

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA PERBANDINGAN BIAYA STRUKTUR ATAS BANGUNAN APARTEMEN MENGGUNAKAN KOLOM C-PLUS DENGAN KOLOM PERSEGI**

**Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1)**



**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**

**PENELITI:**

**NUR ACHMAD FAUZAN**

**NIM: 41114110054**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
TAHUN 2015**



LEMBAR PERNYATAAN SIDANG SARJANA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA

Q

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nur Achmad Fauzan  
Nomor Induk Mahasiswa : 41114110054  
Program Studi/Jurusan : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat di pertanggung jawabkan sepenuhnya.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 31 Januari

Yang memberikan pernyataan

  
(Nur Achmad Fauzan)



LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA

Q

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

**Judul Tugas Akhir** : Analisa Perbandingan Biaya Struktur Atas Bangunan Apartemen Menggunakan Kolom C-Plus Dengan Menggunakan Kolom Persegi

Disusun oleh :

**N a m a** : Nur Achmad Fauzan  
**N I M** : 41114110054  
**Jurusan/Program Studi** : Teknik / Teknik Sipil

Telah diujikan dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana : pada tanggal 31 Januari 2016

Jakarta, 5 Februari 2016

Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Ir. Alhoti Eddy Husin, MT

Ketua penguji

Ir. Mawardi Amin, MT

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Mawardi Amitt, MT



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**Q**

Semester : Ganjil

Tahun Akademik : 2015/2016


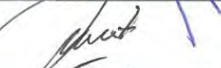

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

**Judul Tugas Akhir** : Analisa Perbandingan Biaya Struktur Atas Bangunan Apartemen Menggunakan Kolom C-Plus Dengan Menggunakan Kolom Persegi

Disusun oleh :

**N a m a** : Nur Achmad Fauzan  
**N I M** : 41114110054  
**Jurusan/Program Studi** : Teknik Sipil

Telah diajukan dan dinyatakan LULUS pada Sidang Sarjana Tanggal 31 January 2016.

No	Nama Tim Penguji		Tanda Tangan
1.	Ir. Mawardi Amin, MT	Ketua Penguji	
2.	Dr. Ir. Albert Eddy Husin, MT	Anggota	
3.	Agus Suroso, MT	Anggota	

Jakarta, 31 January 2016

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Sipil**

  
**Ir. Mawardi Amin, MT**

## **PENGANTAR**

Puji syukur kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulisan Tugas Akhir mengenai Analisa Biaya Struktur Atas Bangunan Apartemen Menggunakan Kolom C-Plus Dengan Kolom Persegi.

Kolom penampang c-plus merupakan inovasi baru dalam peencanaan desain penampang kolom pada struktur beton bertulang. Penampang kolom c-plus masih jarang digunakan dalam desain elemen struktur bangunan. Analisis perbandingan desain kolom penampang c-plus dengan kolom penampang persegi terhadap anggaran biaya suatu proyek konstruksi, dapat menunjukkan desain mana yang lebih efisien ditinjau dari kebutuhan material, metode pelaksanaan, alat dan tenaga.

Penulis berharap perbandingan kedua desain penampang tersebut dapat memberikan kontribusi kepada para pelaku konstruksi dalam pemilihan dan penentuan suatu desain penampang elemen struktur bangunan, khususnya pada desain penampang kolom yang merupakan elemen utama dalam menopang suatu struktur bangunan.

Jakarta, January 2016

Penulis



# ANALISA PERBANDINGAN BIAYA STRUKTUR ATAS BANGUNAN APARTEMEN MENGGUNAKAN KOLOM C-PLUS DENGAN KOLOM PERSEGI

Nur Achmad Fauzan, dan Albert Eddy Husin

Universitas Mercu Buana

email : nurachmadfauzan@ymail.com

## ABSTRAK

Analisa perbandingan biaya struktur atas bangunan apartemen menggunakan kolom c-plus dengan kolom persegi yang dilakukan pada proyek gedung apartemen Puri KIIC Kota Karawang. Hal tersebut dilakukan berdasarkan pada jenis penampang kolom yang tidak terdapat dalam SNI 2847-2013 yaitu kolom c-plus. Berdasarkan SNI 1726-2012 gedung ini termasuk dalam kategori D.

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui desain mana yang memiliki biaya yang lebih kecil. Perbandingan ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pengumpulan data sekunder (hasil desain dan rincian biaya struktur atas dengan menggunakan kolom penampang persegi), pemodelan dan analisis struktur atas menggunakan kolom penampang c-plus menggunakan software ETABS 2015, desain tulangan mengacu pada SNI 2847-2013, penggambaran detail struktur atas menggunakan kolom penampang c-plus, perhitungan biaya struktur atas serta membandingkan biaya kedua struktur atas tersebut dengan mengacu pada jurnal harga satuan bahan bangunan konstruksi dan interior tahun 2015.

Pada pelaksanaan pengerjaan struktur atas bangunan tersebut kolom c-plus dilakukan secara konvensional tidak dengan cara pracetak. Hal tersebut dilakukan karena pelaksanaan pengerjaan kolom dan semua elemen struktur atas menggunakan kolom persegi dilakukan secara konvensional.

