

**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)**

**Naskah Publikasi**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-1 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)**

### Naskah Publikasi

Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir dihadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal 9 September 2014

Diajukan oleh :  
**AGUNG PRABOWO**  
**NIM : D100 100 092**

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

Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Mochamad Solikin.  
NIK : 792

**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)**

Agung Prabowo, Mochamad Solikin, dan Basuki  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani, Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura, 57102

**ABSTRAKSI**

Tujuan perencanaan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar efisiensi kebutuhan material (beton dan baja tulangan) dan seberapa besar efisiensi jumlah biaya pada salah satu 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 = 30,000 m<sup>3</sup> dan berat baja tulangan = 6.381 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 m<sup>3</sup> dan berat baja tulangan = 6.544 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 = 29,180 m<sup>3</sup> dan berat baja tulangan = 6.231 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*

## PENDAHULUAN

Di zaman yang semakin maju ini, gedung-gedung bertingkat semakin banyak ditemui. Di banyak kota metropolitan, gedung bertingkat merupakan satu-satunya jawaban terhadap pertumbuhan pemusatan penduduk yang sinambung (Schueller Wolfgang 1989). Untuk membuat gedung bertingkat yang bagus dan bermutu tinggi memerlukan pendekatan tim antara berbagai disiplin ilmu, mulai dari ilmu perancangan, fabrikasi bahan, dan konstruksi bangunan (Schueller Wolfgang 1989).

Pada perencanaan gedung bertingkat harus memperhatikan kekuatan, kenyamanan, serta nilai ekonomis dari pembangunan gedung tersebut. Ketiga komponen tersebut membutuhkan ketelitian yang tinggi dalam perhitungan konstruksi.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu struktur gedung, yang pertama pembebanan struktur, beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Beban yang bekerja pada struktur bangunan (khususnya bangunan gedung) dibedakan atas 2 macam yaitu beban vertikal dan horizontal (Ali Asroni 2010). Ada 2 faktor yang mempengaruhi pembebanan struktur, (1) factor beban, beban-beban yang akan dipikul seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. (2) factor reduksi kekuatan, ketidakpastian kekuatan bahan untuk menahan beban pada komponen struktur dianggap sebagai faktor kekuatan reduksi, yang nilainya ditentukan menurut SNI-03-2847-2002. Kedua daktilitas, daktilitas (keliatan) yaitu kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan, dimana pada perencanaan portal kali ini menggunakan sistem daktilitas daktil parsial dengan nilai faktor reduksi gempa  $R = 4,8$  dan faktor daktilitas  $\mu = 3,0$ . Ketiga perencanaan sendi plastis, menurut Departemen Pekerjaan Umum, 2002-SNI 1726 Lampiran A Pasal A.4.5.1, agar portal berperilaku *daktil* dan memenuhi persyaratan *strong column weak beam*, sendi plastis dipasang pada ujung balok, menurut Departemen Pekerjaan Umum, 2002-SNI 03-2847 sendi plastis pada balok dipasang pada ujung-ujung balok dengan jarak  $2h$  dari muka kolom. Keempat beban gempa, gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energy dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi ini disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi, menurut Departemen Pekerjaan Umum, 2002-SNI 1726 beberapa faktor yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gempa meliputi : factor respons gempa ( $C_1$ ), factor keutamaan gempa (I), factor reduksi gempa (R), berat total gedung ( $W_t$ ).

Struktur bangunan gedung terdiri atas 2 bangunan utama, yaitu struktur bangunan bawah dan struktur bangunan atas. Struktur bangunan bawah, yaitu struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah yang lazim disebut fondasi. Sedangkan struktur bangunan atas, yaitu struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah, yang meliputi : struktur atap, pelat lantai, balok, kolom, dan dinding (Ali Asroni 2010). Masing-masing komponen tersebut harus dihitung untuk mengetahui dimensinya. Sebagaimana diketahui hasil perhitungan diagram interaksi kolom, dimana kolom masih memiliki kekuatan sisa yang masih bisa di maksimalkan. Untuk memaksimalkan kemampuan kolom menerima atau memikul beban, maka sesuai prinsip analisis struktur

portal apabila balok diperkecil dimensinya maka kolom akan menerima beban yang lebih besar. Berkaitan dengan hal tersebut penyusun mencoba merencanakan ulang portal dengan mengefisiensi dimensi balok dengan tujuan mengoptimalkan fungsi kolom.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas dapat disimpulkan rumusan masalah yaitu tentang cara mengoptimalkan dimensi dari elemen struktur suatu portal untuk efisiensi kebutuhan material.

