result of research shows that the structural condition of beams of the second floor and the ring beams of the third floor have the remaining concrete stress average of 67 percent. The result of the temperature distribution pattern and the effect of temperature of 300⁰C during the fire on the structure of the building of National Logistics Agency, Jayapura Regional Division, Papua Province indicate that the strength of the beam structural section of the structure of the building is not safe for the bending stress and shear stress.

Keywords: Observation of temperature distribution pattern, non-destructive test (hammer test), modeling with ETABS v.9.6.0 and evaluation of structural performance

commit to user

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul Assesmen Kondisi Struktur Gedung Bulog Divisi regional Jayapura Provinsi Papua Pasca Kebakaran. Tesis ini, sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan pendidikan Program Pasca Sarjana pada bidang keahlian Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Tesis ini mengangkat permasalahan tentang Efek suhu kebakaran terhadap kinerja struktur Gedung Bulog Divisi regional Jayapura Provinsi Papua setelah pasca kebakaran yang dilakukan dengan menggunakan program ETABS v.9.6.0. untuk mengetahui kondisi struktur dalam keadaan in elastis atau elastic terhadap besarnya simpangan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak. Akhir kata semoga tesis ini dapat bermanfaat dalam memberikan sumbangan pengetahuan bagi para pembaca.

Surakarta, 24 Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.1.1. Pola Penyebaran Suhu Terhadap Struktur	4
2.1.2. Kondisi Struktur Setelah Kebakaran	6
2.1.3. Kinerja Struktur akibat kebakaran	8
2.2. Landasan Teori	10
2.2.1. Pola penyebaran suhu terhadap struktur	10
2.2.2. Kondisi struktur setelah kebakaran	12
2.2.3. Kinerja struktur akibat kebakaran	14
2.2.4. Metode Schimidt Hammer Test	19
2.2.5. Modulus Elastisitas	23
2.2.6. Ketentuan umum bangunan tahan gempa	24
2.2.7. Prosedur klasifikasi situs untuk desain seismic	29
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Lokasi penelitian	40
3.2. Parameter dan variable	40
3.3. Data	41
3.3.1. Jenis data	41

3.3.2. Pengumpulan data.....	42
3.4. Analisis	44
3.4.1. Pola penyebaran suhu terhadap struktur.....	45
3.4.2. Kondisi struktur setelah kebakaran	46
3.4.3. Kinerja struktur akibat kebakaran	46
3.5. Tahapan Analisis penelitian.....	47
3.6. Bagan Alir penelitian.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil.....	49
4.1.1. Pola Penyebaran suhu terhadap struktur.....	49
4.1.2. Kondisi struktur setelah kebakaran	50
4.1.3. Kinerja struktur akibat kebakaran	51
4.2. Pembahasan.....	53
4.2.1. Efek suhu kebakaran terhadap kondisi Struktur.....	54
4.2.2. Kinerja struktur paskakebakaran.....	57
4.2.4. Analisa struktur.....	66
4.2.5. Evaluasi kekuatan kolom struktur.....	67
4.2.6. Analisis kekuatan struktur kolom.....	68
4.2.7. Simpangan antar lantai (<i>Inter story drift</i>) berdasarka analisis Permodelan	72
4.2.8. Evaluasi kekuatan balok struktur	74
4.3. Usulan rekomendasi perbaikan.....	82
4.3.1. Perkuatan komponen struktur balok.....	82
4.3.2. Perkuatan komponen non struktur.....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	84
5.2. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN.....	xxi

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perkiraan temperature dan perubahan warna.....	10
Tabel 2.2. Temperatur terhadap kuat tekan beton dan modulus Elastisitas.....	12
Tabel 2.3. Hasil kali brasi concrete Hammer Test	23
Tabel 2.4. Faktor keutamaan (I) untuk berbagai kategori gedung dan bangunan.....	26
Tabel 2.5. Sistim pemikul momen khusus	27
Tabel 2.6. Pembatasan Getar Alami Fundamental	28
Tabel 2.7. Klasifikasi situs	31
Tabel 2.8 Koefisien situs F_a	34
Tabel 2.9. Koefisien situs F_v	34
Tabel 2.10.Kategori disain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	37
Tabel 2.11.Kategori disain seimik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik	37
Tabel 2.12.Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	39
Tabel 2.13.Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	39
Tabel 2.14.Resume perbedaan penelitian terdahulu dengan Peneliti.....	40
Tabel 3.1. Variabel dan parameter.....	42
Tabel 3.2. Pengujian kuat tekan beton balok lantai III.....	43
Tabel 3.3. Pengujian kuat tekan beton balok anak lantai II.....	44
Tabel 3.4. Pengujian kuat tekan beton balok induk lantai II	44
Tabel 3.5. Pengujian kuat tekan beton kolom lantai II.....	44
Tabel 3.6. Pengujian kuat tekan beton balok lantai I.....	44
Tabel 3.7. Pengujian kuat tekan kolom lantai I.....	45
Tabel 3.8. Pengujian kuat tekan beton elemen struktur lantai II dan lantai III	45
Tabel 3.9. Perkiraan temperatur.....	45
Tabel 4.1. Hasil pengamatan visual struktur kolom,balok dan plat lantai	49