Hasil perbandingan biaya kedua struktur atas tersebut menunjukkan bahwa biaya struktur atas gedung apartemen Puri KIIC menggunakan kolom c-plus memiliki biaya lebih besar 18,6% dibandingkan dengan biaya struktur atas menggunakan kolom penampang persegi. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan beton pada struktur atas menggunakan kolom penampang c-plus lebih besar 3,3% , baja tulangan 12,94% dan bekisting 5% dibandingkan dengan struktur atas bangunan menggunakan kolom penampang persegi

**Kata kunci** : kolom c-plus, kolom persegi, struktur atas bangunan gedung, biaya.

## **ABSTRACT**

*Analysis cost comparison of upper structure on apartment building using c-plus column with square column is done at Puri KIIC Apartment project in Karawang. The comparison is done due there is new sectional column type which is not available in SNI 2847-2013, it is c-plus column. Based on SNI 1726-2012 this building is included on D category.*

*The comparison is used to know design is which one has smaller cost. The comparison is done through some step such as collecting the secondary data, modeling and analyzing building structure with c-plus column using ETABS 2015, reinforcement design c-plus column using Ms.Excel refer to SNI 2857-2013, and drawing the detail of uppers structure with c-plus column, calculating and comparing the cost of both upper structure (upper structure with c-plus column and with square column) refer to Harga Satuan Bahan Konstruksi dan interior 2015.*

*On actual site, work of c-plus column is done conventionally not precast due work of upper structure with square column is done conventionally too.*

*The conclusion is the cost of upper structure with c-plus column is bigger 18,6% than upper structure with square column. That is could be due the requirement of concrete on upppers structure with c-plus column is bigger 3,3%, reinforcing steel is bigger 12,94% and form work is bigger 5% than upper structure with square column.*

**Key words:** *c-plus column, square column, upper structure, cost*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar</b> .....	iv
<b>Abstrak</b> .....	v
<i>Abstract</i> .....	vi
<b>Daftar Isi</b> .....	vii
<b>Daftar Gambar</b> .....	xiii
<b>Daftar Tabel</b> .....	xvi
<b>Daftar Persamaan</b> .....	xx
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xxvi
<b>Daftar Notasi</b> .....	xxviii
<b>Bab I: Pendahuluan</b> .....	I-1
1.1 Latar belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-4
1.3 Tujuan .....	I-4
1.4 Sistematika Penulisan .....	I-5
1.5 Ruang Lingkup Masalah .....	I-6
<b>Bab II: Tinjauan Pustaka</b> .....	II-1
2.1 Kerangka Berfikir .....	II-1
2.2 Hipotesa .....	II-4
2.3 Estimasi Biaya .....	II-4
2.3.1 Definisi Estimasi Biaya .....	II-4
2.3.2 Jenis Estimasi Biaya .....	II-5
2.3.3 Metode Estimasi .....	II-6



2.3.4	Proses Estimasi.....	II-10
2.3.5	Kualitas dan Keakurasian Estimasi Biaya.....	II-14
2.4	Biaya-Biaya Konstruksi Proyek .....	II-20
2.4.1	Biaya Langsung.....	II-20
2.4.2	Biaya Tidak Langsung .....	II-22
2.5	Rencana Anggaran Biaya .....	II-23
2.6	Analisa Harga Satuan .....	II-29
2.6.1	Analisa Harga Satuan Bahan.....	II-29
2.6.2	Analisa Harga Satuan Upah.....	II-30
2.6.3	Analisa Harga Satuan Alat .....	II-31
2.7	Perencanaan Umum Elemen Struktur Beton Bertulang.....	II-36
2.7.1	Kolom.....	II-36
2.7.1.1	Penertian Kolom .....	II-36
2.7.1.2	Jenis-jenis Kolom Beton Bertulang .....	II-37
2.7.1.3	Dasar-Dasar Perhitungan Kolom.....	II-40
2.7.2	Dasar – Dasar Perhitungan Balok .....	II-55
2.7.2.1	Perencanaan Tulangan Lentur Balok .....	II-56
2.7.2.2	Perencanaan Tulang Geser Balok .....	II-60
2.7.3	Hubungan Balok Kolom.....	II-62
2.8	Analisis Perencanaan Terhadap Gempa (SNI-1726-2012) .....	II-70
2.8.1	Gempa Rencana.....	II-70
2.8.2	Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur .....	II-70
2.8.3	Klasifikasi Khusus.....	II-74
2.8.4	Parameter Percepatan Gempa.....	II-74

2.8.5 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	II-76
2.8.6 Spektrum Respons Desain.....	II-77
2.8.7 Kategori Desain Seismik.....	II-78
2.8.8 Sistem Struktur.....	II-79
2.8.9 Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa.....	II-79
2.8.10 Geser Dasar Seismik.....	II-83
2.8.11 Periode Fundamental.....	II-84
2.8.12 Distribusi Vertikal Gaya Gempa.....	II-86
2.8.13 Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga.....	II-87
2.8.14 Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	II-88
2.8.15 Pengaruh P-Delta.....	II-89
2.8.16 Analisis Spektrum Respons Ragam.....	II-90
2.9 Penelitian Sepuluh Tahun Terakhir.....	II-91
2.10 <i>Research Gap</i> .....	II-91
<b>Bab III: Metode Penelitian.....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Pendekatan.....	III-1
3.2 Pengumpulan Data & <i>Study</i> Literatur.....	III-1
3.3 Analisa Struktur.....	III-1
3.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan.....	III-2
3.5 Pembuatan Gambar Detail.....	III-2
3.6 Analisis dan Perhitungan Anggaran Biaya.....	III-2
<b>Bab IV: Desain Struktur Atas Kolom C-Plus.....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Pemodelan Struktur.....	IV-1