Untuk membatasi lingkup pada perencanaan ini, maka batasan-batasan perencanaan dibatasi sebagai berikut (1) Portal yang dianalisis adalah Portal B dari gedung kantor dengan denah dan bentuk portal seperti Gambar I.1. dan Gambar I.2., terletak di wilayah gempa 4 dengan sistem daktil parsial. (2) Tebal plat atap 90 mm, plat lantai 120 mm. (3) Dimensi awal portal : Balok lantai atap 200/450; lantai 3 dan 2 300/500; Kolom lantai 3 480/480; lantai 2 520/520; lantai 1 610/610. (4) Digunakan fondasi telapak menerus, berat jenis tanah diatas fondasi  $\gamma_t = 17,3 \text{ kN/m}^3$ , daya dukung tanah pada kedalaman -1,60 m,  $\sigma_t = 175 \text{ kPa}$ . (5) Mutu beton  $f'_c = 20 \text{ MPa}$ , baja tulangan  $f_y = 300 \text{ MPa}$ . (6) Portal direncanakan ulang dengan mengoptimalkan dimensi yang bertujuan untuk efisiensi kebutuhan material pada perencanaan portal.

Tujuan dari perencana yang ingin dicapai adalah sebagai berikut (1) Mengoptimalkan dimensi dari suatu elemen struktur balok dan kolom suatu portal untuk efisiensi kebutuhan material. (2) Menghitung kebutuhan material (beton dan baja tulangan) pada portal setelah direncanakan ulang dengan mengoptimalkan dimensi elemen strukturnya.

Adapun Manfaat dari Perencanaan tersebut adalah sebagai berikut (1) Memperdalam pemahaman dalam merencanakan ulang portal dengan optimalisasi dimensi elemen struktur untuk efisiensi kebutuhan material pada perencanaan portal. (2) Sebagai pedoman atau referensi dalam menghitung efisiensi kebutuhan material portal.

## METODE PERENCANAAN

### Data Perencanaan

Data perencanaan struktur meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1). Tugas akhir dengan judul *Kebutuhan Material Pada Perencanaan Portal Tiga Lantai dengan Sistem Daktil Parsial di Wilayah Gempa empat*.
- 2). Portal berdiri di atas tanah lunak.
- 3). Digunakan fondasi telapak menerus, berat tanah di atas fondasi  $\gamma_t = 17,3 \text{ kN/m}^3$ , daya dukung tanah pada kedalaman -1,60 m,  $\sigma_t = 175 \text{ kPa}$ .
- 4). Mutu beton  $f'_c = 20 \text{ MPa}$ , baja tulangan  $f_y = 300 \text{ MPa}$ .
- 5). Tebal plat atap 90 mm, plat lantai 120 mm.
- 6). Berat jenis beton  $\gamma_t = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### Alat Bantu Perencanaan

**Program SAP 2000 v.14.** Program ini adalah salah satu program komputer yang digunakan dalam perhitungan analisis struktur termasuk untuk menentukan gaya-gaya dampada suatu portal beton bertulang.

**Program Gambar (Autocad 2007).** Program ini adalah program komputer untuk penggambaran detail-detail struktur yang diperlukan dalam perencanaan.

**Program Microsoft Office 2007.** Program ini adalah program komputer yang digunakan untuk membuat laporan, bagan alir, analisa data, serta membuat tabel. **Program Microsoft Excel 2007.**

Program ini adalah program komputer yang digunakan untuk membuat tabel, dan sebagai alat bantu perhitungan tulangan pada struktur.

### Tahapan Perencanaan

Perencanaan portal pada gedung perkantoran ini dilaksanakan dalam 6 (enam) tahap yaitu :

#### 1). Tahap I : Pengumpulan data

Pada tahap ini data digunakan untuk perencanaan efisiensi portal merupakan data-data yang sudah diketahui dai Tugas Akhir yang sudah ada.

#### 2). Tahap II : Analisis beban setelah dimensi balok dan kolom di efisiensi

Pada tahap ini dilakukan analisis beban yang terjadi pada balok dan kolom setelah dilakukan efisiensi dimensi balok dan kolom dengan skema 1 dan 2. Beban-beban tersebut terdiri dari beban mati, beban hidup, beban gempa, dan analisis gaya dalam terhadap beban perlu.

#### 3).Tahap III : Kontrol kecukupan dimensi dan penulangan portal.

Pada tahap ini dilakukan analisis perencanaan dimensi balok dan kolom setelah dimensi balok dan kolom diefisiensi dengan skema 1 dan 2. Apabila sudah cukup dan sudah maksimal, maka dilanjutkan ke penulangan balok dan kolom.

#### 4).Tahap IV : Perencanaan fondasi

Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai kecukupan dimensi dan penulangan pada fondasi dari efisiensi skema 1 dan 2.

#### 5). Tahap V : Pembuatan gambar detail

Pada tahap ini dilaksanakan penggambaran sesuai dengan hasil hitungan.

#### 6). Tahap VI : Perhitungan analisis perbandingan efisiensi

Pada tahap ini, setelah diperoleh dimensi portal yang diinginkan, baik dari efisiensi skema 1 dan 2, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan material pada beton serta baja tulangan yang selanjutnya dilakukan analisis perbandingan efisiensi kebutuhan material dan biaya dari perencanaan awal yang sudah ada dengan hasil efisiensi dengan skema 1 dan 2.

