

**EFISIENSI KEBUTUHAN MATERIAL PADA PERENCANAAN PORTAL  
TAHAN GEMPA WILAYAH 4 DENGAN EFISIENSI ELEMEN  
STRUKTUR BALOK DAN KOLOM**  
(STUDI KOMPARASI TUGAS AKHIR M. IKWAN MA'ARIF)

**Tugas Akhir**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat S1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**AGUNG PRABOWO**  
**NIM : D 100 100 092**

Kepada:

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2014**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EFISIENSI KEBUTUHAN MATERIAL PADA PERENCANAAN PORTAL  
TAHAN GEMPA WILAYAH 4 DENGAN EFISIENSI ELEMEN  
STRUKTUR BALOK DAN KOLOM  
(STUDI KOMPARASI TUGAS AKHIR M. IKWAN MA'ARIF)**

**Tugas Akhir**

diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal 9 September 2014

oleh :

**AGUNG PRABOWO  
NIM : D100 100 092**

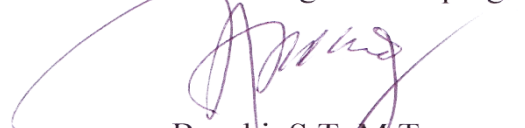
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



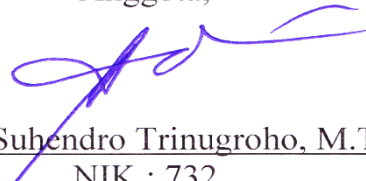
Dr. Mochamad Solikin.  
NIK : 792

Pembimbing Pendamping



Basuki, S.T., M.T.  
NIK : 783

Anggota,



Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T.  
NIK : 732

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 teknik Sipil

Surakarta, 9 September 2014.



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Sri Sunarjono, MT, PhD.  
NIK : 733



Ketua Progdi Teknik Sipil

Dr. Mochamad Solikin.  
NIK : 792

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agung Prabowo  
NIM : D.100 100 092  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil  
Judul : Efisiensi Kebutuhan Material Pada Perencanaan Portal Tahan Gempa Wilayah 4 dengan Efisiensi Elemen Struktur Balok dan Kolom (Studi Komparasi Tugas Akhir M. Ikwan Ma'arif).

Menyatakan bahwa tugas akhir/skripsi yang saya buat dan serahkan ini, merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang semuanya telah saya jelaskan dari mana sumbernya. Apabila dikemudian hari dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang telah dibuat.

Surakarta, September 2014

Yang menyatakan,



(Agung Prabowo)

## MOTTO

*“....Allah akan meninggikan orang-orang yang berilmu dan beriman sampai beberapa derajat.”*

*(Q.S. Al-Mujadilah : 11)*

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai(dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yanglain.*

*(Q.S. Al-Insyirah : 6-7)*

*“... Barangsiapa yang bertaqwa kepada Allah niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar dan memberinya rizki dari arah yang tidak disangka-sangka. Dan barang siapa bertawakal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan (yang dikehendaki)Nya. Sesungguhnya Allah telah mengadakan ketentuan bagi tiap-tiap sesuatu.*

*(Q.S. At-Talaq : 2-3)*

*Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sehinggamereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.*

*(Q.S. Ar-Ra'du : 11)*

*Selalu berusaha, berkerja keras, rendah hati, tidak lupa diiringi dengan tawakal kepada Allah SWT, dan yakinlah bahwa Allah SWT akan berikan yang terbaik bagi hambaNya yang taat*

*(Agung Prabowo)*

## **PERSEMBAHAN**

- Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW
- Untuk keluargaku tercinta. Terima kasih atas doa, pelajaran, bimbingan, dukungan, dan pengorbanan serta cinta dan kasih sayang yang diberikan selama ini semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian. Dan doakan lah anakmu ini agar selalu menjadi anak yang shaleh, berbakti, berguna bagi orang banyak, serta sukses dunia maupun akhirat. Amiiiiin...
- Keluarga besar simbah sarwi, terima kasih atas doa dan dukungannya.
- Untuk Intan Maylani terimakasih atas semangat dan doanya, teman-teman Teknik Sipil angkatan 2010 terutama kepada Rif'an, Rymo, Toni, Doni, Fajar, Andi, Naim, Ahmad, Malik, Dicky, Arifin, Candra, Dedy, Azhar, Muslim, Sapto, Firman, Martin, Ratna, Lilik, Fajar S, Indra, Bambang, Yori, Widi dan semua teman-teman seperjuangan dan seangkatan yang tidak bisa saya sebut satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan kerja samanya, serta telah menjadi teman yang baik selama menempuh study, saya akan sangat merindukan kalian.
- Agama, Bangsa, Negara, serta Almamater dan semua pihak lingkunganku.

## PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, puji dan syukur Penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga dapat terselesaikannya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“EFISIENSI KEBUTUHAN MATERIAL PADA PERENCANAAN PORTAL TAHAN GEMPA WILAYAH 4 DENGAN EFISIENSI ELEMEN STRUKTUR BALOK DAN KOLOM (STUDI KOMPARASI TUGAS AKHIR M. IKWAN MA'ARIF)“**. Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi sebagian persyaratan untuk mencapai derajat sarjana S-1 pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Bersama dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1). Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT. PhD., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta .
- 2). Bapak Dr. Mochamad Solikin. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 3). Bapak Dr. Mochamad Solikin. selaku Pembimbing Utama sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan.
- 4). Bapak Basuki, ST, MT., selaku Pembimbing Pendamping sekaligus sebagai Sekretaris Dewan Penguji, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan.
- 5). Bapak Ir. Suhendro Trinugroho, M.T., selaku Anggota Dewan Penguji, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan.
- 6). Ibu Yenny Nurchasanah, ST, MT., selaku Pembimbing Akademik.
- 7). Bapak dan ibu dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.

- 8). Bapak, ibu, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dorongan baik material maupun spiritual.
- 9). Teman – teman teknik sipil angkatan 2010.
- 10). Semua pihak– pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penyusun, senantiasa mendapatkan pahala dari Allah SWT. *Amin.*

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, Oleh karena itu segala koreksi dan saran yang bersifat membangun Penyusun harapkan guna penyempurnaan Tugas Akhir ini. Besar harapan Penyusun semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi Penyusun dan Pembaca.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Surakarta, 9 September 2014

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN DEPAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xxv</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xxvi</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>xxix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Perencanaan .....	2
D. Manfaat Perencanaan .....	2
E. Lingkup Perencanaan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
A. Pembebanan Struktur .....	4
1. Faktor beban .....	4
2. Faktor reduksi kekuatan .....	5
B. Daktilitas .....	5
C. Perencanaan Sendi Plastis .....	6
D. Beban Gempa .....	7
1. Faktor respons gempa ( $C_1$ ) .....	8
2. Faktor keutamaan gedung .....	10
3. Faktor reduksi gempa .....	10



4. Berat total gedung.....	13
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>14</b>
A. Perencanaan Struktur Portal dengan Prinsip Daktail Parsial.....	14
B. Perencanaan Balok Dengan Sistem Daktail Parsial .....	14
1. Perhitungan tulangan memanjang balok.....	14
2. Perhitungan momen rencana ( $M_r$ ) balok .....	16
3. Perhitungan tulangan geser/begel balok.....	18
4. Perhitungan torsi balok .....	21
C. Perencanaan Kolom Dengan Sistem Daktail Parsial .....	25
1. Perhitungan tulangan memanjang kolom .....	25
2. Perhitungan tulangan geser/begel kolom .....	29
D. Perencanaan Fondasi Telapak Menerus .....	35
1. Langkah hitungan perencanaan fondasi.....	35
2. Langkah hitungan perencanaan sloof .....	37
E. Perhitungan Kebutuhan Material .....	40
1. Perhitungan kebutuhan volume beton .....	40
2. Perhitungan kebutuhan berat tulangan .....	41
<b>BAB IV METODE PERENCANAAN .....</b>	<b>43</b>
A. Materi Perencanaan.....	43
B. Alat Bantu Perencanaan.....	43
1. Program SAP 2000 v. 8 nonlinear .....	43
2. Program Gambar (Autocad 2007) .....	43
3. Program Microsoft Office word .....	43
4. Program Microsoft Office excel .....	43
C. TahapanPerencanaan .....	43
<b>BAB V PERENCANAAN AWAL . .....</b>	<b>46</b>
A. Ketentuan Denah Dan Bentuk Portal.....	46
B. Analisis Beban .....	47
1. Beban mati .....	47
2. Beban hidup .....	50
3. Beban gempa.....	52

3a). Berat total bangunan .....	52
3b). Perhitungan beban.....	54
4. Kombinasi beban.....	56
C. Kontrol Waktu Getar Alami Gedung .....	61
D. Penulangan Balok.....	62
1. Tulangan longitudinal .....	62
1a). Hitungan tulangan.....	62
1b). Kontrol momen rencana.....	64
1c).Pemutusan tulangan.....	66
2. Tulangan geser.....	68
3. Tulangan torsi .....	72
E. Penulangan Kolom .....	77
1. Tulangan longitudinal .....	77
1a). Penentuan kolom panjang dan kolom pendek .....	77
1b). Penentuan factor pembesar momen $\delta_s$ .....	79
1c). Hitungan tulangan .....	82
2. Tulangan geser.....	90
F. Perencanaan Fondasi dan Sloof.....	94
1. Perencanaan fondasi.....	94
1a). Penentuan ukuran fondasi.....	94
1b). Kontrol tegangan geser 1 arah .....	96
1c). Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons).....	96
1d). Penulangan fondasi.....	97
1e). Kontrol kuat dukung fondasi .....	99
2. Penulangan sloof .....	99
2a). Hitungan gaya dalam.....	100
2b). Hitungan tulangan longitudinal.....	101
2c). Kontrol momen rencana .....	103
2d). Hitungan tulangan geser.....	105
G. Gambar Perencanaan .....	108
H. Kebutuhan Material .....	109

1. Kebutuhan Volume Beton .....	109
1.1 Volume beton pada balok .....	109
1.2 Volume beton pada kolom.....	110
1.3 Volume beton pada fondasi .....	111
1.4 Volume beton pada <i>sloof</i> .....	111
2. Kebutuhan Berat Tulangan.....	112
2.1 Berat tulangan pada balok .....	112
2.1a). <i>Berat tulangan longitudinal balok</i> .....	112
2.1b). <i>Berat tulangan begel balok</i> .....	115
2.2 Berat tulangan pada kolom .....	117
2.2a). <i>Berat tulangan longitudinal kolom</i> .....	117
2.2b). <i>Berat tulangan begel kolom</i> .....	119
2.3 Berat tulangan pada fondasi.....	120
2.4 Berat tulangan pada <i>sloof</i> .....	121
2.4a). <i>Berat tulangan longitudinal sloof</i> .....	121
2.4b). <i>Berat tulangan begel sloof</i> .....	123
3. Rekapitulasi kebutuhan material.....	124
3a). <i>Kebutuhan volume beton</i> .....	124
3b). <i>Kebutuhan berat tulangan</i> .....	124
<b>BAB VI PERENCANAAN AKHIR (SKEMA 1) . .....</b>	<b>125</b>
A. Analisis Beban .....	125
1. Beban mati .....	125
2. Beban hidup .....	128
3. Beban gempa .....	129
3a). <i>Berat total bangunan</i> .....	129
3b). <i>Perhitungan beban</i> .....	131
4. Kombinasi beban.....	133
B. Kontrol Waktu Getar Alami Gedung.....	138
C. Penulangan Balok .....	139
1. Tulangan longitudinal .....	139
1a). <i>Hitungan tulangan</i> .....	139

<i>1b). Kontrol momen rencana</i> .....	141
<i>1c).Pemutusan tulangan</i> .....	143
2. Tulangan geser.....	145
3. Tulangan torsi.....	149
D. Penulangan Kolom.....	154
1. Tulangan longitudinal.....	154
<i>1a). Penentuan kolom panjang dan kolom pendek</i> .....	154
<i>1b). Penentuan factor pembesar momen <math>\delta_s</math></i> .....	156
<i>1c). Hitungan tulangan</i> .....	159
2. Tulangan geser.....	167
E. Perencanaan Fondasi dan Sloof .....	170
1. Perencanaan fondasi .....	170
<i>1a). Penentuan ukuran fondasi</i> .....	170
<i>1b). Kontrol tegangan geser 1 arah</i> .....	172
<i>1c). Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons)</i> .....	172
<i>1d). Penulangan fondasi</i> .....	173
<i>1e). Kontrol kuat dukung fondasi</i> .....	175
2. Penulangan sloof.....	175
2a). <i>Hitungan gaya dalam</i> .....	176
2b). <i>Hitungan tulangan longitudinal</i> .....	177
2c). <i>Kontrol momen rencana</i> .....	178
2d). <i>Hitungan tulangan geser</i> .....	181
F. Gambar Perencanaan .....	184
G. Kebutuhan Material .....	185
1. Kebutuhan Volume Beton .....	185
1.1 Volume beton pada balok .....	185
1.2 Volume beton pada kolom.....	186
1.3 Volume beton pada fondasi .....	187
1.4 Volume beton pada <i>sloof</i> .....	187
2. Kebutuhan Berat Tulangan.....	188
2.1 Berat tulangan pada balok .....	188

2.1a). Berat tulangan longitudinal balok .....	188
2.1b). Berat tulangan begel balok .....	191
2.2 Berat tulangan pada kolom .....	193
2.2a). Berat tulangan longitudinal kolom.....	193
2.2b). Berat tulangan begel kolom .....	195
2.3 Berat tulangan pada fondasi.....	196
2.4 Berat tulangan pada sloof.....	197
2.4a). Berat tulangan longitudinal sloof.....	197
2.4b). Berat tulangan begel sloof .....	199
3. Rekapitulasi kebutuhan material.....	200
3a). Kebutuhan volume beton .....	200
3b). Kebutuhan berat tulangan .....	200
<b>BAB VII PERENCANAAN AKHIR (SKEMA 2) .....</b>	<b>201</b>
A. Analisis Beban .....	201
1. Beban mati.....	201
2. Beban hidup .....	204
3. Beban gempa .....	205
3a). Berat total bangunan .....	205
3b). Perhitungan beban.....	207
4. Kombinasi beban.....	209
B. Kontrol Waktu Getar Alami Gedung.....	214
C. Penulangan Balok .....	215
1. Tulangan longitudinal.....	215
1a). Hitungan tulangan.....	215
1b). Kontrol momen rencana.....	217
1c). Pemutusan tulangan.....	219
2. Tulangan geser.....	221
3. Tulangan torsi.....	225
D. Penulangan Kolom.....	230
1. Tulangan longitudinal.....	230
1a). Penentuan kolom panjang dan kolom pendek .....	230

<i>1b). Penentuan factor pembesar momen <math>\delta_s</math></i> .....	232
<i>1c). Hitungan tulangan</i> .....	235
2. Tulangan geser.....	243
E. Perencanaan Fondasi dan Sloof .....	246
1. Perencanaan fondasi .....	246
<i>1a). Penentuan ukuran fondasi</i> .....	246
<i>1b). Kontrol tegangan geser 1 arah</i> .....	248
<i>1c). Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons)</i> .....	248
<i>1d). Penulangan fondasi</i> .....	249
<i>1e). Kontrol kuat dukung fondasi</i> .....	251
2. Penulangan sloof .....	251
2a). <i>Hitungan gaya dalam</i> .....	252
2b). <i>Hitungan tulangan longitudinal</i> .....	253
2c). <i>Kontrol momen rencana</i> .....	254
2d). <i>Hitungan tulangan geser</i> .....	257
F. Gambar Perencanaan .....	260
G. Kebutuhan Material .....	261
1. Kebutuhan Volume Beton .....	261
1.1 Volume beton pada balok .....	261
1.2 Volume beton pada kolom .....	262
1.3 Volume beton pada fondasi.....	263
1.4 Volume beton pada <i>sloof</i> .....	263
2. Kebutuhan Berat Tulangan.....	264
2.1 Berat tulangan pada balok .....	264
2.1a). <i>Berat tulangan longitudinal balok</i> .....	264
2.1b). <i>Berat tulangan begel balok</i> .....	267
2.2 Berat tulangan pada kolom.....	269
2.2a). <i>Berat tulangan longitudinal kolom</i> .....	269
2.2b). <i>Berat tulangan begel kolom</i> .....	271
2.3 Berat tulangan pada fondasi .....	272
2.4 Berat tulangan pada <i>sloof</i> .....	273

2.4a). Berat tulangan longitudinal sloof.....	273
2.4b). Berat tulangan begel sloof .....	275
3. Rekapitulasi kebutuhan material.....	276
3a). Kebutuhan volume beton .....	276
3b). Kebutuhan berat tulangan .....	276
<b>BAB VIII ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI.....</b>	<b>277</b>
A. Hasil Perhitungan Volume Kebutuhan Material.....	277
B. Analisis Perhitungan Jumlah Biaya Material.....	279
1. Analisis biaya perencanaan awal.....	279
2. Analisis biaya perencanaan akhir (skema 1).....	279
3. Analisis biaya perencanaan akhir (skema 2).....	280
C. Evaluasi Efisiensi.....	281
<b>BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>282</b>
A. Kesimpulan .....	282
B. Saran .....	282
DAFTAR PUSTAKA.....	284
LAMPIRAN .....	285

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1. Koefisien $\xi$ yang membatasi $T_1$ dari struktur gedung .....	9
Tabel II.2. Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung Dan bangunan .....	10
Tabel II.3. Faktor reduksi gempa.....	11
Tabel II.4. Koefisien reduksi beban hidup .....	13
Tabel V.1. Hasil hitungan $F_1$ pada struktur portal.....	54
Tabel V.2. Hasil hitungan momen perlu balok .....	57
Tabel V.3. Hasil hitungan gaya geser perlu balok.....	58
Tabel V.4. Hasil hitungan gaya aksial perlu kolom.....	59
Tabel V.5. Hasil hitungan momen perlu kolom.....	59
Tabel V.6. Hasil hitungan gaya geser perlu kolom.....	60
Tabel V.7. Penentuan defleksi lantai ( $d_i$ ).....	62
Tabel V.8. Penentuan waktu getar alami gedung ( $T_R$ ) .....	62
Tabel V.9. Hasil hitungan tulangan longitudinal balok .....	76
Tabel V.10. Hasil hitungan tulangan geser (begel) balok.....	77
Tabel V.11. Penentuan jenis kolom .....	79
Tabel V.12. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 1,4.D$ .....	80
Tabel V.13. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 1,2.D+1,6.L$ .....	81
Tabel V.14. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 1,2.D+L+2.E^{(+)}$ .....	81
Tabel V.15. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 0,9.D +2.E^{(+)}$ .....	82
Tabel V.16. Hasil hitungan tulangan longitudinal kolom.....	89
Tabel V.17. Hasil hitungan tulangan geser kolom.....	92
Tabel V.18. Momen dan gaya geser <i>sloof</i> .....	101
Tabel V.19. Hasil hitungan tulangan longitudinal <i>sloof</i> .....	104
Tabel V.20. Hasil hitungan tulangan geser (begel) <i>sloof</i> .....	108



Tabel V.21. Volume beton pada balok .....	110
Tabel V.22. Volume beton pada kolom.....	111
Tabel V.23. Volume beton pada <i>sloof</i> .....	112
Tabel V.24. Tabel berat besi tulangan .....	112
Tabel V.25. Berat tulangan longitudinal pada Balok B13 .....	113
Tabel V.26. Berat tulangan longitudinal pada balok . .....	114
Tabel V.27. Berat tulangan begel pada balok.....	116
Tabel V.28. Berat tulangan longitudinal pada kolom.....	119
Tabel V.29. Berat tulangan begel pada kolom.....	120
Tabel V.30. Berat tulangan longitudinal <i>Sloof</i> S1 .....	122
Tabel V.31. Berat tulangan longitudinal pada <i>sloof</i> .....	122
Tabel V.32. Berat tulangan begel pada <i>sloof</i> .....	124
Tabel V.33. Rekapitulasi kebutuhan volume beton .....	124
Tabel V.34. Rekapitulasi kebutuhan berat tulangan .....	124
Tabel VI.1. Hasil hitungan $F_i$ pada struktur portal.....	131
Tabel VI.2. Hasil hitungan momen perlu balok.....	134
Tabel VI.3. Hasil hitungan gaya geser perlu balok .....	135
Tabel VI.4. Hasil hitungan gaya aksial perlu kolom.....	136
Tabel VI.5. Hasil hitungan momen perlu kolom.....	136
Tabel VI.6. Hasil hitungan gaya geser perlu kolom.....	137
Tabel VI.7. Penentuan defleksi lantai ( $d_i$ ).....	139
Tabel VI.8. Penentuan waktu getar alami gedung ( $T_R$ ) .....	139
Tabel VI.9. Hasil hitungan tulangan longitudinal balok .....	153
Tabel VI.10. Hasil hitungan tulangan geser (begel) balok.....	154
Tabel VI.11. Penentuan jenis kolom .....	156
Tabel VI.12. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 1,4.D$ .....	157
Tabel VI.13. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 1,2.D+1,6.L$ .....	158
Tabel VI.14. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 1,2.D+L+2.E^{(+)}$ .....	158

Tabel VI.15. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu $U = 0,9.D + 2.E^{(+)}$ .....	159
Tabel VI.16. Hasil hitungan tulangan longitudinal kolom.....	166
Tabel VI.17. Hasil hitungan tulangan geser kolom.....	169
Tabel VI.18. Momen dan gaya geser <i>sloof</i> .....	177
Tabel VI.19. Hasil hitungan tulangan longitudinal <i>sloof</i> .....	180
Tabel VI.20. Hasil hitungan tulangan geser (begel) <i>sloof</i> .....	184
Tabel VI.21. Volume beton pada balok .....	186
Tabel VI.22. Volume beton pada kolom.....	187
Tabel VI.23. Volume beton pada <i>sloof</i> .....	188
Tabel VI.24. Tabel berat besi tulangan .....	188
Tabel VI.25. Berat tulangan longitudinal pada Balok B13 .....	189
Tabel VI.26. Berat tulangan longitudinal pada balok .....	190
Tabel VI.27. Berat tulangan begel pada balok.....	192
Tabel VI.28. Berat tulangan longitudinal pada kolom.....	195
Tabel VI.29. Berat tulangan begel pada kolom.....	196
Tabel VI.30. Berat tulangan longitudinal <i>Sloof</i> S1 .....	198
Tabel VI.31. Berat tulangan longitudinal pada <i>sloof</i> .....	198
Tabel VI.32. Berat tulangan begel pada <i>sloof</i> .....	200
Tabel VI.33. Rekapitulasi kebutuhan volume beton.....	200
Tabel VI.34. Rekapitulasi kebutuhan berat tulangan .....	200
Tabel VII.1. Hasil hitungan $F_i$ pada struktur portal.....	207
Tabel VII.2. Hasil hitungan momen perlu balok .....	210
Tabel VII.3. Hasil hitungan gaya geser perlu balok.....	211
Tabel VII.4. Hasil hitungan gaya aksial perlu kolom.....	212
Tabel VII.5. Hasil hitungan momen perlu kolom.....	212
Tabel VII.6. Hasil hitungan gaya geser perlu kolom.....	213
Tabel VII.7. Penentuan defleksi lantai ( $d_i$ ).....	215
Tabel VII.8. Penentuan waktu getar alami gedung ( $T_R$ ) .....	215
Tabel VII.9. Hasil hitungan tulangan longitudinal balok .....	229
Tabel VII.10. Hasil hitungan tulangan geser (begel) balok .....	230

Tabel VII.11. Penentuan jenis kolom.....	232
Tabel VII.12. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu U = 1,4.D .....	233
Tabel VII.13. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu U = 1,2.D+1,6.L.....	234
Tabel VII.14. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu U = 1,2.D+L+2.E <sup>(+)</sup> .....	234
Tabel VII.15. Faktor pembesar momen kolom $\delta_s$ dengan kuat perlu U = 0,9.D +2.E <sup>(+)</sup> .....	235
Tabel VII.16. Hasil hitungan tulangan longitudinal kolom .....	242
Tabel VII.17. Hasil hitungan tulangan geser kolom .....	245
Tabel VII.18. Momen dan gaya geser <i>sloof</i> .....	253
Tabel VII.19. Hasil hitungan tulangan longitudinal <i>sloof</i> .....	256
Tabel VII.20. Hasil hitungan tulangan geser (begel) <i>sloof</i> .....	260
Tabel VII.21. Volume beton pada balok.....	262
Tabel VII.22. Volume beton pada kolom.....	263
Tabel VII.23. Volume beton pada <i>sloof</i> .....	264
Tabel VII.24. Tabel berat besi tulangan.....	264
Tabel VII.25. Berat tulangan longitudinal pada Balok B13 . .....	265
Tabel VII.26. Berat tulangan longitudinal pada balok .....	266
Tabel VII.27. Berat tulangan begel pada balok.....	268
Tabel VII.28. Berat tulangan longitudinal pada kolom.....	271
Tabel VII.29. Berat tulangan begel pada kolom .....	272
Tabel VII.30. Berat tulangan longitudinal <i>Sloof</i> S1.....	274
Tabel VII.31. Berat tulangan longitudinal pada <i>sloof</i> .....	274
Tabel VII.32. Berat tulangan begel pada <i>sloof</i> .....	276
Tabel VII.33. Rekapitulasi kebutuhan volume beton.....	276
Tabel VII.34. Rekapitulasi kebutuhan berat tulangan.....	276
Tabel VIII.1. Hasil hitungan vol beton perencanaan awal .....	277
Tabel VIII.2. Hasil hitungan vol baja tulangan perencanaan awal .....	278
Tabel VIII.3. Hasil hitungan vol beton perencanaan akhir (skema 1) .....	278
Tabel VIII.4. Hasil hitungan vol baja tulangan perenc. akhir (skema 1)....	278

Tabel VIII.5. Hasil hitungan vol beton perencanaan akhir (skema 2) .....	278
Tabel VIII.6. Hasil hitungan vol baja tulangan perenc. akhir (skema 2)....	279
Tabel VIII.7. Hasil hitungan jumlah biaya material.....	281

## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar I.1.	Denah bangunan.....	3
Gambar I.2.	Bentuk portal 3 lantai.....	3
Gambar II.1.	Lokasi pemasangan sendi plastis .....	6
Gambar II.2.	Wilayah gempa Indonesia dengan percepatan puncak Batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun (SNI 1726-2002) .....	9
Gambar II.3.	Respons spektrum gempa rencana (SNI 1726-2002).....	12
Gambar III.1.	Bagan alir perhitungan tulangan longitudinal balok .....	17
Gambar III.2.	Bagan alir perhitungan momen rencana balok.....	19
Gambar III.3.	Penentuan nilai $V_{ud}$ dan $V_{u2h}$ .....	20
Gambar III.4.	Bagan alir perhitungan tulangan geser (begel) balok.....	23
Gambar III.5.	Bagan alir perhitungan torsi balok .....	26
Gambar III.6.	Bagan alir perhitungan tulangan longitudinal kolom.....	30
Gambar III.7.	Batas nilai $a_c$ pada berbagai kondisi penampang kolom ...	31
Gambar III.8.	Bagan alir perhitungan tulangan geser (begel) kolom .....	34
Gambar III.9.	Bagan alir perhitungan fondasi telapak menerus .....	39
Gambar III.10.	Bagan alir perhitungan kebutuhan material .....	42
Gambar IV.1.	Bagan alir tahapan perencanaan.....	45
Gambar V.1.	Denah bangunan dan bentuk portal.....	46
Gambar V.2.	Penyebaran beban mati pada balok .....	47
Gambar V.3.	Beban mati ( $kN/m^2$ ) pada portal awal.....	48
Gambar V.4.	Diagram bidang momen akibat beban mati pada portal awal .....	49
Gambar V.5.	Diagram gaya geser akibat beban mati pada portal awal..	49
Gambar V.6.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban mati pada portal awal.....	49
Gambar V.7.	Beban hidup ( $kN/m^2$ ) pada portal awal.....	51
Gambar V.8.	Diagram bidang momen akibat beban hidup pada portal awal .....	51

Gambar V.9.	Diagram gaya geser akibat beban hidup pada portal awal.	51
Gambar V.10.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban hidup pada portal awal.....	52
Gambar V.11.	Beban gempa nominal (kN) pada portal awal.....	54
Gambar V.12.	Diagram bidang momen akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal awal.....	55
Gambar V.13.	Diagram gaya geser akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal awal .....	55
Gambar V.14.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal awal .....	56
Gambar V.15.	Gambar selimut momen Balok B13.....	68
Gambar V.16.	Gaya geser pada Balok B13 .....	69
Gambar V.17.	Penulangan pada Balok B13 (pada Bab V.C.3 ternyata pengaruh torsi diabaikan).....	75
Gambar V.18.	Penulangan pada Kolom K2.....	93
Gambar V.19.	Rencana fondasi telapak menerus .....	94
Gambar V.20.	Penulangan fondasi .....	99
Gambar V.21.	Beban pada <i>sloof</i> .....	99
Gambar V.22.	Diagram bidang momen <i>sloof</i> .....	100
Gambar V.23.	Diagram gaya geser <i>sloof</i> .....	100
Gambar V.24.	Gaya geser pada <i>Sloof</i> S1 .....	105
Gambar V.25.	Penulangan <i>Sloof</i> S1.....	107
Gambar V.26.	Penulangan Balok B13.....	113
Gambar V.27.	Penulangan fondasi .....	120
Gambar V.28.	Penulangan longitudinal <i>Sloof</i> S1 .....	121
Gambar VI.1.	Beban mati (kN/m <sup>2</sup> ) pada portal awal.....	126
Gambar VI.2.	Diagram bidang momen akibat beban mati pada portal akhir.....	127
Gambar VI.3.	Diagram gaya geser akibat beban mati pada portal akhir .	127
Gambar VI.4.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban mati pada portal akhir .....	127
Gambar VI.5.	Beban hidup (kN/m <sup>2</sup> ) pada portal akhir .....	128

Gambar VI.6.	Diagram bidang momen akibat beban hidup pada portal akhir.....	128
Gambar VI.7.	Diagram gaya geser akibat beban hidup pada portal akhir.	129
Gambar VI.8.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban hidup pada portal akhir .....	129
Gambar VI.9.	Beban gempa nominal (kN) pada portal akhir .....	132
Gambar VI.10.	Diagram bidang momen akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal akhir .....	132
Gambar VI.11.	Diagram gaya geser akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal akhir.....	133
Gambar VI.12.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal akhir.....	133
Gambar VI.13.	Gambar selimut momen Balok B13.....	145
Gambar VI.14.	Gaya geser pada Balok B13 .....	146
Gambar VI.15.	Penulangan pada Balok B13 (pada Bab VI.C.3 ternyata pengaruh torsi diabaikan).....	152
Gambar VI.16.	Penulangan pada Kolom K2.....	169
Gambar VI.17.	Rencana fondasi telapak menerus .....	170
Gambar VI.18.	Penulangan fondasi .....	175
Gambar VI.19.	Beban pada <i>sloof</i> .....	175
Gambar VI.20.	Diagram bidang momen <i>sloof</i> .....	176
Gambar VI.21.	Diagram gaya geser <i>sloof</i> .....	176
Gambar VI.22.	Gaya geser pada <i>Sloof</i> S1 .....	181
Gambar VI.23.	Penulangan <i>Sloof</i> S1.....	183
Gambar VI.24.	Penulangan Balok B13 .....	189
Gambar VI.25.	Penulangan fondasi .....	196
Gambar VI.26.	Penulangan longitudinal <i>Sloof</i> S1 .....	197
Gambar VII.1.	Beban mati (kN/m <sup>2</sup> ) pada portal awal.....	202
Gambar VII.2.	Diagram bidang momen akibat beban mati pada portal akhir.....	203
Gambar VII.3.	Diagram gaya geser akibat beban mati pada portal akhir .	203
Gambar VII.4.	Diagram gaya aksial kolom akibat beban mati pada portal akhir .....	203

Gambar VII.5. Beban hidup ( $kN/m'$ ) pada portal akhir .....	204
Gambar VII.6. Diagram bidang momen akibat beban hidup pada portal akhir.....	204
Gambar VII.7. Diagram gaya geser akibat beban hidup pada portal akhir.	205
Gambar VII.8. Diagram gaya aksial kolom akibat beban hidup pada portal akhir .....	205
Gambar VII.9. Beban gempa nominal ( $kN$ ) pada portal akhir .....	208
Gambar VII.10. Diagram bidang momen akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal akhir .....	208
Gambar VII.11. Diagram gaya geser akibat beban gempake arah kanan (positif) pada portal akhir.....	209
Gambar VII.12. Diagram gaya aksial kolom akibat beban gempa ke arah kanan (positif) pada portal akhir.....	209
Gambar VII.13. Gambar selimut momen Balok B13 .....	221
Gambar VII.14. Gaya geser pada Balok B13 .....	222
Gambar VII.15. Penulangan pada Balok B13 (pada Bab VII.C.3 ternyata pengaruh torsi diabaikan).....	228
Gambar VII.16. Penulangan pada Kolom K2.....	245
Gambar VII.17. Rencana fondasi telapak menerus .....	246
Gambar VII.18. Penulangan fondasi .....	251
Gambar VII.19. Beban pada <i>sloof</i> .....	251
Gambar VII.20. Diagram bidang momen <i>sloof</i> .....	252
Gambar VII.21. Diagram gaya geser <i>sloof</i> .....	252
Gambar VII.22. Gaya geser pada <i>Sloof</i> S1 .....	257
Gambar VII.23. Penulangan <i>Sloof</i> S1 .....	259
Gambar VII.24. Penulangan Balok B13 .....	265
Gambar VII.25. Penulangan fondasi .....	272
Gambar VII.26. Penulangan longitudinal <i>Sloof</i> S1 .....	273



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran V.1. Hitungan gaya dalam akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa pada struktur portal awal
- Lampiran V.2. Hitungan defleksi
- Lampiran V.3. Hitungan gaya dalam akibat beban mati pada struktur *sloof*
- Lampiran VI.1. Hitungan gaya dalam akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa pada struktur portal akhir (skema 1)
- Lampiran VII.1. Hitungan gaya dalam akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa pada struktur portal akhir (skema 2)
- Lampiran VII.2. Gambar *detail* penulangan
- Lampiran VIII.1. Harga material
- Lampiran VIII.1. Hitungan beban *sloof* dari atas

## DAFTAR NOTASI

- $A_{cp}$  = luasan yang dibatasi oleh tepi luar penampang (termasuk rongga),  $mm^2$ .  
 $A_0$  = luasan yang dibatasi oleh garis pusat (*centerline*) dinding pipa,  $mm^2$ .  
 $A_{0h}$  = luasan yang dibatasi garis begel terluar,  $mm^2$ .  
 $A_s$  = luas tulangan longitudinal tarik (pada balok),  $mm^2$ .  
= luas tulangan pokok (pada pelat),  $mm^2$ .  
 $A'_s$  = luas tulangan longitudinal tekan (pada balok),  $mm^2$ .  
 $A_{sb}$  = luas tulangan bagi (pada pelat),  $mm^2$ .  
 $A_{st}$  =  $A_s + A'_s$  = luas total tulangan longitudinal (pada balok),  $mm^2$ .  
 $A_{s,b}$  = luas tulangan tarik pada kondisi seimbang (*balance*),  $mm^2$ .  
 $A_{s,maks}$  = batas maksimal luas tulangan tarik pada beton bertulang,  $mm^2$ .  
 $A_{s,min}$  = batas minimal luas tulangan tarik pada beton bertulang,  $mm^2$ .  
 $A_{s,u}$  = luas tulangan yang diperlukan,  $mm^2$ .  
 $A_{v,u}$  = luas tulangan geser/begel yang diperlukan,  $mm^2$ .  
 $a$  = tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekuivalen, mm.  
 $a_b$  = tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekuivalen kondisi *balance*, mm.  
 $a_{maks,leleh}$  = tinggi  $a$  maksimal agar tulangan tarik sudah leleh, mm.  
 $a_{min,leleh}$  = tinggi  $a$  minimal agar tulangan tekan sudah leleh, mm.  
 $b$  = lebar penampang balok, mm.  
 $C_c$  = gaya tekan beton, N.  
 $C_i$  = koefisien momen pelat pada arah sumbu- $i$ .  
 $C_{lx}$  = koefisien momen lapangan pelat pada arah sumbu- $x$  (bentang pendek).  
 $C_{ly}$  = koefisien momen lapangan pelat pada arah sumbu- $y$  (bentang panjang).  
 $C_{tx}$  = koefisien momen tumpuan pelat pada arah sumbu- $x$  (bentang pendek).  
 $C_{ty}$  = koefisien momen tumpuan pelat pada arah sumbu- $y$  (bentang panjang).  
 $D$  = beban mati (*dead load*), N, N/mm, atau Nmm.  
= lambang batang tulangan *deform* (tulangan ulir).  
 $d$  = jarak antara pusat berat tulangan tarik dan tepi serat beton tekan, mm.  
 $d_b$  = diameter batang tulangan, mm.  
 $d_d$  = jarak antara pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam dan tepi serat beton tekan, mm.  
 $d'_d$  = jarak antara pusat berat tulangan tekan pada baris paling dalam dan tepi serat beton tekan, mm.

- $d_s$  = jarak antara pusat berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik, mm.  
 $d_{s1}$  = jarak antara pusat berat tulangan tarik baris pertama dan tepi serat beton tarik, mm.  
 $d_{s2}$  = jarak antara pusat berat tulangan tarik baris pertama dan baris kedua, mm.  
 $d'_s$  = jarak antara pusat berat tulangan tekan dan tepi serat beton tekan, mm.  
 $E$  = beban yang diakibatkan oleh gempa (*earthquake load*), N atau Nmm.  
 $E_c$  = modulus elastisitas beton, MPa.  
 $E_s$  = modulus elastisitas baja tulangan, MPa.  
 $f_{ct}$  = kuat tarik beton, MPa.  
 $f'_c$  = kuat tekan beton dan mutu beton yang disyaratkan pada beton umur 28 hari, MPa.  
 $f_y$  = kuat leleh baja tulangan longitudinal, MPa.  
 $h$  = tinggi penampang struktur, mm.  
 $I$  = momen inersia, mm<sup>4</sup>.  
 $K$  = faktor momen pikul, MPa.  
 $K_{maks}$  = faktor momen pikul maksimal, MPa.  
 $L$  = beban hidup (*life load*), N, N/mm, atau Nmm.  
 $M_i$  = momen pelat pada arah sumbu-I, Nmm.  
 $M_n$  = momen nominal *aktual* struktur, Nmm.  
 $M_{n,maks}$  = momen nominal *aktual* maksimal struktur, Nmm  
 $M_{lx}$  = momen lapangan pelat pada arah sumbu-x (bentang pendek), Nmm.  
 $M_{ly}$  = momen lapangan pelat pada arah sumbu-y (bentang panjang), Nmm.  
 $M_{tx}$  = momen tumpuan pelat pada arah sumbu-x (bentang pendek), Nmm.  
 $M_{ty}$  = momen tumpuan pelat pada arah sumbu-y (bentang panjang), Nmm.  
 $M_U$  = momen perlu atau momen terfaktor, Nmm.  
 $M_r$  = momen rencana struktur, Nmm.  
 $m$  = jumlah tulangan maksimal per baris selebar balok.  
 $n$  = jumlah total batang tulangan pada hitungan balok.  
= jumlah kaki begel pada hitungan begel.  
 $P_{cp}$  = keliling yang dibatasi oleh tepi luar penampang (termasuk rongga), mm.  
 $P_h$  = keliling yang dibatasi garis begel terluar, mm.  
 $q_D$  = beban mati terbagi rata, N/mm.  
 $q_L$  = beban hidup terbagi rata, N/mm.

- $q_u$  = beban terfaktor terbagi rata, N/mm.  
 $r$  = jari-jari inersia, mm.  
 $S$  = jarak 1 meter atau 1000 mm.  
 $s$  = spasi begel balok atau spasi tulangan pelat, mm.  
 $T_n$  = momen puntir (torsi) nominal, Nmm.  
 $T_u$  = momen puntir (torsi) perlu atau torsi terfaktor, Nmm.  
 $U$  = kuat perlu atau beban terfaktor, N, N/mm, atau Nmm.  
 $V_c$  = gaya geser yang dapat ditahan oleh beton, N.  
 $V_n$  = gaya geser nominal pada struktur beton bertulang, N.  
 $V_s$  = gaya geser yang dapat ditahan oleh tulangan sengkang/begel, N.  
 $V_u$  = gaya geser perlu atau gaya geser terfaktor, N.  
 $V_{ud}$  = gaya geser terfaktor pada jarak  $d$  dari muka tumpuan, N.  
 $\alpha$  = faktor lokasi penulangan.  
 $\beta$  = faktor pelapis tulangan.  
 $\beta_1$  = faktor pembentuk tegangan beton persegi ekuivalen yang nilainya bergantung mutu beton.  
 $\gamma$  = faktor ukuran batang tulangan.  
 $\gamma_c$  = berat beton, kN/m<sup>3</sup>.  
 $\gamma_t$  = berat tanah diatas fondasi, kN/m<sup>3</sup>.  
 $\lambda$  = faktor beban agregat ringan.  
     = panjang bentang, m.  
 $\lambda_d$  = panjang penyaluran tegangan tulangan tarik atau tekan, mm.  
 $\lambda_{db}$  = panjang penyaluran tegangan dasar, mm.  
 $\lambda_{dh}$  = panjang penyaluran tulangan kait, mm.  
 $\lambda_{hb}$  = panjang penyaluran kait dasar, mm.  
 $\lambda_n$  = bentang bersih kolom atau balok, m.  
 $\phi$  = lambang dimensi batang tulangan polos, mm.  
     = faktor reduksi kekuatan.

## ABSTRAKSI

### EFISIENSI KEBUTUHAN MATERIAL PADA PERENCANAAN PORTAL TAHAN GEMPA WILAYAH 4 DENGAN EFISIENSI ELEMEN STRUKTUR BALOK DAN KOLOM (STUDI KOMPARASI TUGAS AKHIR M. IKWAN MA'ARIF)

Tujuan perencanaan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar efisiensi kebutuhan material (beton dan baja tulangan) dan seberapa besar efisiensi jumlah biaya pada struktur portal gedung tiga lantai di wilayah gempa 4 setelah dilakukan efisiensi. Perencanaan portal ini menggunakan faktor reduksi gempa  $R = 4,8$  dan faktor daktilitas  $\mu = 3,0$ . Perhitungan perencanaan ini dibantu dengan menggunakan program SAP 2000 v.14 nonlinear, Microsoft Excel 2007, dan AutoCad 2007. Hasil dari perencanaan awal yang ada diperoleh jumlah kebutuhan material volume beton =  $30,00 \text{ m}^3$  dan berat baja tulangan =  $6381 \text{ kg}$ . Dari perencanaan awal yang sudah ada dilakukan perhitungan analisis efisiensi dengan 2 skema, yang pertama yaitu skema 1 dilakukan efisiensi dimensi balok sebesar 10% dari perencanaan awal, serta dilakukan efisiensi pada kolom dengan memperkecil dimensi kolom sebesar 1 cm dari perencanaan awal, dengan hasil kebutuhan material volume beton =  $28,952 \text{ m}^3$  dan berat baja tulangan =  $6544 \text{ kg}$ . Yang kedua yaitu skema 2 dilakukan efisiensi dimensi balok sebesar 5% dari perencanaan awal, serta dilakukan efisiensi pada kolom dengan memperkecil dimensi kolom sebesar 1 cm dari perencanaan awal, dengan hasil kebutuhan material volume beton =  $29,18 \text{ m}^3$  dan berat baja tulangan =  $6231 \text{ kg}$ . Jumlah biaya pada perencanaan awal, dan perhitungan jumlah biaya setelah dilakukan analisis efisiensi yaitu pada perencanaan akhir (skema 1) dan perencanaan akhir (skema 2) yang mendapatkan hasil biaya material (beton dan baja tulangan) perencanaan awal = Rp. 95.691.000,00, perencanaan akhir (skema 1) = Rp. 96.234.000,00, perencanaan akhir (skema 2) = Rp. 93.344.000,00. Dari hasil tersebut maka perencanaan akhir (skema 2) mendapatkan hasil yang lebih efisien dibandingkan perencanaan akhir (skema 1), dan efisiensi biaya perencanaan akhir (skema 2) terhadap perencanaan awal = Rp. 2.347.000,00, atau sebesar 2,45%.

**Kata kunci :** *Efisiensi, kebutuhan material, portal, wilayah gempa 4, efisiensi, balok, kolom*