4.2 Pembebanan.....	IV-1
4.3 Perhitungan Beban Gempa.....	IV-2
4.3.1 Kategori Resiko Bangunan.....	IV-2
4.3.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	IV-2
4.3.3 Parameter Percepatan Tanah.....	IV-3
4.3.4 Nilai Koefisien Situs.....	IV-3
4.3.5 Parameter Percepatan Tanah.....	IV-3
4.3.6 Nilai Parameter Percepatan Spectrum Desain.....	IV-3
4.3.7 Respons Desain Struktur Bangunan.....	IV-4
4.3.8 Kategori Desain <i>Seismic</i> .....	IV-6
4.3.9 Sistem Penahan Gempa.....	IV-7
4.3.10 Perkiraan Periode Alami Fundamental.....	IV-7
4.3.11 Perhitungan Gaya Dasar <i>Seismic</i> .....	IV-8
4.3.12 Distribusi Gaya Gempa.....	IV-10
4.4 Kontrol Hasil Analisis Struktur Bangunan.....	IV-10
4.4.1 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental.....	IV-10
4.4.2 Simpangan Antar Lantai Akibat Semua Beban.....	IV-11
4.4.3 Analisis Respon Dinamik.....	IV-13
4.4.4 Kontrol Akhir <i>Base Reaction</i> .....	IV-15
4.5 Analisis Struktur dan Perancangan Tulangan.....	IV-16
4.5.1 Analisis Struktur dan Perancangan Tulangan Balok.....	IV-17
4.5.2 Analisis Struktur dan Perancangan Tulangan Kolom.....	IV-34
4.5.2.1 Analisis Struktur dan Perancangan Tulangan Kolom	
Kondisi Elastis.....	IV-34

4.5.2.2 Analisis Struktur dan Perancangan Tulangan Kolom	
Kondisi SRPMK .....	IV-48
4.5.3 Perancangan dan Analisis Hubungan Kolom dengan Balok..	IV-54
<b>Bab V Perhitungan Struktur Atas .....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Perhitungan Biaya Struktur Atas Menggunakan Kolom C-Plus .....	V-1
5.1.1 Perhitungan Volume Pekerjaan .....	V-1
5.1.1.1 Pekerjaan Balok .....	V-1
5.1.1.2 Pekerjaan Kolom .....	V-2
5.1.1.3 Pekerjaan Plat Lantai .....	V-4
5.1.2 Analisis Harga Satuan .....	V-5
5.1.2.1 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Tanah .....	V-5
5.1.2.2 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton K-250 .....	V-5
5.1.2.3 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bekisting .....	V-6
5.1.2.4 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembesian .....	V-9
5.2 Perhitungan Biaya Struktur Atas Menggunakan Kolom Persegi .....	V-27
5.3 Perbandingan Biaya Struktur Atas Menggunakan Kolom C-Plus dengan Menggunakan Kolom Persegi .....	V-40
<b>Bab VI Penutup .....</b>	<b>VI-1</b>
6.1 Simpulan .....	VI-1
6.2 Saran .....	VI-2
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>VII-1</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik pertumbuhan penduduk di Indonesia hingga tahun 2010...	I-1
Gambar 1.2	Grafik permintaan apartemen .....	I-2
Gambar 1.3	Contoh penampang kolom dalam dalam SNI-2847-2013 .....	I-3
Gambar 1.4	Penampang kolom c-plus .....	I-3
Gambar 2.1	Alur kerangka berfikir.....	II-3
Gambar 2.2	Alur estimasi biaya .....	II-11
Gambar 2.3	Estimasi biaya; input, tools, teknik dan output .....	II-13
Gambar 2.4	Bagan Perhitungan Anggaran Biaya Kasar.....	II-25
Gambar 2.5	Skema Perhitungan anggaran biaya terperinci.....	II-26
Gambar 2.6	Kolom beton.....	II-37
Gambar 2.7	Bentuk kolom berdasarkan bentuk dan komposisinya.....	II-39
Gambar 2.8	Faktor panjang efektif.....	II-45
Gambar 2.9	Diagram interaksi $P_n$ - $M_n$ .....	II-50
Gambar 2.10	Daerah aman pada diagram interaksi $P_n - e$ .....	II-51
Gambar 2.11	Daerah aman pada diagram interaksi $1/P_n - e$ .....	II-51
Gambar 2.12	Diagram alir desain kolom kondisis elastis .....	II-53
Gambar 2.13	Diagram alir desain tulangan eser kolom.....	II-55
Gambar 2.14	Distribusi tegangan dan regangan penampang balok bertulang ganda (a) potongan penampang balok (b) regangan (c) tegangan .....	II-57
Gambar 2.15	Diagram alir desain tulangan utama balok.....	II-60
Gambar 2.16	Luas efektif hubungan balok-kolom .....	II-63