## HASIL PERENCANAAN

### Perencanaan Struktur Balok

Tabel 1. Hasil perhitungan tulangan balok pada perencanaan awal

| Lan-<br>tai | Nama balok<br>(dimensi, mm) | Posisi<br>ujung | Tulangan |       | Bentang dari muka kolom kiri ke kanan (m)                   |          |         |          |          |
|-------------|-----------------------------|-----------------|----------|-------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|----------|
|             |                             |                 | Atas     | Bawah | $A_{s,u} + A_{s,t}$ (mm <sup>2</sup> ) dan pemasangan begel |          |         |          |          |
| atap        | B19<br>(200/450)            | Kiri            | 4D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 1.00     | 1.72    | 1.00     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 503.369                                                     | 222.222  | 222.222 | 222.222  | 518.263  |
|             |                             | Kanan           | 4D22     | 2D22  | Ø8-95                                                       | Ø8-195   | Ø8-195  | Ø8-195   | Ø8-95    |
|             | B20<br>(200/450)            | Kiri            | 3D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 0.50     | 0.72    | 0.50     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 547.753                                                     | 248.524  | 222.222 | 248.524  | 547.753  |
|             |                             | Kanan           | 3D22     | 2D22  | Ø8-95                                                       | Ø8-195   | Ø8-195  | Ø8-195   | Ø8-95    |
|             | B21<br>(200/450)            | Kiri            | 4D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 1.00     | 1.72    | 1.00     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 518.293                                                     | 222.222  | 222.222 | 222.222  | 503.391  |
|             |                             | Kanan           | 4D22     | 2D22  | Ø8-95                                                       | Ø8-195   | Ø8-195  | Ø8-195   | Ø8-95    |
| 3           | B16<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.28    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1228.506                                                    | 631.779  | 333.333 | 655.105  | 1251.832 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-80                                                       | Ø8-155   | Ø8-205  | Ø8-150   | Ø8-80    |
|             | B17<br>(300/500)            | Kiri            | 6D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 0.40     | 0.68    | 0.40     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1500.160                                                    | 1003.592 | 522.232 | 1003.592 | 1500.160 |
|             |                             | Kanan           | 6D22     | 2D22  | Ø8-65                                                       | Ø8-100   | Ø8-190  | Ø8-100   | Ø8-65    |
|             | B18<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.28    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1251.851                                                    | 655.114  | 333.333 | 627.271  | 1226.024 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-80                                                       | Ø8-150   | Ø8-205  | Ø8-160   | Ø8-80    |
| 2           | B13<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.19    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1286.283                                                    | 690.059  | 333.333 | 705.438  | 1301.661 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-145   | Ø8-205  | Ø8-140   | Ø8-75    |
|             | B14<br>(300/500)            | Kiri            | 6D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 0.40     | 0.59    | 0.40     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1658.858                                                    | 1162.624 | 606.458 | 1162.629 | 1658.860 |
|             |                             | Kanan           | 6D22     | 2D22  | Ø8-60                                                       | Ø8-85    | Ø8-165  | Ø8-85    | Ø8-60    |
|             | B15<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.19    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1301.650                                                    | 705.435  | 160.373 | 690.074  | 1286.310 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-140   | Ø8-205  | Ø8-145   | Ø8-75    |

Tabel 2. Hasil perhitungan tulangan balok pada perencanaan akhir (skema 1)

| Lan-<br>tai | Nama balok<br>(dimensi, mm) | Posisi<br>ujung | Tulangan |       | Bentang dari muka kolom kiri ke kanan (m)                   |          |         |          |          |
|-------------|-----------------------------|-----------------|----------|-------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|----------|
|             |                             |                 | Atas     | Bawah | $A_{s,u} + A_{s,t}$ (mm <sup>2</sup> ) dan pemasangan begel |          |         |          |          |
| atap        | B19<br>(200/450)            | Kiri            | 4D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 1.00     | 1.72    | 1.00     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 522.028                                                     | 222.222  | 222.222 | 222.222  | 536.423  |
|             |                             | Kanan           | 4D22     | 2D22  | Ø8-90                                                       | Ø8-180   | Ø8-180  | Ø8-180   | Ø8-90    |
|             | B20<br>(200/450)            | Kiri            | 3D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 0.50     | 0.72    | 0.50     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 619.953                                                     | 323.772  | 222.222 | 323.801  | 619.991  |
|             |                             | Kanan           | 3D22     | 2D22  | Ø8-90                                                       | Ø8-180   | Ø8-180  | Ø8-180   | Ø8-90    |
|             | B21<br>(200/450)            | Kiri            | 4D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 1.00     | 1.72    | 1.00     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 531.891                                                     | 222.222  | 222.222 | 222.222  | 517.401  |
|             |                             | Kanan           | 4D22     | 2D22  | Ø8-90                                                       | Ø8-180   | Ø8-180  | Ø8-180   | Ø8-90    |
| 3           | B16<br>(300/450)            | Kiri            | 8D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.28    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 3D22  | 1297.002                                                    | 680.994  | 333.333 | 700.477  | 1316.484 |
|             |                             | Kanan           | 8D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-145   | Ø8-180  | Ø8-140   | Ø8-75    |
|             | B17<br>(300/450)            | Kiri            | 6D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 0.40     | 0.68    | 0.40     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1646.282                                                    | 1139.740 | 599.601 | 1139.740 | 1646.282 |
|             |                             | Kanan           | 6D22     | 2D22  | Ø8-60                                                       | Ø8-85    | Ø8-165  | Ø8-85    | Ø8-60    |
|             | B18<br>(300/450)            | Kiri            | 8D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.28    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 3D22  | 1307.595                                                    | 691.588  | 333.333 | 672.105  | 1288.113 |
|             |                             | Kanan           | 8D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-145   | Ø8-180  | Ø8-145   | Ø8-75    |
| 2           | B13<br>(300/450)            | Kiri            | 8D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.19    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 3D22  | 1332.436                                                    | 716.428  | 333.333 | 728.862  | 1344.875 |
|             |                             | Kanan           | 8D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-140   | Ø8-180  | Ø8-135   | Ø8-70    |
|             | B14<br>(300/450)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 0.40     | 0.59    | 0.40     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1753.687                                                    | 1247.153 | 654.095 | 1247.153 | 1753.687 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-55                                                       | Ø8-80    | Ø8-150  | Ø8-80    | Ø8-55    |
|             | B15<br>(300/450)            | Kiri            | 8D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.19    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 3D22  | 1330.067                                                    | 714.041  | 164.528 | 701.694  | 1317.702 |
|             |                             | Kanan           | 8D22     | 2D22  | Ø8-80                                                       | Ø8-140   | Ø8-180  | Ø8-140   | Ø8-75    |

Tabel 3. Hasil perhitungan tulangan balok pada perencanaan akhir (skema 2)

| Lan-<br>tai | Nama balok<br>(dimensi, mm) | Posisi<br>ujung | Tulangan |       | Bentang dari muka kolom kiri ke kanan (m)                   |          |         |          |          |
|-------------|-----------------------------|-----------------|----------|-------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|----------|
|             |                             |                 | Atas     | Bawah | $A_{s,u} + A_{s,t}$ (mm <sup>2</sup> ) dan pemasangan begel |          |         |          |          |
| atap        | B19<br>(200/450)            | Kiri            | 4D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 1.00     | 1.72    | 1.00     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 503.506                                                     | 222.222  | 222.222 | 222.222  | 517.972  |
|             |                             | Kanan           | 4D22     | 2D22  | Ø8-90                                                       | Ø8-180   | Ø8-180  | Ø8-180   | Ø8-90    |
|             | B20<br>(200/450)            | Kiri            | 2D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 0.50     | 0.72    | 0.50     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 586.706                                                     | 290.520  | 222.222 | 290.535  | 586.725  |
|             |                             | Kanan           | 2D22     | 2D22  | Ø8-90                                                       | Ø8-180   | Ø8-180  | Ø8-180   | Ø8-90    |
|             | B21<br>(200/450)            | Kiri            | 4D22     | 2D22  | 0.90                                                        | 1.00     | 1.72    | 1.00     | 0.90     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 512.493                                                     | 222.222  | 222.222 | 222.222  | 498.027  |
|             |                             | Kanan           | 4D22     | 2D22  | Ø8-90                                                       | Ø8-180   | Ø8-180  | Ø8-180   | Ø8-90    |
| 3           | B16<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.28    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1216.241                                                    | 623.588  | 333.333 | 644.864  | 1237.517 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-80                                                       | Ø8-160   | Ø8-195  | Ø8-155   | Ø8-80    |
|             | B17<br>(300/500)            | Kiri            | 6D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 0.40     | 0.68    | 0.40     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1546.038                                                    | 1052.194 | 552.753 | 1052.168 | 1546.003 |
|             |                             | Kanan           | 6D22     | 2D22  | Ø8-60                                                       | Ø8-95    | Ø8-180  | Ø8-95    | Ø8-60    |
|             | B18<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.28    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1227.854                                                    | 635.200  | 333.333 | 613.924  | 1206.577 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-80                                                       | Ø8-155   | Ø8-195  | Ø8-160   | Ø8-80    |
| 2           | B13<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.19    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1269.769                                                    | 677.450  | 333.333 | 691.148  | 1283.467 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-145   | Ø8-195  | Ø8-145   | Ø8-75    |
|             | B14<br>(300/500)            | Kiri            | 6D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 0.40     | 0.59    | 0.40     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1695.696                                                    | 1202.080 | 631.561 | 1202.080 | 1695.696 |
|             |                             | Kanan           | 6D22     | 2D22  | Ø8-55                                                       | Ø8-80    | Ø8-155  | Ø8-80    | Ø8-55    |
|             | B15<br>(300/500)            | Kiri            | 7D22     | 2D22  | 1.00                                                        | 1.10     | 1.19    | 1.10     | 1.00     |
|             |                             | Lap.            | 2D22     | 2D22  | 1268.368                                                    | 676.048  | 157.485 | 662.350  | 1254.670 |
|             |                             | Kanan           | 7D22     | 2D22  | Ø8-75                                                       | Ø8-145   | Ø8-195  | Ø8-150   | Ø8-80    |