Tabel 4.2. Angka rata-rata rebound hammer test (type-N).....	51
Tabel 4.3. Rekapitulasi kuat tekan beton ($f'c$) pada komponen struktur lantai 3.....	52
Tabel 4.4. Rekapitulasi kuat tekan beton ($f'c$) pada komponen struktur lantai 2.....	52
Tabel 4.5. Rekapitulasi kuat tekan beton ($f'c$) pada komponen struktur lantai 3.....	52
Tabel 4.6. Rekapitulasi modulus elastisitas (E_c) pada komponen struktur lantai 2.....	53
Tabel 4.7. Rekapitulasi kuat tekan beton ($f'c$) pada komponen struktur lantai I.....	53
Tabel 4.8. Sisa persen kekuatan tekan beton paska kebakaran lantai III.....	56
Tabel 4.9. Sisa persen kekuatan tekan beton paska kebakaran lantai II.....	56
Tabel 4.10. Hubungan suhu terhadap sisa persen kuat tekan beton.....	57
Tabel 4.11. Berat total gravitasi gedung.....	57
Tabel 4.12. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	58
Tabel 4.13. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	58
Tabel 4.14. Nilai $N - SPT$	59
Tabel 4.15. Spektrum respons desain.....	62
Tabel 4.16. Koefisien situs F_a	64
Tabel 4.17. Koefisien situs F_v	64
Tabel 4.18. Nilai distribusi static ekuivalen.....	65
Tabel 4.19. Beban aksial maksimum kolom.....	70
Tabel 4.20. Beban geser maksimum kolom.....	72
Tabel 4.21. Simpangan antar lantai (<i>Inter story Drift</i>) dan standar Simpangan.....	73
Tabel 4.22. Tegangan geser kolom (<i>Shear Force</i>).....	73
Tabel 4.23. Tegangan geser kaki kolom.....	74
Tabel 4.24. Hasil kapasitas lentur balok beton bertulang.....	78
Tabel 4.25. Hasil analisis geser balok beton bertulang.....	80

DAFTAR NOTASI

M_c	=	Besarnya momen di C
L	=	Bentang
q	=	Beban merata
E_{br}	=	Modulus Elastisitas untuk beton dalam keadaan retak
E_b	=	Modulus Elastisitas untuk beton dalam keadaan utuh
G_{br}	=	Modulus geser beton dalam keadaan retak
G_b	=	Modulus geser beton dalam keadaan utuh
ν_b	=	Angka poisson untuk beton dalam keadaan utuh
ν_{br}	=	Angka poisson untuk beton dalam keadaan retak
E_s	=	Modulus Elastisitas baja
I	=	Inersia Penampang
δ_c	=	Defleksi
δ	=	Besarnya simpangan(inter story drift)
F_i	=	Gaya gempa lantai ke i
K_i	=	Kekakuan kolom lantai ke i
h^3	=	Tinggi kolom pada lantai ke i
τ	=	Tegangan
F	=	Gaya yang bekerja pada kaki kolom
A	=	Luas penampang kolom
d'	=	Selimut beton
d	=	Tinggi efektif jarak serat teratas terhadap tulangan
U_n	=	Beban aksial terfaktor
B_w	=	Lebar bada kolom dalam satuan mm
A_v	=	Luas tulangan geser
f_y	=	Mutu baja/kuat leleh baja tulangan dalam satuam Mpa
s	=	Spasi tulangan geser atau punter dalam arah pararel dengan tulangan longitudinal
M_u	=	Momen ultimit
M_n	=	Momen nominal
A_s	=	Luas tulangan tarik
A_s'	=	Luas tulangan tekan
N	=	Jumlah tulangan

commit to user

- f'_c = Mutu beton dalam satuan Mpa
 h = Tinggi penampang balok
 V_c = Kuat geser baja
 V_c = Kuat geser beton
 b_w = Lebar Balok
 I_1 = Faktor keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu Selama umur gedung
 I_2 = Faktor keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut.
 T = Waktu getar gedung pada arah yang ditinjau, detik
 B = Panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau, meter
 H = Tinggi puncak bagian utama struktur, meter
 V = Beban geser static ekuivalen
 C = Spectrum respon gempa
 T_1 = Waktu getar fundamental alami
 R = Faktor reduksi gempa
 I = Faktor keutamaan gedung
 W_t = Berat total massa lantai
 W_i = Berat lantai tingkat ke $-I$, termasuk beban hidup yang sesuai
 Z_i = Ketinggian lantai tingkat ke $-I$ diukur dari taraf penjepitan lateral
 n = Nomor lantai tingkat paling atas
 V = Beban geser dasar nominal
 F_i = Beban static ekuivalen yang menangkap pada pusat masa lantai tingkat ke- i
 a = percepatan muka tanah maksimum (gal)
 A_g = Luas Penampang kolom
 A_s' = Luas tulangan tekan
 A_s = Luas tulangan tarik