Gambar 2.17 Analisis gaya geser pada hubungan kolom-balok.....	II-65
Gambar 2.18 Diagram alir perencanaan tulangan hubungan balok-kolom yang terkekang pada keempat sisinya.....	II-69
Gambar 2.19 Diagram alir perencanaan tulangan hubungan balok-kolom yang terkekang pada ketiga sisinya.....	II-69
Gambar 2.20 Diagram alir perencanaan tulangan hubungan balok -kolom lainnya .....	II-70
Gambar 2.21 Contoh respons spektrum desain .....	II-78
Gambar 2.22 Perbesaran torsi.....	II-88
Gambar 2.23 <i>Research Gap</i> .....	II-92
Gambar 3.1 Diagram alir metode penyelesaian masalah .....	III-5
Gambar 4.1 Permodelan struktur rangka bangunan apartemen dengan menggunakan kolom c-plus ( <i>google SketchUp</i> ) .....	IV-1
Gambar 4.2 Grafik respons spektrum bangunan apartemen di wilayah karawang barat dengan jenis tanah sedang.....	IV-6
Gambar 4.3 Permodelan struktur ragam getar 1 ( $T=0,292$ detik) translasi arah Y.....	IV-13
Gambar 4.4 Permodelan struktur ragam getar 2 ( $T=0,259$ detik) translasi arah X.....	IV-14
Gambar 4.5 Permodelan struktur ragam getar 2 ( $T=0,245$ detik) rotasi.....	IV-14
Gambar 4.6 Nilai gaya geser pada tumpuan dan lapangan.....	IV-31
Gambar 4.7 $\Psi_a$ dan $\Psi_b$ Pada kolom yang ditinjau (tampak depan) .....	IV-37
Gambar 4.8 Faktor panjang efektif, $k$ , untuk struktur bergoyang.....	IV-40

Gambar 4.9 Tulangan kolom .....	IV-41
Gambar 4.10 Diagram interaksi kolom interior (C1) .....	IV-46
Gambar 4.11 Nilai gaya geser pada tumpuan dan lapangan kolom SRPMK .	IV-52



## DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Pengelompokan berdasarkan fungsi untuk proyek gedung oleh <i>means</i> dan <i>engineering news record</i> .....	II-10
Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ).....	II-70
Tabel 2.3 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa .....	II-71
Tabel 2.4 Klalsifikasi situs.....	II-75
Tabel 2.5 Koefisien situs, $F_a$ .....	II-75
Tabel 2.6 Koefisien situs, $F_v$ .....	II-76
Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	II-78
Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	II-79
Tabel 2.9 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa.....	II-80
Tabel 2.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	II-84
Tabel 2.11 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	II-85
Tabel 2.12 Simpangan antar lantai ijin, $(\Delta a)_{a,b}$ .....	II-89
Tabel 2.13 Detail <i>research gap</i> .....	II-93
Tabel 4.1 Nilai $T_0$ , $T_s$ dan percepatan desain ( $S_a$ ).....	IV-5
Tabel 4.2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode pada pendek .....	IV-6
Tabel 4.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode periode 1 detik.....	IV-7

Tabel 4.4	R, Cd dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gempa.....	IV-7
Tabel 4.5	Berat struktur atas bangunan gedung.....	IV-9
Tabel 4.6	Distribusi gaya gempa .....	IV-10
Tabel 4.7	Simpangan gedung dan simpangan antar lantai arah sumbu x akibat beban gempa.....	IV-11
Tabel 4.8	Simpangan gedung dan simpangan antar lantai arah sumbu x akibat beban gempa.....	IV-12
Tabel 4.9	Perbandingan nilai simpangan antara lantai struktur atas menggunakan kolom penampang c-plus dan kolom penampang persegi. IV- 12	
Tabel 4.10	Ragam gerak struktur bangunan .....	IV-12
Tabel 4.11	Nilai akhir base reaction .....	IV-15
Tabel 4.12	Gaya geser dasar (V) static .....	IV-16
Tabel 4.13	Kontrol akhir <i>base reaction</i> .....	IV-16
Tabel 4.14	Perbandingan luas ruangan pada unit apartemen menggunakan kolom penampang c-plus dan kolom penampang persegi .....	IV-57
Tabel 5.1	Perhitungan kebutuhan baja tulangan.....	V-2
Tabel 5.2	Perhitungan kebutuhan baja tulangan kolom.....	V-4
Tabel 5.3	Analisis harga satuan untuk 1m <sup>3</sup> galian tanah biasa kedalaman 1 meter .....	V-5
Tabel 5.4	Harga satuan 1 m <sup>3</sup> beton k-250 readymix min 6 m <sup>3</sup> slump (12 ± 2) cm minimal 6m <sup>3</sup> berikut selang.....	V-6
Tabel 5.5	Analisis harga satuan memasang 1 m <sup>2</sup> bekisting untuk balok .....	V-6
Tabel 5.6	Analisis harga stuan memasang 1 m <sup>2</sup> bekisting kolom.....	V-7