## Perencanaan Struktur Kolom

Tabel 4. Hasil perhitungan tulangan kolom pada perencanaan awal

| Lantai | Nama kolom   | Posisi ujung | Kriteria nilai | Tinjauan kuat perlu |                  | $\rho_t$ dan $A_{st}$ terpasang |
|--------|--------------|--------------|----------------|---------------------|------------------|---------------------------------|
|        |              |              |                | $1,2D+L+E^{(+)}$    | $1,2D+L+E^{(-)}$ |                                 |
| 3      | K9<br>(K12)  | Atas         | $P_u$ (kN)     | 38.17               | 64.63            | 8D28                            |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -13.92              | -96.51           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.018               | 1.018            |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | <b>1.00</b>      |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 60.690              | 87.432           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 13.92               | 72.20            |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.018               | 1.018            |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        | K10<br>(K11) | Atas         | $P_u$ (kN)     | 67.28               | 90.27            | 10D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 122.63              | 53.74            |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.018               | 1.018            |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.13</b>         | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 90.08               | 113.08           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -103.71             | -41.22           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.018               | 1.018            |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
| 2      | K5<br>(K8)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 133.12              | 228.16           | 10D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -25.10              | -146.11          |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0495              | 1.0495           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | <b>1.04</b>      |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 159.12              | 254.92           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 25.489              | 133.977          |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0495              | 1.0495           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        | K6<br>(K7)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 227.42              | 311.14           | 14D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 192.77              | -120.71          |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0495              | 1.0495           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.40</b>         | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 254.18              | 338.66           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -179.61             | 112.34           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0495              | 1.0495           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.30                | 1.00             |                                 |
| 1      | K1<br>(K4)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 229.79              | 398.38           | 18D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -25.58              | -94.75           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0417              | 1.0417           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 271.88              | 440.47           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -238.16             | 295.70           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0417              | 1.0417           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.03                | <b>1.42</b>      |                                 |
|        | K2<br>(K3)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 385.87              | 541.53           | 20D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 141.38              | -71.84           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0417              | 1.0417           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 427.96              | 583.62           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -312.24             | 279.41           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0417              | 1.0417           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.54</b>         | 1.27             |                                 |

Tabel 5. Hasil perhitungan tulangan kolom pada perencanaan akhir (skema 1)

| Lantai | Nama kolom   | Posisi ujung | Kriteria nilai | Tinjauan kuat perlu |                  | $\rho_t$ dan $A_{st}$ terpasang |
|--------|--------------|--------------|----------------|---------------------|------------------|---------------------------------|
|        |              |              |                | $1,2D+L+E^{(+)}$    | $1,2D+L+E^{(-)}$ |                                 |
| 3      | K9<br>(K12)  | Atas         | $P_u$ (kN)     | 28.91               | 58.36            | 8D28                            |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -1.36               | -93.81           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0176              | 1.0176           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | <b>1.00</b>      |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 51.174              | 80.623           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 1.36                | 58.92            |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0176              | 1.0176           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        | K10<br>(K11) | Atas         | $P_u$ (kN)     | 54.42               | 79.18            | 10D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 126.46              | 66.29            |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0176              | 1.0176           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.26</b>         | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 76.69               | 101.45           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -93.64              | -37.32           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0176              | 1.0176           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
| 2      | K5<br>(K8)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 112.56              | 206.46           | 10D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -30.54              | -141.10          |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0593              | 1.0593           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | <b>1.07</b>      |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 138.78              | 232.68           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 33.387              | 131.497          |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0593              | 1.0593           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        | K6<br>(K7)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 193.37              | 279.07           | 14D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 186.95              | -119.85          |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0593              | 1.0593           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.45</b>         | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 219.59              | 305.29           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -176.47             | 114.62           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0593              | 1.0593           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.36                | 1.00             |                                 |
| 1      | K1<br>(K4)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 199.15              | 360.11           | 20D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -32.04              | -73.83           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0487              | 1.0487           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 240.62              | 401.58           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -256.55             | 308.93           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0487              | 1.0487           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.18                | <b>1.64</b>      |                                 |
|        | K2<br>(K3)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 332.88              | 485.72           | 22D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 118.56              | -54.79           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0487              | 1.0487           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                | 1.00             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 374.35              | 527.19           |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -324.61             | 294.45           |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0487              | 1.0487           |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.77</b>         | 1.46             |                                 |