Tabel 5.7	Analisis harga satuan memasang 1 m <sup>2</sup> bekisting balok .....	V-7
Tabel 5.8	Analisis harga satuan memasang 1 m <sup>2</sup> bekisting lantai .....	V-8
Tabel 5.9	Analisis harga satuan memasang 1 m <sup>2</sup> bekisting tangga .....	V-8
Tabel 5.10	Analisa Harga Satuan 10 kg besi polos dan besi ulir.....	V-9
Tabel 5.11	Biaya struktur atas gedung apartemen puri KIIC Kab. Karawang menggunakan kolom penampang c-plus.....	V-10
Tabel 5.12	<i>Resume</i> biaya struktur atas gedung apartemen puri KIIC Kab. Karawang menggunakan kolom penampang c-plus.....	V-26
Tabel 5.13	Biaya struktur atas gedung apartemen puri KIIC Kab. Karawang menggunakan kolom penampang persegi.....	V-27
Tabel 5.14	<i>Resume</i> biaya struktur atas gedung apartemen puri KIIC Kab. Karawang menggunakan kolom penampang persegi .....	V-39
Tabel 5.15	Perbandingan biaya struktur atas menggunakan kolom penampang c-plus dengan kolom persegi .....	V-40



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2-1 Perhitungan Biaya Pasti .....	II-31
Persamaan 2-2 Perhitungan bahan bakah yang digunakan dalam 1 jam .....	II-35
Persamaan 2-3 Perhitungan Biaya Pelumas.....	II-35
Persamaan 2-4 Biaya Perbaikan dan Perawatan .....	II-36
Persamaan 2-5 Rasio Tulangan Tarik .....	II-41
Persamaan 2-6 Kontrol Goyangan Komponen Tekan tidak di-breising.....	II-42
Persamaan 2-7 Kontrol Goyangan Komponen Tekan di-breising.....	II-42
Persamaan 2-8 Prosedur Perbesaran Momen.....	II-42
Persamaan 2-9 R Moment Terfaktor .....	II-43
Persamaan 2-10 Perbesaran Momen.....	II-43
Persamaan 2-11 Beban Aksial Terfaktor .....	II-43
Persamaan 2-12 Modulus Elastisitas Beton Bertulang .....	II-43
Persamaan 2-13 Modulus Elastisitas Beton Bertulang 2.....	II-43
Persamaan 2-14 Penghubung Momen Aktual dengan Momen Merata Ekuivalen.....	II-44
Persamaan 2-15 Momen Ujung Terfaktor .....	II-44
Persamaan 2-16 Momen Ujung Terfaktor yang Lebih Kecil Pada Kolom.....	II-44
Persamaan 2-17 Momen Ujung terfaktor yang Lebih Besar Pada Kolom .....	II-44
Persamaan 2-18 Faktor Perbesaran Momen .....	II-44
Persamaan 2-19 Alternatif Faktor Perbesaran Momen .....	II-45
Persamaan 2-20 Kuat tekan Beton.....	II-46
Persamaan 2-21 Kuat Tarik Tulangan .....	II-46
Persamaan 2-22 Kuat Tekan Nominal .....	II-46
Persamaan 2-23 Kuat Tekan Nominal Tereduksi .....	II-46

Persamaan 2-24 Kuat Tarik Nominal .....	II-46
Persamaan 2-25 Kuat Tarik Nominal Tereduksi .....	II-47
Persamaan 2-26 Garis Netral .....	II-47
Persamaan 2-27 Regangan Tulangan Tekan.....	II-47
Persamaan 2-28 Tegangan Tulangan Tekan.....	II-47
Persamaan 2-29 Kuat Tekan Beton .....	II-47
Persamaan 2-30 Kuat Tarik Tulangan Tekan .....	II-47
Persamaan 2-31 Kuat Tarik Tulangan Tarik .....	II-47
Persamaan 2-32 Kuat Tekan Nominal.....	II-48
Persamaan 2-33 Kuat Lentur Nominal .....	II-48
Persamaan 2-34 Eksentrisitas .....	II-51
Persamaan 2-35 Eksentrisitas Arah x .....	II-52
Persamaan 2-36 Gaya Aksial Penampang dengan Eksentrisitas $e_x$ dan $e_y$ .....	II-52
Persamaan 2-37 Momen Ultimate Arah x .....	II-52
Persamaan 2-38 Momen Ultimate Arah y .....	II-52
Persamaan 2-39 Gaya Aksial Nominal Penampang .....	II-53
Persamaan 2-40 Gaya Geser Ujung Kolom.....	II-54
Persamaan 2-41 Gaya Geser Beton .....	II-54
Persamaan 2-42 Syarat Gaya Geser Kolom.....	II-54
Persamaan 2-43 Jarak Antar Tulangan Geser.....	II-54
Persamaan 2-44 Luas Penampang Tulangan Geser .....	II-54
Persamaan 2-45 Luas Penampang Total Tulangan Sengkang Kolom .....	II-54
Persamaan 2-46 Luas Tulangan Tarik .....	II-56
Persamaan 2-47 Tegangan Tulangan Tarik .....	II-56

Persamaan 2-48 Garis Netral .....	II-56
Persamaan 2-49 Kuat Lentur Balok.....	II-57
Persamaan 2-50 Komponen Rumus a,b,c .....	II-57
Persamaan 2-51 Komponen Rumus a,b,c .....	II-57
Persamaan 2-52 Komponen Rumus a,b,c .....	II-57
Persamaan 2-53 Rumus a,b,c .....	II-57
Persamaan 2-54 Kuat Lentur BALok .....	II-58
Persamaan 2-55 Komponen Rumus a,b,c .....	II-58
Persamaan 2-56 Komponen Rumus a,b,c .....	II-58
Persamaan 2-57 Komponen Rumus a,b,c .....	II-58
Persamaan 2-58 Rumus a,b,c .....	II-58
Persamaan 2-59 Syarat Daktilitas Penampang Balok 1 .....	II-58
Persamaan 2-60 Syarat Daktilitas Penampang Balok 2 .....	II-58
Persamaan 2-61 Rasio Tulangan Minimum.....	II-58
Persamaan 2-62 Rasio Tulangan Maximum.....	II-58
Persamaan 2-63 Momen Nominal Balok.....	II-59
Persamaan 2-64 Rumus Tinggi Efektif Penampang .....	II-59
Persamaan 2-65 Syarat Kekuatan Komponen Lentur .....	II-59
Persamaan 2-66 Gaya Geser Ujung Batang Sebelah Kiri.....	II-60
Persamaan 2-67 Gaya Geser Ujung Batang Sebelah Kanan.....	II-60
Persamaan 2-68 Kuat Geser Beton .....	II-61
Persamaan 2-69 Syarat Kuat Geser Penampang .....	II-61
Persamaan 2-70 Gaya Geser yang mapu ditahan oleh tulangan.....	II-61

Persamaan 2-71 Perbandingan Luas Tulangan Geser dengan Gaya Geser yang mampu ditahan .....	II-61
Persamaan 2-72 Perbandingan Luas Tulangan Geser dengan Gaya Geser yang mampu ditahan 2 .....	II-61
Persamaan 2-73 Syarat Kekuatan Geser Komponen Lentur .....	II-61
Persamaan 2-74 Kuat Geser Nominal.....	II-62
Persamaan 2-75 Kuat Geser Nominal yang Disediakan Oleh Beton.....	II-62
Persamaan 2-76 Area Tulangan Transversal Pada Hubungan Kolom & Balok .....	II-64
Persamaan 2-77 Gaya Horizontal yang Terjadi Pada Hubungan Kolom-Balok .....	II-64
Persamaan 2-78 Gaya Tarik Pada Tulangan Tarik Balok.....	II-65
Persamaan 2-79 Gaya Tarik Pada Tulangan tekan Balok.....	II-65
Persamaan 2-80 Gaya Tarik Pada Hubungan Kolom dengan Balok .....	II-65
Persamaan 2-81 Gaya Geser Pada Hubungan Kolom-Balok.....	II-66
Persamaan 2-82 Gaya Geser Pada Hubungan Kolom-Balok Hubungan Balok-Kolom Terkekang Pada Keempat Sisinya.....	II-66
Persamaan 2-83 Gaya Geser Pada Hubungan Kolom-Balok Hubungan Yang Terkekang Pada Ketiga Sisinya Atau Dua Sisi Yang Berlawanan..	II-66
Persamaan 2-84 Gaya Geser Pada Hubungan Kolom-Balok Hubungan lainnya .....	II-66
Persamaan 2-85 Gaya Geser Akibat Beton Pada Hubungan Kolom & Balok .....	II-66
Persamaan 2-86 Jumlah Tulangan Horizontal Balok .....	II-67
Persamaan 2-87 Luas Area Hubungan Kolom dengan Balok .....	II-67
Persamaan 2-88 Gaya Geser Pada Hubungan Kolom & Balok.....	II-67
Persamaan 2-89 Gaya Geser Tulangan Hubungan Kolom dengan Balok Vertikal .....	II-67
Persamaan 2-90 Nilai Gaya Geser Akibat Beton.....	II-67

Persamaan 2-91 Luas Tulangan Vertikal Yang Dibutuhkan .....	II-68
Persamaan 2-92 Panjang Penyaluran .....	II-68
Persamaan 2-93 Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ Terpetakan Untuk Periode Pendek .....	II-74
Persamaan 2-94 Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ Terpetakan Untuk Periode 1 Detik .....	II-74
Persamaan 2-95 Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ Terpetakan Untuk Periode 1 Detik .....	II-74
Persamaan 2-96 Parameter Percepatan Spektral Desain Untuk Periode Pendek.....	II-76
Persamaan 2-97 Parameter Percepatan Spektral Desain Untuk Periode 1 Detik .....	II-77
Persamaan 2-98 Spektrum Respons Percepatan Desain .....	II-77
Persamaan 2-99 Spektrum Respons Percepatan Desain .....	II-77
Persamaan 2-100 Periode Getar Fundamental Struktur .....	II-77
Persamaan 2-101 Periode Getar Fundamental Struktur 2 .....	II-77
Persamaan 2-102 Periode Getar Fundamental Struktur 3 .....	II-77
Persamaan 2-103 Pengaruh Beban Gempa .....	II-82
Persamaan 2-104 Pengaruh Beban Gempa .....	II-82
Persamaan 2-105 Pengaruh Beban Gempa Horizontal .....	II-82
Persamaan 2-106 Pengaruh Beban Gempa Verikal .....	II-83
Persamaan 2-107 Geser Dasar Seismik .....	II-83
Persamaan 2-108 Koefisien Respons Seismik .....	II-83
Persamaan 2-109 Koefisien Respons Seismik .....	II-84
Persamaan 2-110 Periode Fundamental Pendekatan .....	II-84
Persamaan 2-111 Periode Fundamental Pendekatan .....	II-85