Tabel 6. Hasil perhitungan tulangan kolom pada perencanaan akhir (skema 2)

| Lantai | Nama kolom   | Posisi ujung | Kriteria nilai | Tinjauan kuat perlu     |                         | $\rho_t$ dan $A_{st}$ terpasang |
|--------|--------------|--------------|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|        |              |              |                | 1,2D+L+E <sup>(+)</sup> | 1,2D+L+E <sup>(-)</sup> |                                 |
| 3      | K9<br>(K12)  | Atas         | $P_u$ (kN)     | 29.66                   | 57.59                   | 8D28                            |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -3.77                   | -91.36                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0161                  | 1.0161                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | <b>1.00</b>             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 51.930                  | 79.860                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 3.77                    | 62.96                   |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0161                  | 1.0161                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | 1.00                    |                                 |
|        | K10<br>(K11) | Atas         | $P_u$ (kN)     | 55.02                   | 78.58                   |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 121.56                  | 61.45                   |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0161                  | 1.0161                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.21</b>             | 1.00                    |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 77.29                   | 100.84                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -96.97                  | -41.10                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0161                  | 1.0161                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | 1.00                    |                                 |
| 2      | K5<br>(K8)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 112.30                  | 207.49                  | 10D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -31.47                  | -141.38                 |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0504                  | 1.0504                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | <b>1.08</b>             |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 138.51                  | 233.71                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 31.420                  | 129.180                 |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0504                  | 1.0504                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | 1.00                    |                                 |
|        | K6<br>(K7)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 195.03                  | 279.42                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 189.23                  | -123.05                 |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0504                  | 1.0504                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.47</b>             | 1.00                    |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 221.24                  | 305.64                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -176.49                 | 115.33                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0504                  | 1.0504                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.36                    | 1.00                    |                                 |
| 1      | K1<br>(K4)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 196.83                  | 363.76                  | 18D28                           |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -22.03                  | -83.34                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0423                  | 1.0423                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | 1.00                    |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 238.30                  | 405.23                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -245.77                 | 297.81                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0423                  | 1.0423                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.13                    | <b>1.54</b>             |                                 |
|        | K2<br>(K3)   | Atas         | $P_u$ (kN)     | 334.04                  | 488.00                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | 131.42                  | -68.21                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0423                  | 1.0423                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | 1.00                    | 1.00                    |                                 |
|        |              | Bawah        | $P_u$ (kN)     | 375.51                  | 529.48                  |                                 |
|        |              |              | $M_u$ (kNm)    | -315.35                 | 285.45                  |                                 |
|        |              |              | $\delta_s$     | 1.0423                  | 1.0423                  |                                 |
|        |              |              | $\rho$ (%)     | <b>1.68</b>             | 1.38                    |                                 |

### Perencanaan Struktur Fondasi

Hasil perhitungan tulangan pada fondasi digunakan tulangan pokok D10 dengan jarak 75 mm dan tulangan bagi D8 dengan jarak 80 mm.

### Perencanaan Struktur Sloof

Tabel 7. Hasil perhitungan *sloof* pada perencanaan awal

| Nama sloof<br>(bentang, m) | Posisi<br>ujung | Tulangan |       | Bentang dari muka kolom kiri ke kanan tiap segmen<br>nilai $A_{v,u}$ (mm <sup>2</sup> ) dan pemasangan begel |         |         |
|----------------------------|-----------------|----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                            |                 | Atas     | Bawah |                                                                                                              |         |         |
| S1 (6)                     | Kiri            | 6D22     | 6D22  | 1,7                                                                                                          | 1,99    | 1,7     |
|                            | Lap.            | 7D22     | 6D22  | 1378,801                                                                                                     | 677,778 | 677,778 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 7D22  | Ø12-175                                                                                                      | Ø10-230 | Ø12-160 |
| S2 (4)                     | Kiri            | 6D22     | 7D22  | 1,7                                                                                                          | -       | 1,7     |
|                            | Lap.            | 6D22     | 6D22  | 677,778                                                                                                      | -       | 677,778 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 7D22  | Ø10-230                                                                                                      | -       | Ø10-230 |
| S3 (6)                     | Kiri            | 6D22     | 7D22  | 1,7                                                                                                          | 1,99    | 1,7     |
|                            | Lap.            | 7D22     | 6D22  | 828,135                                                                                                      | 677,778 | 677,778 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 6D22  | Ø12-160                                                                                                      | Ø10-230 | Ø12-175 |

Tabel 8. Hasil perhitungan *sloof* pada perencanaan akhir (skema 1)

| Nama sloof<br>(bentang, m) | Posisi<br>ujung | Tulangan |       | Bentang dari muka kolom kiri ke kanan tiap segmen<br>nilai $A_{v,u}$ (mm <sup>2</sup> ) dan pemasangan begel |         |         |
|----------------------------|-----------------|----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                            |                 | Atas     | Bawah |                                                                                                              |         |         |
| S1 (6)                     | Kiri            | 6D22     | 6D22  | 1.70                                                                                                         | 2.00    | 1.70    |
|                            | Lap.            | 8D22     | 6D22  | 1256.511                                                                                                     | 666.667 | 666.667 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 7D22  | Ø12-175                                                                                                      | Ø10-230 | Ø12-175 |
|                            |                 | 6D22     | 7D22  | Ø10-230                                                                                                      |         | Ø10-230 |
| S2 (4)                     | Kiri            | 6D22     | 7D22  | 1.70                                                                                                         |         | 1.70    |
|                            | Lap.            | 6D22     | 6D22  | 666.667                                                                                                      |         | 666.667 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 7D22  | Ø10-230                                                                                                      |         | Ø10-230 |
|                            |                 | 6D22     | 7D22  | Ø10-230                                                                                                      |         | Ø10-230 |
| S3 (6)                     | Kiri            | 6D22     | 7D22  | 1.70                                                                                                         | 1.99    | 1.70    |
|                            | Lap.            | 8D22     | 6D22  | 740.303                                                                                                      | 666.667 | 666.667 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 6D22  | Ø12-175                                                                                                      | Ø10-230 | Ø12-175 |
|                            |                 | 6D22     | 6D22  | Ø10-230                                                                                                      |         | Ø12-175 |

Tabel 9. Hasil perhitungan *sloof* pada perencanaan akhir (skema 2)

| Nama sloof<br>(bentang, m) | Posisi<br>ujung | Tulangan |       | Bentang dari muka kolom kiri ke kanan tiap segmen<br>nilai $A_{v,u}$ (mm <sup>2</sup> ) dan pemasangan begel |         |         |
|----------------------------|-----------------|----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                            |                 | Atas     | Bawah |                                                                                                              |         |         |
| S1 (6)                     | Kiri            | 6D22     | 6D22  | 1.70                                                                                                         | 2.00    | 1.70    |
|                            | Lap.            | 8D22     | 6D22  | 1245.820                                                                                                     | 666.667 | 666.667 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 7D22  | Ø12-175                                                                                                      | Ø10-235 | Ø12-175 |
|                            |                 | 6D22     | 7D22  | Ø10-235                                                                                                      |         | Ø12-175 |
| S2 (4)                     | Kiri            | 6D22     | 7D22  | 1.70                                                                                                         |         | 1.70    |
|                            | Lap.            | 6D22     | 6D22  | 666.667                                                                                                      |         | 666.667 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 7D22  | Ø10-235                                                                                                      |         | Ø10-235 |
|                            |                 | 6D22     | 7D22  | Ø10-235                                                                                                      |         | Ø10-235 |
| S3 (6)                     | Kiri            | 6D22     | 7D22  | 1.70                                                                                                         | 1.99    | 1.70    |
|                            | Lap.            | 8D22     | 6D22  | 732.371                                                                                                      | 666.667 | 666.667 |
|                            | Kanan           | 6D22     | 6D22  | Ø12-175                                                                                                      | Ø10-235 | Ø12-175 |
|                            |                 | 6D22     | 6D22  | Ø10-235                                                                                                      |         | Ø12-175 |

### Rekapitulasi Kebutuhan Material

Tabel 10. Rekapitulasi kebutuhan material volume beton dan volume tulangan perencanaan awal

| No.                     | Bagian struktur | Vol. beton<br>m <sup>3</sup> | Berat Tulangan (kg)         |       |       |
|-------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-------|-------|
|                         |                 |                              | Longitudinal                | Begel | Total |
| 1                       | Balok           | 5,602                        | 1029                        | 181   | 1210  |
| 2                       | Kolom           | 13,314                       | 3772                        | 157   | 3929  |
| 3                       | Fondasi         | 2,442                        | 304                         | 81    | 385   |
| 4                       | Sloof           | 8,612                        | 690                         | 167   | 857   |
| Jumlah total vol. beton |                 | 29,970                       | Jumlah total berat tulangan |       | 6381  |
| Dibulatkan              |                 | 30,000                       |                             |       |       |

Tabel 11. Rekapitulasi kebutuhan material volume beton dan volume tulangan perencanaan akhir (skema 1)

| No.                    | Bagian Struktur | Vol beton<br>m <sup>3</sup> | Berat Tulangan (kg)   |       |       |
|------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------|-------|-------|
|                        |                 |                             | Longitudinal          | Begel | Total |
| 1                      | Balok           | 5,184                       | 1119                  | 185   | 1304  |
| 2                      | Kolom           | 12,818                      | 3971                  | 151   | 4122  |
| 3                      | Fondasi         | 2,490                       | 183                   | 81    | 264   |
| 4                      | Sloof           | 8,466                       | 690                   | 164   | 854   |
| Jumlah total vol beton |                 | 28,952                      | Jumlah berat tulangan |       | 6544  |
| Dibulatkan             |                 | 28,952                      |                       |       |       |

Tabel 12. Rekapitulasi kebutuhan material volume beton dan volume tulangan perencanaan akhir (skema 2)

| No.                    | Bagian   | Vol beton      | Berat Tulangan (kg)   |       |       |
|------------------------|----------|----------------|-----------------------|-------|-------|
|                        | Struktur | m <sup>3</sup> | Longitudinal          | Begel | Total |
| 1                      | Balok    | 5,399          | 1028                  | 181   | 1209  |
| 2                      | Kolom    | 12,825         | 3765                  | 153   | 3918  |
| 3                      | Fondasi  | 2,490          | 183                   | 81    | 264   |
| 4                      | Sloof    | 8,466          | 676                   | 164   | 840   |
| Jumlah total vol beton |          | 29,18          | Jumlah berat tulangan |       | 6231  |
| Dibulatkan             |          | 29,18          |                       |       |       |

### Analisa Perbandingan Efisiensi

Tabel 12. Hasil hitungan jumlah biaya total

| No | Perencanaan      | jumlah material                   | volume/berat | jumlah (Rp)   | Total (Rp)    |
|----|------------------|-----------------------------------|--------------|---------------|---------------|
| 1  | Perencanaan awal | volume beton (m <sup>3</sup> )    | 30,00        | 25.500.000,00 | 95.691.000,00 |
|    |                  | berat baja tulangan (kg)          | 6.381        | 70.191.000,00 |               |
| 2  | Skema 1          | volume beton (m <sup>3</sup> )    | 28,95        | 24.610.000,00 | 96.234.000,00 |
|    |                  | berat baja tulangan (kg)          | 6.544        | 71.984.000,00 |               |
| 3  | Skema 2          | volume beton (m <sup>3</sup> )    | 29,18        | 24.803.000,00 | 93.344.000,00 |
|    |                  | berat baja tulangan (kg)          | 6.231        | 68.541.000,00 |               |
|    | catatan harga    | beton = 850.000,00/m <sup>3</sup> |              |               |               |
|    |                  | baja tulangan = 11.000,00/kg      |              |               |               |

Setelah dilakukan perhitungan 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 dapat disimpulkan 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%.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Setelah melakukan analisis efisiensi perhitungan kebutuhan material pada perencanaan portal beton bertulang dengan system daktil parsial di wilayah gempa 4 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Efisiensi pada perencanaan akhir (skema 1) dilakukan dengan mengurangi dimensi balok sebesar 10% dari dimensi balok pada perencanaan awal, serta memperkecil dimensi kolom sebesar 1 cm dari dimensi kolom pada perencanaan awal.
- 2). Efisiensi pada perencanaan akhir (skema 2) dilakukan dengan mengurangi dimensi balok sebesar 5% dari dimensi balok pada perencanaan awal, serta memperkecil dimensi kolom sebesar 1 cm dari dimensi kolom pada perencanaan awal.
- 3). Pada perencanaan awal menghasilkan kebutuhan volume beton sebesar 30,00 m<sup>3</sup> dan berat baja tulangan 6381 kg, dengan biaya total Rp. 95.691.000.
- 4). Efisiensi dengan (skema 1) menghasilkan kebutuhan volume beton sebesar 28,95 m<sup>3</sup> dan berat baja tulangan 6544 kg, dengan biaya total Rp. 96.234.000,00.
- 5). Efisiensi dengan (skema 2) menghasilkan kebutuhan volume beton sebesar 29,18 m<sup>3</sup> dan berat baja

tulangan 6231 kg, dengan biaya total Rp. 93.344.000,00.

- 6). Efisiensi biaya kebutuhan material (skema 2) terhadap perencanaan awal sebesar Rp. 2.347.000,00 atau sebesar 2,45%.

#### Saran

Adapun saran-saran penulis yang dapat disampaikan berkaitan dengan pengerjaan Tugas Akhir ini diantaranya sebagai berikut :

- 1). Nilai efisiensi bisa didapat lebih besar jika diterapkan pada gedung-gedung bertingkat tinggi.
- 2). Analisis pembebanan dengan metode 3D pada program SAP dapat menggambarkan kondisi gedung yang lebih real/sebenarnya.
- 3). Nilai Efisiensi dapat berubah sesuai dengan mutu beton dan baja tulangan yang digunakan dalam perencanaan.
- 4). Perlu ketelitian dalam menghitung kebutuhan material agar hasil efisiensi bisa maksimal.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Mochamad Solikin, selaku Pembimbing Utama dan Bapak Basuki, ST, MT, selaku Pembimbing Pendamping yang dengan sabar telah meluangkan waktunya dalam memberikan semua arahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga dapat terlaksana dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ma'arif, M.I., 2013. *Kebutuhan Material Pada Perencanaan Portal Tiga Lantai dengan Sistem Daktil Parsial di Wilayah Gempa Empat*, Tugas Akhir, Proram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2009. *Struktur Beton Lanjut*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2010a. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Edisi pertama, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2010b. *Kolom, Fondasi dan Balok T Beton Bertulang*, Edisi pertama, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2012. *Contoh Perencanaan Portal Beton Bertulang dengan Sistem Daktil Parsial*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- DPPW, 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*, SNI-1726-2002. Departemen Pemukiman dan Prasarana, Bandung.
- DPU, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- DSN, 1989. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, SNI 03-1727-1989. UDC, Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002a. *Standart Perencanaa Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung

- Departemen Pekerjaan Umum, 2002b. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung* SNI 03-2847-2002, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Schueller, W., 1989. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*, Edisi pertama, Penerbit PT Eresco, Bandung.