Persamaan 2-112 Periode Fundamental Pendekatan .....	II-86
Persamaan 2-113 Gaya Gempa Lateral .....	II-86
Persamaan 2-114 Factor Distribusi Vertikal .....	II-86
Persamaan 2-115 Faktor pembesaran torsi .....	II-87
Persamaan 2-116 Defleksi Pada Lantai Ke-X (Lokasi Yangdiisyaratkan Dengan Analisis Elastis .....	II-88
Persamaan 2-117 Koefisien Stabilitas .....	II-89
Persamaan 2-118 Koefisien Stabilitas Maximum.....	II-90
Persamaan 4-1 Faktor Kelangsingan Kolom .....	IV-38
Persamaan 4-2 Faktor Kelangsingan Kolom .....	IV-38
Persamaan 4-3 Gaya Tekan Nominal .....	IV-42
Persamaan 4-4 Gaya Tekan Nominal Tereduksi .....	IV-42
Persamaan 4-5 Garis Netral .....	IV-43

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 DATA SEKUNDER

Lampiran 1.1 Keterangan Selesai Tugas Akhir .....	L-1
Lampiran 1.2 Lembar Asistensi.....	L-2

### LAMPIRAN 2 DATA SEKUNDER

Lampiran 2.1 Outline Project.....	L-3
Lampiran 2.2 Gambar Arsitektur.....	L-4
Lampiran 2.3 Gambar Struktur.....	L-5
Lampiran 2.4 Detail Perhitungan .....	L-6

### LAMPIRAN 3 *OUTPUT SOFTWARE ETABS vs 9.6*

Lampiran 3.1 Berat bangunan.....	L-7
Lampiran 3.2 Ragam Gerak.....	L-8
Lampiran 3.3 Gaya-Gaya Dalam Balok .....	L-9
Lampiran 3.4 Gaya-Gaya Dalam Kolom.....	L-10

### LAMPIRAN 4 DETAIL PERHITUNGAN KEBUTUHAN TULANGAN

Lampiran 4.1 Perhitungan Tulangan Balok.....	L-11
Lampiran 4.2 Perhitungan Tulangan Kolom Kondisi Elastis.....	L-12
Lampiran 4.3 Perhitungan Tulangan Kolom Kondisi SRPMK.....	L-13
Lampiran 4.4 Perhitungan Tulangan Hubungan Kolom dengan Balok.....	L-14

### LAMPIRAN 5 GAMBAR DETAIL DESAIN STRUKTUR ATAS

#### MENGGUNAKAN KKOLOM PENAMPANG C-PLUS

Lampiran 5.1 Daftar Gambar.....	L-15
Lampiran 5.2 Denah dan member list kolom dan balok induk.....	L-16

### LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN BIAYA STRUKTUR ATAS

Lampiran 6.1 Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur Atas Menggunakan Kolom C-Plus.....	L-17
Lampiran 6.2 Daftar Harga Bahan Bangunan Dan Daftar Upah Pekerja Bangunan Kabupaten Karawang.....	L-18
Lampiran 6.3 Analisis Harga Satuan .....	L-19



## DAFTAR NOTASI

### A

$a$	Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen
$A_{ch}$	Luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal
$A_g$	Luas bruto penampang
$A_s$	Luas tulangan tarik
$A_s'$	Luas tulangan tekan
$A_{sh}$	Luas sengkang tulangan hubungan balok-kolom
$A_v$	Luas tulangan sengkang
$A_{vmin}$	Luas tulangan sengkang minimum

### B

$b$	Ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung yang diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa (pada perancangan gempa)
$b$	Lebar muka tekan pada komponen struktur
$\beta_1$	Faktor yang didefinisikan dalam pasal 12.2(7(3)) SNI 03-2847-2002
$\beta_d$	Rasio dari beban tetap aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum dari kombinasi beban yang sama.

### C

$C$	Letak garis netral
$C$	Faktor respons gempa
$C_1$	Ukuran kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom. Atau

	konsol pendek diukur dalam arah bentang dimana momen dihitung
$C_2$	Ukuran kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom. Atau konsol pendek diukur dalam arah tegak lurus terhadap bentang dimana momen dihitung
$C_b$	
$C_c$	Gaya pada beton
$C_m$	Faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen.
$C_s$	Gaya pada tulangan baja
<b>D</b>	
$d$	Tinggi efektif penampang, ditentukan dari serat tekan terluar sampai dengan titik berat tulangan tarik
$d'$	Jarak serat tekan terluar ke titik berat tulangan tekan
$d_i$	<i>Displacement</i> lantai ke- $i$ akibat gempa
DL	Beban mati
$\Delta_0$	Simpangan relatif antar tingkat orde-pertama pada tingkat yang ditinjau akibat $V_u$
$\delta_{ns}$	Faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur antara ujung-ujung komponen struktur tekan.
$\delta_s$	faktor pembesar momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi.



## **E**

$e$  Eksentrisitas toritis antara pusat rotasi dan pusat massa

$E$  Beban gempa

$E_a$

$E_c$  Modulus elastisitas beton

$E_d$  Eksentrisitas desain

$EI$  Kekakuan lentur komponen struktur tekan

$E_s$  Modulus elastisitas tulangan

$e_x$  Eksentrisitas arah X

$e_y$  Eksentrisitas arah Y

$\epsilon_s$  Regangan tulangan tarik

$\epsilon_s'$  Regangan tulangan tekan

## **F**

### **F<sub>i</sub>**

$f_c'$  Kuat Karakteristik Beton

$F_i$  Beban geser pada lantai ke-i akibat gempa

$f_s'$  Tegangan leleh tulangan baja yang tertarik

$F_x$  Beban gempa arah X

$F_y$  Beban gempa arah Y

$F_{yh}$  Tulangan yang disyaratkan untuk tulangan sengkang cincin, sengkang tertutup atau spiral

## **G**

$g$  Percepatan gravitasi

## **H**

$H$  Tinggi bangunan

$h$  Tinggi penampang komponen

$h_c$  Dimensi penampanginti kolom diukur dari sumbu ke sumbu tulangn  
pengekang

## **I**

$I$  Faktor keutamaan bangunan

$I_a$  Momen Inersia pada kolom 'a'

$I_b$  Momen Inersia pada kolom 'b'

$I_b$  Momen inersia balok

## **I<sub>s</sub>**



## **K**

$k$  Faktor panjang efektif

## **L**

$l_a$  Panjang penjangkaran tambahan pada daerah tumpuan atau pada titik  
blok garis elastis

$l_c$  Jarak vertical antara dua tumpuan

LL	Beban hidup
$L_n$	Jarak bersih
$l_o$	panjang bentang dari komponen struktur tekan yang diukur dari sumbu ke sumbu joint.
$l_u$	Panjang efektif kolom

## **M**

$M_1$	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada kolom
$M_{1ns}$	nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti pada struktur.
$M_{1s}$	nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti pada struktur
$M_2$	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada kolom, selalu bernilai positif.
$M_{2ns}$	nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti pada struktur.
$M_{2s}$	nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti pada struktur
$M_{cx}$	Momen terfaktor pada kolom arah X
$M_{cy}$	Momen terfaktor pada kolom arah Y

$M_{nb}$	Momen nominal penampang
$M_n^+$	Momen nominal tumpuan positif
$M_n^-$	Momen nominal tumpuan negative
$M_{n \max}$	Momen nominal tumpuan maksimum
$M_{pr}$	Momen plastis ( $1,25 f_y$ )
$M_s$	momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti pada struktur.
$M_u^+$	Momen terfaktor tumpuan positif
$M_u^-$	Momen terfaktor tumpuan positif
<b>N</b>	
$n$	Jumlah tingkat bangunan
<b>P</b>	
$\emptyset$	Konstanta 0.8
$\pi$	Konstatnta 3.14
$P$	Tekanan tiup ( $\text{kg/m}^2$ )
$P_c$	rasio dari beban tetap aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum dari kombinasi beban yang sama.
$P_n$	Beban aksial nominal
$P_{nb}$	Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang
$P_{n \max}$	Beban aksial nominal maksimal

$P_u$  Beban aksial

## **Q**

$Q$  Indeks stabilitas

## **R**

$r$  Radius girasi penampang kolom

$R$  Faktor reduksi gempa (Perhitungan beban gempa)

$\rho$  Rasio tulangan tarik non-prategang

$\rho'$  Rasio tulangan tekan

$\rho_{\max}$  Rasio tulangan maksimum

$\rho_{\min}$  Rasio tulangan minimum

## **S**

$s$  Jarak antar sengkang

## **T**

$T_1$  Waktu getar alami Fundamental

## **V**

$V$  Beban Geser Dasar Nominal Statik Ekuivalen

$V_c$  Gaya geser akibat beton

$V_e$  Gaya geser pada kondisi SRPMK

$\Sigma V_{eb}$	Jumlah kumulatif gaya geser pada balok
$V_{el}$	Gaya geser pada kondisi SRPMK balok sebelah kiri
$V_{er}$	Gaya geser pada kondisi SRPMK balok sebelah kanan
$V_h$	
$V_{jh}$	Gaya horizontal pada hubungan balok-kolom
$V_{jv}$	Gaya vertikal pada hubungan balok-kolom
$V_s$	Gaya geser akibat tulangan
$V_u$	Gaya geser terfaktor pada penampang

## W

$W$	Beban angin
$W_i$	Berat lantai ke-i
$W_t$	Berat total bangunan

## Y

$\Psi$	rasio $\Sigma \left( \frac{EI}{l_c} \right)$ dari komponen struktur tekan terhadap $\Sigma \left( \frac{EI}{l} \right)$ dari komponen struktur lentur pada salah satu ujung komponen struktur tekan yang dihitung dalam bidang rangka yang ditinjau.
--------	--

## Z

$Z$	Tinggi lantai dihitung dari taraf penjepitan lateral
$\Sigma P_u$	Beban vertikal total pada tingkat yang ditinjau
$\zeta$	Koefisien yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung