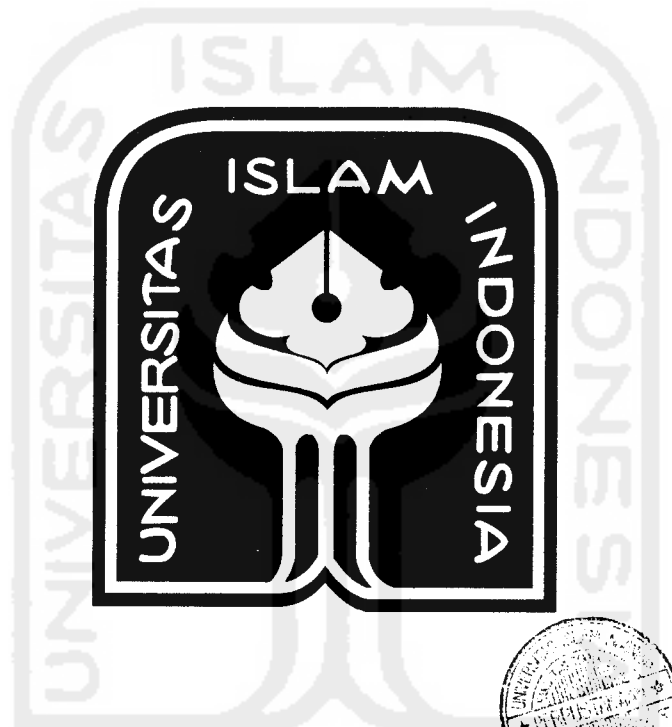


|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| PERPUSTAKAAN FITRAH UIN |              |
| HADIAN/ BELI            |              |
| TGL. TERIMA :           | 5 Maret 2006 |
| NO. JUDUL :             | 002260       |
| NO. (S&Y) :             | 02000260031  |
| NO. INDUK :             |              |

TUGAS AKHIR SARJANA STRATA S-1

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG  
 “ MALL CITRA ATLAS “  
 DI JALAN SILIWANGI SEMARANG**



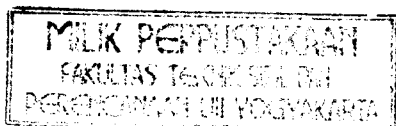
Dikerjakan Oleh :

**Teguh Adhitama ( 97 511 173 )**

**Heriyanto Wibowo ( 97 511 186 )**

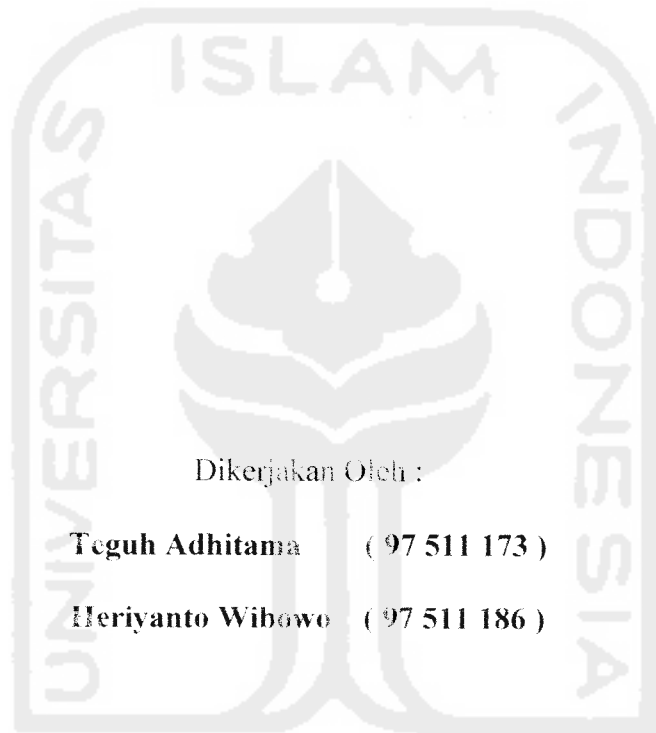
**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 JOGJAKARTA**

**2006**



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG  
“ MALL CITRA ATLAS “  
DI JALAN SILIWANGI SEMARANG**




Dikerjakan Oleh :

**Teguh Adhitama ( 97 511 173 )**

**Heriyanto Wibowo ( 97 511 186 )**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. Suharvatmo, MT**  
**Dosen Pembimbing I**

  
Tanggal : 31/8/06

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Allah SWT Maha Besar dan Maha Tinggi

Dengan petunjukMu kami menjadi tahu yang sebenarnya kami tidak tahu.

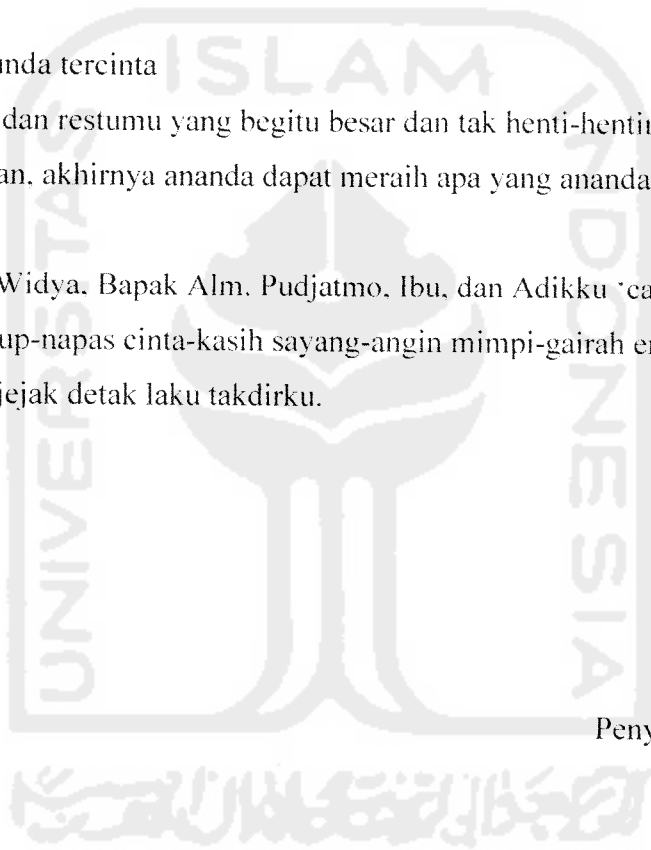
“Sesungguhnya orang yang berakalalah yang dapat menerima pelajaran”

Muhammad Rasulullah Sang Suri Tauladan yang sempurna

Ayah dan Ibunda tercinta

Dengan do`a dan restumu yang begitu besar dan tak henti-hentinya yang engaku berikan, akhirnya ananda dapat meraih apa yang ananda cita-citakan.

Mama `DN` Widya, Bapak Alm. Pudjatmo, Ibu, dan Adikku `cantik` Nonik semangat hidup-napas cinta-kasih sayang-angin mimpi-gairah energiku, ambisi dalam setiap jejak detak laku takdirku.



Penyusun

## MOTTO

Saudaraku, Niatkan segala sesuatunya kerja yang akan dilakukan dengan *Ikhlas* karena Allah *SWT* sesuai aturan-Nya. Rencanakan sesuatu Kerja dengan baik, organisasikan dengan teratur, laksanakan dengan cermat, kendalikan dengan kontrol sedini mungkin serta evaluasilah secara baik pula.

*Sesungguhnya setelah kesulitan itu pasti ada kemudahan. Maka apabila telah selesai sesuatu urusan maka segera persiapkan untuk urusan yang lain, dan kepada rabb ( tuhan ) mu lah semua dikembalikan.*

Ampuni dosa dan *khilaf* kami Ya Allah, *Yaa Rabbul 'aalamiin*.

Penyusun

Teguh dan Heri

## DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| Halaman Judul  |          |
| Lembar Pengesahan  |          |
| Motto  |          |
| Kata Pengantar   |          |
| Daftar Isi   |          |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang   | 1        |
| 1.2 Perumusan Masalah  | 2        |
| 1.3 Batasan Masalah  | 2        |
| 1.4 Keaslian Penulisan   | 3        |
| 1.5 Manfaat Penulisan  | 3        |
| 1.6 Tujuan Penulisan   | 3        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>                                  | <b>5</b> |
| 2.1 Tinjauan Pustaka   | 5        |
| 2.1.1 Komponen Struktur Lentur Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus ( SRPMK )   | 6        |
| 2.1.2 Persyaratan Kuat Geser   | 9        |
| 2.1.3 Komponen Struktur Yang Menerima Kombinasi Lentur Dan Beban Aksial Pada SRPMK | 10       |
| 2.2 Landasan Teori   | 10       |
| 2.2.1 Teori Pembebanan   | 10       |
| 2.2.2 Beban Gempa  | 11       |
| 2.2.3 Kombinasi Pembebanan   | 13       |
| 2.2.4 Perencanaan Kolom  | 16       |
| 2.2.5 Perencanaan Balok Dan Tangga   | 17       |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| 2.2.6          | Penulangan pelat Lantai Dan Pelat Atap.....                        | 19        |
| <b>BAB III</b> | <b>ESTIMASI DIMENSI ELEMEN STRUKTUR.....</b>                       | <b>20</b> |
| 3.1            | Pendahuluan.....   | 20        |
| 3.2            | Estimasi Balok.....  | 23        |
| 3.3            | Estimasi pelat.....  | 24        |
| 3.4            | Estimasi Kolom.....  | 26        |
| <b>BAB IV</b>  | <b>ANALISIS ELEMEN STRUKTUR.....</b>                               | <b>40</b> |
| 4.1            | Perencanaan Kuda-kuda Baja.....                                    | 40        |
| 4.1.1          | Perhitungan Konstruksi Atap Baja.....                              | 40        |
| 4.1.2          | Perhitungan jarak Gording.....                                     | 41        |
| 4.1.3          | Perhitungan Gording.....   | 42        |
| 4.1.4          | Pembebanan Gording.....  | 42        |
| 4.1.5          | Analisis Struktur Kuda-kuda Baja.....                              | 45        |
| 4.1.6          | Perhitungan Profil Kuda-Kuda.....                                  | 47        |
| 4.2            | Perencanaan Tangga Dan Bordes.....                                 | 52        |
| 4.2.1          | Pembebanan Tangga .....  | 54        |
| 4.2.2          | Penulangan Pelat Tangga.....                                       | 56        |
| 4.2.3          | Penulangan Pelat Bordes.....                                       | 60        |
| 4.3            | Penulangan Pelat.....  | 65        |
| 4.3.1          | Penulangan Pelat Atap.....   | 65        |
| 4.3.2          | Penulangan Pelat Lantai.....                                       | 73        |
| 4.4            | Penulangan Balok.....  | 78        |
| 4.4.1          | Penulangan Balok Terhadap Lentur.....                              | 78        |
| 4.4.2          | Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok.....                        | 83        |
| 4.4.3          | Tulangan Geser Balok.....  | 88        |
| 4.5            | Penulangan Kolom.....  | 92        |
| 4.5.1          | Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur<br>Dan Aksial ..... | 92        |

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran kehadiran Allah Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

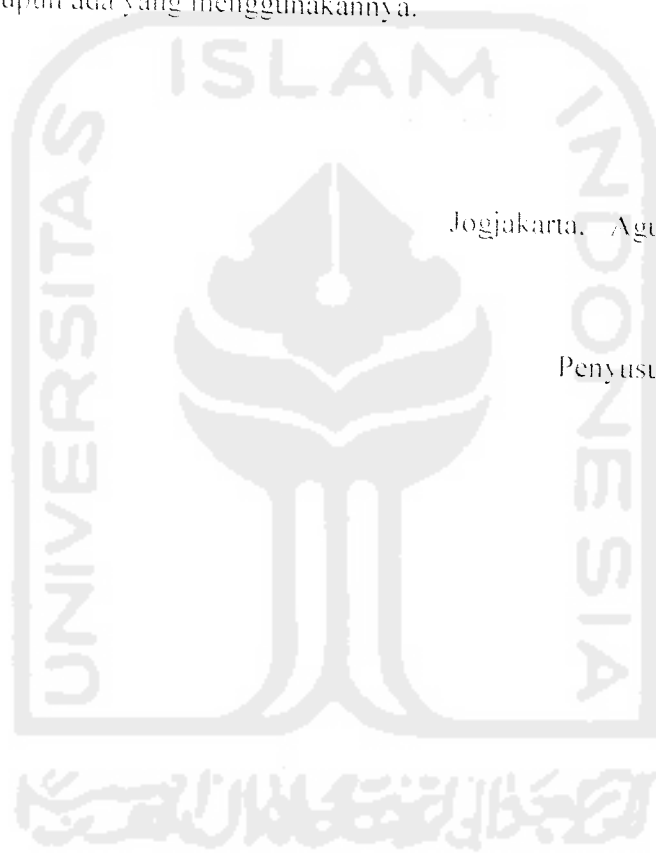
Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana jenjang Strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Terlaksananya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.H. Edy Suandi Hamid, M.Fc, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr.Ir.H. Ruzardi , selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir.H. Faisol AM.MS , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir.H. Suharyatmo.MT , selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penyusun di Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak, Ibu, Adikku serta segenap keluarga yang telah memberikan dorongan dan do'a sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Rohadi sekeluarga sebagai bapak kos yang telah memberi motivasi dan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman yang telah banyak memberikan kesenangan dan kesusahan. Aang, Haekal, wazi, joice, roy, dan semua anak-anak dongkals yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya besar harapan penyusun semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun ada yang menggunakannya.



Jogjakarta, Agustus 2006

Penyusun



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang.

Mengimbangi keadaan saat ini terhadap tuntutan kebutuhan masyarakat terutama di kota-kota besar di Indonesia, banyak sekali dibangun gedung-gedung bertingkat tinggi baik itu gedung pemerintah maupun swasta. Gedung-gedung tersebut sebagai fasilitas umum harus dikerjakan dengan mengikuti ketentuan teknis yang telah ditetapkan, agar terhindar dari resiko yang dapat mengakibatkan kerugian, baik material maupun kecelakaan manusia.

Suatu bangunan bertingkat tinggi harus dapat menahan semua gaya-gaya yang bekerja pada konstruksinya. Gaya-gaya tersebut adalah beban gravitasi dan beban akibat gempa. Beban gravitasi yaitu beban yang bersifat tetap berupa berat bangunan itu sendiri dan beban hidup. Beban yang bersifat dinamis arah lateral dan bersifat sementara, yaitu beban akibat gempa.

Gempa bumi dengan gaya horisontalnya yang sukar diprediksi kekuatannya secara tidak langsung merupakan ancaman terhadap kekuatan bangunan secara umum atau perencanaan struktur bangunan pada khususnya. Karena arah gempa yang merambat secara horizontal tersebut maka dipastikan akan menyerang titik-titik terlemah pada konstruksi/struktur bangunan sehingga dapat menimbulkan keruntuhan. Dengan prinsip inilah dalam merencanakan bangunan tahan gempa harus meningkatkan kekuatan struktur terhadap adanya gaya lateral (Muto, 1987).

Perencanaan suatu gedung bertingkat merupakan suatu topik yang dapat diangkat sebagai bahan penelitian tugas akhir dan diharapkan dapat bermanfaat untuk menerapkan ilmu yang diperoleh selama kuliah dalam rangka persiapan memasuki dunia kerja bidang konstruksi bangunan.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah bagaimana merancang Struktur Gedung 6 Lantai "Mall Citra Atlas" di Jalan Siliwangi, Semarang, agar konstruksi gedung ini sesuai dengan ketentuan dari Departemen Pekerjaan Umum berupa SNI 03-2847-2002.

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah untuk penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Struktur bangunan terdiri atas 6 lantai.
2. Perhitungan akan dilakukan pada seluruh bagian struktur gedung dar atap, balok, kolom dan pondasi.
3. Pembebanan yang dianalisa adalah beban mati, beban hidup dan gempa saja.
4. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program komputer *Structure Analysis Program (SAP) 2000*.
5. Struktur dimodelkan dengan portal 2 dimensi, berupa portal beton bertulang dengan sistem struktur SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus), karena bangunan terletak pada wilayah gempa 3.

6. Perhitungan didasarkan pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
7. Analisis gempa menggunakan statik ekuivalen
8. Spesifikasi material yang digunakan:

$$\text{Kuat Tekan Beton} \quad f'c = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat Leleh Baja tulangan} \leq 12 \text{ mm}, \quad fy = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat Leleh Baja tulangan} \geq 12 \text{ mm}, \quad fy = 400 \text{ MPa}$$

#### 1.4. Keaslian Penulisan

Sepanjang pengetahuan penulis, tugas Perancangan Struktur Atas Gedung 6 Lantai "Mall Citra Atlas" di Jalan Siliwangi Semarang, belum pernah dilakukan. Hal ini berdasarkan pada referensi Tugas Akhir yang ada pada Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### 1.5. Manfaat Penulisan

Penulis dapat menerapkan ilmu dan pengetahuan yang diperoleh selama dibangku kuliah, dalam perencanaan gedung bertingkat dan juga dapat menambah pengetahuan praktis dalam bidang teknik sipil, sehingga menambah wawasan bagi penulis akan aplikasi-aplikasi nyata yang ada dilapangan.

Sebagai bahan acuan jika suatu saat akan direncanakan bangunan yang sejenis di kota Semarang dan sekitarnya.

#### 1.6. Tujuan Penulisan.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui dan mempraktikkan secara langsung perhitungan dan perencanaan struktur gedung

bertingkat, dengan menerapkan dasar-dasar teori yang diperoleh dalam bangku kuliah.

Tujuan penulisan juga dimaksudkan untuk dapat memperoleh dimensi struktur yang efektif dan ekonomis dari sudut pandang kekuatan dan kestabilan gedung mall Citra Atlas di jalan Siliwangi, Semarang terhadap gaya-gaya yang bekerja pada bangunan gedung pertokoan tersebut.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Prinsip dasar pada struktur beton rangka terbuka adalah jika terjadi keruntuhan akibat over load beban/gaya adalah terjadi pada bagian balok (batang horisontal) terlebih dahulu baru kemudian diikuti oleh batang vertikal (kolom). (Wang dkk, 1986)

Sistem struktur beton merupakan rangkaian dari komponen-komponen struktur beton yang bila dipadukan akan menghasilkan suatu sistem menyeluruh.

Pelat adalah elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur.

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom penyangga yang vertikal. Pada umumnya elemen balok dicor secara monolit dengan pelat lantai dan secara struktural ditulangi di bagian bawah atau di bagian atas dan bawah.

Kolom adalah elemen vertikal yang memikul semua beban dari sistem lantai struktural untuk diteruskan ke dalam tanah melalui fondasi. Elemen kolom merupakan elemen yang mengalami gaya tekan dan pada umumnya disertai dengan momen lentur.

Sistem struktur beton bertulang tersebut harus didesain sedemikian sehingga menjadi suatu sistem struktur yang memenuhi syarat kekuatan, stabilitas serta ekonomis. Persyaratan-persyaratan tersebut berfungsi sebagai batasan-batasan dalam perencanaan dan perancangan bangunan. Peraturan dan standard

persyaratan struktur bangunan pada hakekatnya ditujukan untuk kesejahteraan umat manusia. Oleh sebab itu, peraturan struktur bangunan harus menetapkan syarat minimumnya yang berhubungan dengan segi keamanan.

Standard Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002. memberikan ketentuan-ketentuan:

1. Perhitungan perencanaan diarahkan dengan menggunakan metode kekuatan.
2. Tata cara hitungan geser dan puntir pada keadaan ultimit (batas).
3. Menggunakan satuan dan notasi yang disesuaikan dengan yang dipakai di kalangan internasional.
4. Ketentuan-ketentuan detail penulangan yang lebih rinci untuk beberapa komponen struktur.

### **2.1.1. Komponen struktur lentur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)**

#### **1) Ruang Lingkup**

Persyaratan ini berlaku untuk komponen-komponen struktur pada Sistem Rangka Pemikul Khusus (SRPMK) yang (a) memikul gaya akibat beban gempa, dan (b) direncanakan untuk memikul lentur. Komponen struktur tersebut juga harus memenuhi syarat-syarat yang di bawah ini:

- (1) Gaya aksial terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi 0,1

$$A_g f'_c$$

- (2) Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- (3) Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0.3.
- (4) Lebarnya tidak boleh (a) kurang dari 250 mm, dan (b) lebih dari lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur pendukung yang tidak melebihi tiga perempat tinggi komponen struktur lentur.

## 2) Tulangan Longitudinal

- (1) Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur, kecuali sebagaimana yang ditentukan 12.5(3), jumlah tulangan atas dan bawah tidak boleh kurang dari yang ditentukan oleh persamaan 20, dan tidak boleh kurang dari  $1.4b_w d f_y$ , dan rasio tulangan  $\rho$  tidak boleh melebihi 0.025. Sekurang-kurangnya harus ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus.
- (2) Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.
- (3) Sambungan lewatan pada tulang lentur hanya diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat pada bagian sambungan lewatan tersebut. Spasi sengkang yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut tidak melebihi  $d/4$  atau 100 mm. Sambungan lewatan

tidak boleh digunakan (a) pada daerah berhubungan balok-kolom (b) pada daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom, dan (c) pada tempat-tempat yang berdasarkan analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis struktur rangka.

- (4) Sambungan mekanis harus sesuai 23.2(6) dan sambungan las harus sesuai 23.2(7(1)).

### 3) Tulangan *Transversal*

- (1) Sengkang tertutup harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah di bawah ini:
- Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, dikedua ujung komponen struktur lentur.
  - Di sepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.
- (2) Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi (a)  $d/4$ , (b) delapan kali diameter terkecil tulangan memanjang, (c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang tertutup, dan (d) 300 mm.
- (3) Pada daerah yang memerlukan sengkang tertutup, tulangan memanjang pada perimeter harus mempunyai pendukung lateral sesuai 9.10 (5(3)).
- (4) Pada daerah yang memerlukan sengkang tertutup, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $d/2$  disepanjang bentang komponen struktur ini.



- (5) Sengkang atau sengkang ikat yang diperlukan untuk memikul geser harus dipasang di sepanjang komponen struktur seperti ditentukan pada 23.3(3), 23.4(4), dan 23.5(2).
- (6) Sengkang tertutup dalam komponen struktur lentur diperbolehkan terdiri dari dua unit tulangan, yaitu: sebuah sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung dan ditutup oleh pengikat silang. Pada pengikat silang yang berurutan yang mengikat tulangan memanjang yang sama, kait 90 derajatnya harus dipasang secara berselang-seling. Jika tulangan memanjang yang diberi pengikat silang dikekang oleh pelat lantai hanya pada satu sisi saja maka kait 90 derajatnya harus dipasang pada sisi yang dikekang.

### 2.1.2. Persyaratan Kuat Geser

#### (1) Gaya rencana

Gaya geser rencana  $V_c$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum,  $M_{pr}$ , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban grafitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.

#### (2) Tulangan *Transversal*

Tulangan transversal sepanjang daerah yang ditentukan pada 23.3(3(1)) harus dirancang untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$  bila:

- a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai dengan 23.3(4(1)) mewakili setengah atau lebih daripada kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut, dan
- b) Gaya aksial tekan terfaktor, termasuk akibat gempa, lebih kecil dari  $A_g f_c / 20$ .

### **2.1.3. Komponen struktur yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial pada SRPMK**

Persyaratan dalam pasal ini berlaku untuk komponen struktur pada SRPMK (a) yang memikul gaya akibat gempa, dan (b) yang menerima beban aksial terfaktor yang lebih besar daripada  $A_g f_c / 10$ . Komponen struktur tersebut juga harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm.

Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurusnya tidak kurang dari 0,4.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Teori Pembebanan**

Dalam Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002, menerangkan beban kerja diambil berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI – 1.3.53.1987, antara lain:

1. Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin

serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu.

2. Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu dan dapat diganti-ganti selama masa hidup gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.
3. Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung, yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

### **2.2.2. Beban Gempa**

Beban gempa adalah semua beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung/bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, dimana Wilayah gempa 1 adalah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah Gempa 6 adalah kegempaan paling tinggi. Pembagian Wilayah Gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh Gempa Rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap wilayah Gempa ditetapkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing wilayah Gempa Indonesia.

| Wilayah Gempa | Percepatan puncak batuan dasar ('g') | Percepatan puncak muka tanah $A_0$ ('g') |              |             |   |
|---------------|--------------------------------------|--|--------------|-------------|---|
|               |                                      | Tanah keras                              | Tanah sedang | Tanah lunak | Tanah Khusus                                |
| 1             | 0,03                                 | 0,04                                     | 0,05         | 0,08        | Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi |
| 2             | 0,10                                 | 0,12                                     | 0,15         | 0,20        |   |
| 3             | 0,15                                 | 0,18                                     | 0,23         | 0,30        |   |
| 4             | 0,20                                 | 0,24                                     | 0,28         | 0,34        |   |
| 5             | 0,25                                 | 0,28                                     | 0,32         | 0,36        |   |
| 6             | 0,30                                 | 0,33                                     | 0,36         | 0,38        |   |

Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah  $A_0$  untuk Wilayah Gempa 1 yang ditetapkan dalam Tabel 2.1 ditetapkan juga sebagai percepatan minimum yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin kekekaran (*robustness*) minimum dari struktur gedung tersebut.

Besarnya beban gempa rencana dalam analisis beban statik *equivalen* dapat dinyatakan dalam:

$$V = (C_1 \cdot I \cdot R) \cdot W_t \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan:

$V$  = beban gempa

$C_1$  = koefisien gempa yang berlaku untuk wilayah tertentu dan untuk jenis tanah tertentu

$R$  = faktor jenis struktur = 0,85

$W_t$  = berat total bangunan

Gaya geser dasar yang diperoleh dari analisis dinamik dengan menggunakan respon spectrum harus lebih besar dari 0,8 kali gaya geser dasar yang diperoleh dari analisis statik ekuivalen.

$$V_{din} \geq 0,8 V_{statik}$$

Dalam menentukan waktu getar alami fundamental struktur gedung untuk portal beton adalah:

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i d_i^2}{g \sum F_i d_i}} \dots \dots \dots (2-2)$$

dengan:

$T_1$  = waktu getar

$W_i$  = berat lantai tingkat ke-i

$F_i$  = beban gempa horisontal pada lantai

### 2.2.3. Kombinasi Pembebanan

Hubungan balok-kolom pada SRPMK,

#### 1) Ketentuan umum

- (1) Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka hubungan balok-kolom harus ditentukan dengan menganggap bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  $1,25f_y$
- (2) Kuat hubungan balok-kolom harus direncanakan menggunakan faktor reduksi kekuatan sesuai dengan 11.3.

- (3) Tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom harus diteruskan hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkekang dan diangkur sesuai dengan 23.5(4) untuk tulangan tarik dan pasal 14 untuk tulangan tekan.
- (4) Bila tulangan longitudinal balok diteruskan hingga melewati hubungan balok-kolom, dimensi kolom dalam arah paralel terhadap tulangan longitudinal balok tidak boleh kurang daripada 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton berat normal. Bila digunakan beton ringan maka dimensi tersebut tidak boleh kurang daripada 26 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok.

## 2) Tulangan *Transversal*

- (1) Tulangan *transversal* berbentuk sengkang tertutup sesuai 23.4(4) harus dipasang di dalam daerah hubungan balok-kolom, kecuali bila hubungan balok-kolom tersebut dikekang oleh komponen-komponen struktur sesuai 23.5(2(2)).
- (2) Pada hubungan balok-kolom dimana balok-kolom, dengan lebar setidaknya tidaknya sebesar tiga per empat lebar kolom, merangka pada keempat sisinya, harus dipasang tulangan transversal setidaknya tidaknya sejumlah setengah dari yang ditentukan pada 23.4(4(1)). Tulangan transversal ini dipasang di daerah hubungan balok-kolom disetinggi balok terendah yang merangka ke hubungan tersebut. Pada daerah tersebut, spasi tulangan transversal yang ditentukan 23.4(4(2b)) dapat diperbesar menjadi 150 mm.

- (3) Pada hubungan balok-kolom, dengan lebar balok lebih besar daripada lebar kolom, tulangan transversal yang ditentukan harus dipasang pada hubungan tersebut untuk memberikan kekangan terhadap tulangan longitudinal balok yang merangka pada hubungan tersebut.

Perhitungan struktur dilakukan berdasarkan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, pasal 11.2 mengatur kombinasi beban mati, beban hidup dan beban gempa:

**a. Kuat Perlu.**

1. Kuat perlu untuk menahan beban mati:

$$U = 1,4D \dots\dots\dots (2-3)$$

2. Kuat perlu untuk menahan beban mati ( D ), beban hidup ( L ), dan beban hujan ( R ) atau beban atap ( A )

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(R \text{ atau } A) \dots\dots\dots (2-4)$$

3. Kondisi kombinasi beban mati ( D ), beban hidup ( L ) dan beban gempa ( E );

$$U = 1,2D + 1,0L + 1,0E \dots\dots\dots (2-5)$$

$$U = 0,9D \pm 1,0E \dots\dots\dots (2-6)$$

dengan:

- U = Kuat Perlu  
 D = Beban mati  
 L = Beban hidup  
 E = Beban Gempa  
 R = Beban hujan

## b. Kuat Rencana

Kuat rencana struktur dalam hitungan mesti dikalikan suatu faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ). Dalam SNI 03-2847-2002, pasal 113 diatur sebagai berikut:

- |  |      |
|--|------|
| 1. Reduksi kekuatan lentur, tanpa beban aksial   | 0,8  |
| 2. Reduksi kekuatan aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur  | 0,8  |
| 3. Reduksi kekuatan aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur  |      |
| • Komponen struktur dengan tulangan spiral   | 0,7  |
| • Komponen struktur lainnya  | 0,65 |
| 4. Geser dan torsi   | 0,75 |
| • Komponen penahan gempa yang kuat geser nominalnya lebih kecil dari pada geser yang timbul sehubungan dengan kuat lentur nominalnya | 0,55 |
| • Geser pada balok kolom dan pada balok perangkai yang diberi tulangan diagonal  | 0,8  |
| 5. Tumpuan pada beton  | 0,65 |
| 6. Lemtur, tekan, geser dan tumpu pada beton polos struktur  | 0,55 |

### 2.2.4. Perencanaan Kolom

Beban aksial rencana pada kolom portal berdaktilitas penuh dalam SNI 03-2847-2002 mengatur Kuat lentur setiap kolom yang dirancang untuk menerima beban aksial tekan terfaktor melebihi  $A_g f_c / 10$  harus memenuhi:

#### a. Kuat Lentur kolom

$$\Sigma M_e \geq \frac{6}{5} \Sigma M_g$$



dimana:

$\Sigma M_e$  = Jumlah momen pada pusat hubungan balok kolom pada nilai kuat lentur terkecil

$\Sigma M_g$  = Jumlah momen pada pusat hubungan balok kolom pada penampang kritis lentur

### b. Kuat geser kolom

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{H} \dots\dots\dots(2-7)$$

dengan:

$V_e$  = Geser rencana

$M_{pr1}$  = momen ujung kolom

$M_{pr2}$  = momen ujung kolom lain

$H$  = tinggi kolom

### 2. 2. 5. Perencanaan Balok dan Tangga

Gaya-gaya yang bekerja pada balok desak beton, baja desak dan baja tarik berturut-turut adalah:

$$C_s = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots(2-8)$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s \dots\dots\dots(2-9)$$

$$T_s = A_s \cdot f_s \dots\dots\dots(2-10)$$

Jika  $\epsilon'_s < \epsilon_s$  tegangan pada baja desak dapat dihitung dengan:

$$f_s = 600 (1 - \beta_1 (d/a)) \dots\dots\dots(2-11)$$

$$\rho = A_s / (b \cdot d) \dots\dots\dots(2-12)$$

$$\delta = A_s' \cdot A_s \dots\dots\dots(2-13)$$

dari keseimbangan momen diperoleh:

$$M_n = C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \dots\dots\dots (2-14)$$

$$R_n = \rho f_y \left[ (1 - \delta) \left( \frac{f_s}{y} \right) \left( 1 - 0,5 \frac{a}{d} \right) + \delta f_s \left( 1 - \frac{d'}{d} \right) \right] \dots\dots (2-14)$$

dengan tahanan momen  $R_n$  didefinisikan sebagai:

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$M_n = Mu \phi \dots\dots\dots (2-16)$$

Perencanaan balok menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menganggap suatu tinggi garis netral tertentu
2. Menganggap  $f_s$ ,  $\rho$ , momen nominal dan momen ultimit dari persamaan diatas.
3. Nilai momen ultimit dibandingkan dengan nilai momen luar yang bekerja
4. Hitungan diulang untuk nilai  $c$  tertentu sampai didapatkan nilai ultimit = nilai momen luar yang bekerja.
5. Syarat  $\rho - \rho' = \beta \frac{0,85 f_c \left( \frac{600}{fy} \right) \frac{d'}{d}}{fy} \dots\dots\dots (2-17)$

untuk tulangan desak belum luluh.

Kuat geser perlu balok portal dengan daktilitas penuh dihitung menurut persamaan:

$$V_{ub} = \frac{M_{kap} + M_{kap'}}{L'} \pm \frac{W_u L'}{2} \dots\dots\dots (2-18)$$

dengan:

$M_{kap}$  = momen kapasitas balok ;  $M_{kap} = 1.25 M_u$

$M_{kap}'$  = Momen kapasitas balok ujung yang lain

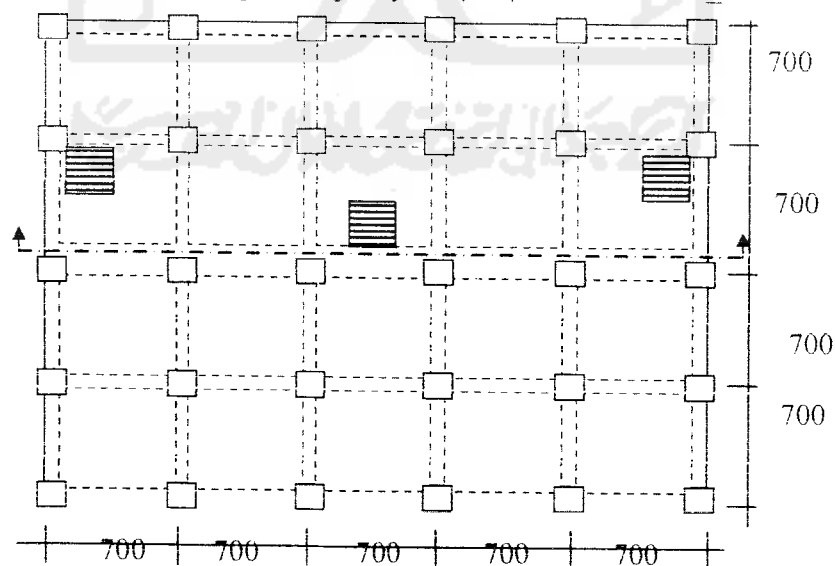
$L'$  = bentang bersih balok

$W_u = 1.2 DL + 1.0 LL$

### 2. 2. 6. Penulangan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Perencanaan plat lantai berdasarkan metode garis luluh (metode amplop). Konstanta pengkali dalam perhitungan plat lantai mengacu pada langkah-langkah perhitungan:

1. Menentukan syarat-syarat batas dan bentangnya (  $l_x$  dan  $l_y$  )
2. Menentukan tebal plat minimum berdasarkan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847 – 2002
3. Menghitung beban-beban dengan:  
 $W_u = 1.2 WD + 1.6 WL$
4. Menentukan momen-momen
5. Menghitung tulangan dengan syarat  $\rho < \rho_{maks}$  dan  $A_s \geq A_{s\ min}$



Gambar 2.1 Denah Lantai

## BAB III

### ESTIMASI DIMENSI ELEMEN STRUKTUR

#### 3.1 Pendahuluan

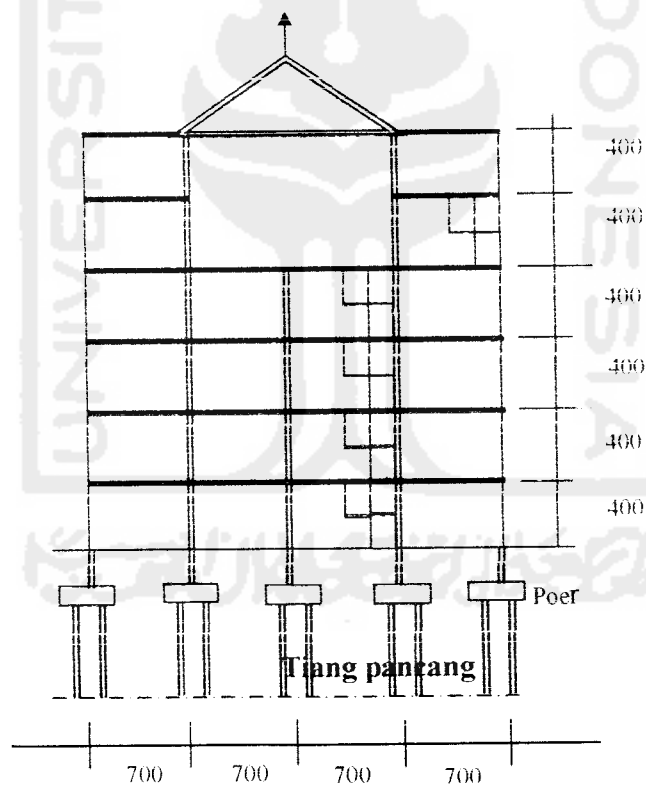
Pada bab ini akan dibahas perancangan struktur atas gedung 6 lantai mall Citra Atlas di Jln. Siliwangi Semarang dengan denah arsitektur yang terdapat pada lampiran. Struktur gedungnya dianalisis sebagai sistem rangka terbuka (*open frame*) yang terdiri dari balok dan kolom yang membentuk struktur kaku.

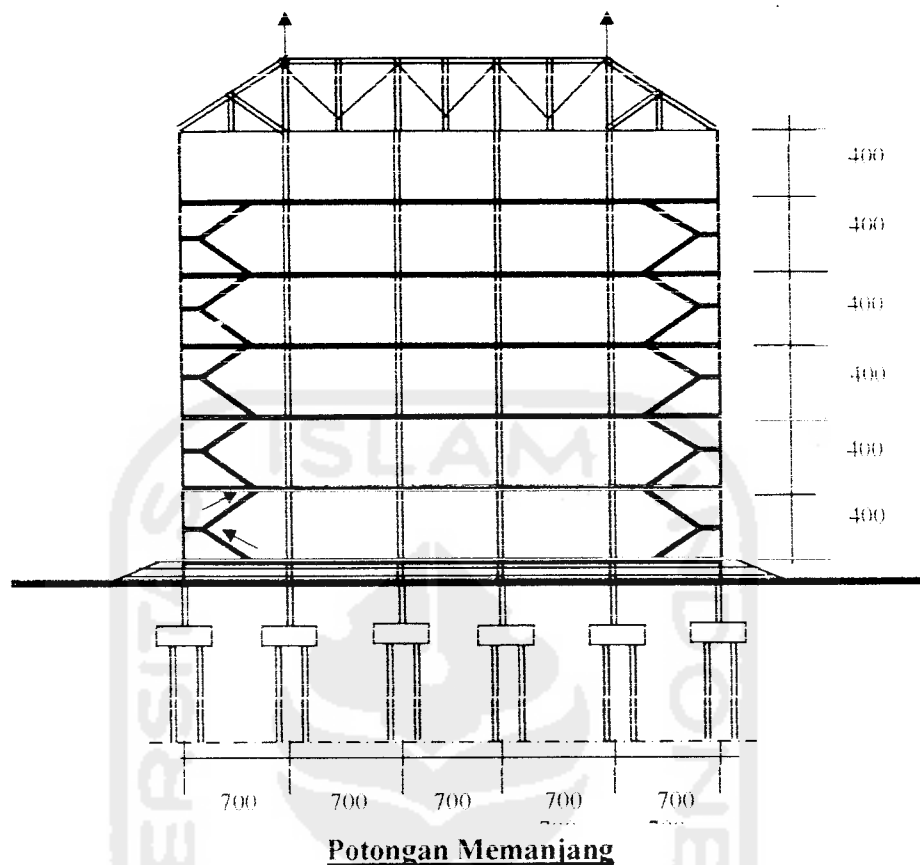
Pemodelan struktur gedung menggunakan bantuan *software SAP 2000* dengan model struktur seperti tampilan pada lampiran. Disini penulis melakukan perancangan penutup atap dari pelat beton bertulang. Perancangan struktur gedung direncanakan sesuai dengan peraturan SNI 03-2847-2002 (BSN, 2002a).

Perencanaan awal dimensi struktur merupakan yang umum dipakai untuk menghemat waktu desain. Perencanaan awal dimensi struktur ini juga dipakai untuk memperkirakan kebutuhan bahan bangunan / biaya konstruksi yang timbul komponen atap atau lantai bangunan gedung struktur beton bertulangan dapat berupa pelat dengan seluruh beban yang didukung bertumpu pada balok anak yang membentuk rangka dengan balok induk dengan kolom sebagai penopang struktur secara keseluruhan. Sistem tersebut dinamakan sistem balok anak dan balok induk. Pada umumnya balok anak dan balok induk menjadi satu kesatuan monolit dengan pelat. Peraturan SNI 03-2847-2002 tabel 8 (BSN, 2002, hal. 63) memberikan ketebalan minimum balok dikaitkan dengan panjang batang sebagaimana tampak pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

| Tebal minimum, h  |                    |                     |              |
|---|--------------------|---------------------|--------------|
| Dua Tumpuan Sederhana   | Satu Ujung Menerus | Kedua Ujung Menerus | Kantilever   |
| Komponen Struktur :<br>Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak oleh lendutan besar. |                    |                     |              |
| Pelat Masif<br>Satu arah : $\lambda/20$   | $\lambda/24$       | $\lambda/28$        | $\lambda/10$ |
| Balok atau pelat usuk<br>satu arah : $\lambda/16$   | $\lambda/18,5$     | $\lambda/21$        | $\lambda/8$  |





Denah struktur yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah seperti gambar terlampir. secara umum gambar tersebut adalah tipikal untuk setiap lantai dan terdiri dari 6 lantai, perbedaan pelat hanya pada atap bangunan. Sebagai model bangunan yang akan dirancang adalah bangunan sebuah mall di Jalan Siliwangi Kota Semarang, Jawa Tengah. Tahapan perancangan dalam tulisan ini adalah :

1. Pengumpulan data-data yang diperlukan untuk perancangan struktur bangunan.
2. Perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur sesuai dengan peraturan yang ada.

3. Untuk perhitungan mekanikanya menggunakan bantuan *Software SAP* 2000.
4. Penghitungan tulangan pada balok, kolom dan pelat lantai menggunakan analisis *software* Beton 2000.

### 3.2 Estimasi Balok

Tinggi minimum dan lebar minimum balok dapat direncanakan dimensi awalnya berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002 tabel 8 (BSN, 2002, hal. 63)

#### a. Hitungan tinggi minimum balok induk arah X

$$\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L)} &= 7000 \text{ mm} \\ \text{Tinggi minimum (Hmin)} &= \frac{1}{18,5} \cdot 7000 = 378,38 = 600 \text{ mm} \\ \text{Lebar balok (b)} &= \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \cdot 600 = 400 \text{ mm} \\ \text{Dipakai balok induk arah X} &= 400/600 \text{ (mm/mm) atau (40/60 (cm/cm))} \end{aligned}$$

#### b. Hitungan tinggi minimum balok induk arah Y

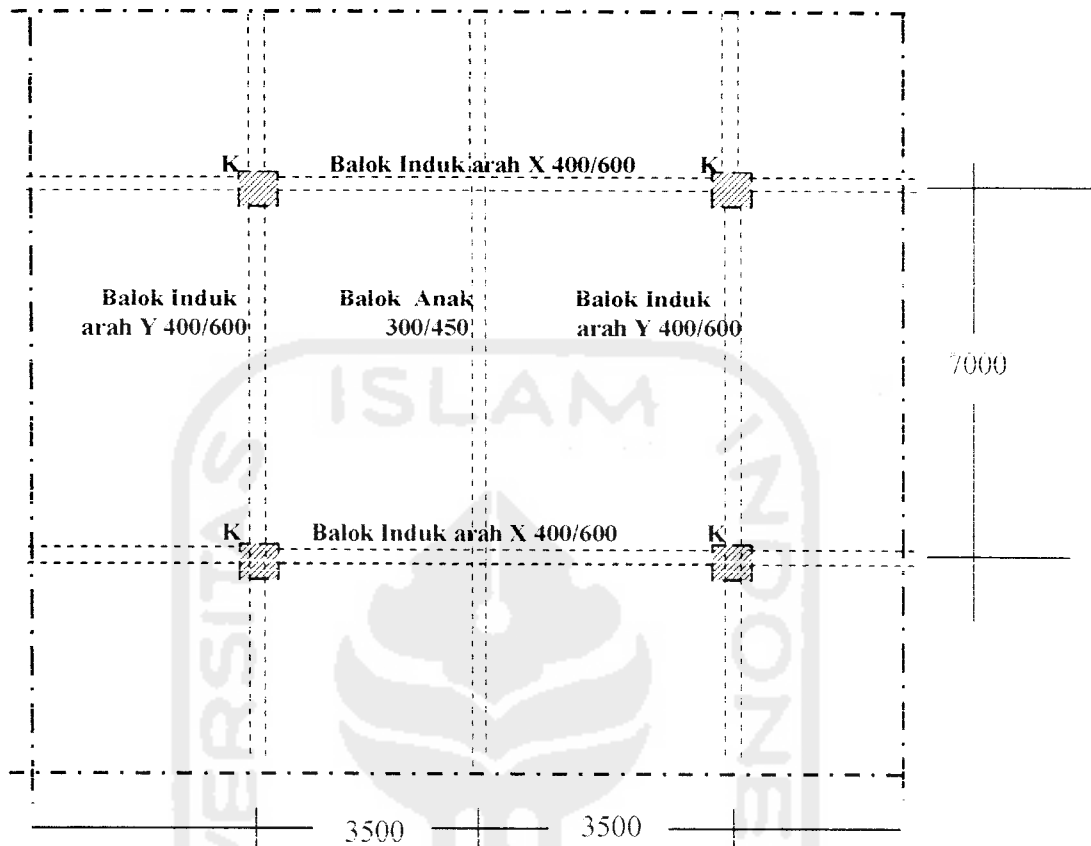
$$\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L)} &= 7000 \text{ mm} \\ \text{Tinggi minimum (Hmin)} &= \frac{1}{18,5} \cdot 7000 = 378,38 = 600 \text{ mm} \\ \text{Lebar balok (b)} &= \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \cdot 600 = 400 \text{ mm} \\ \text{Dipakai balok induk arah Y} &= 400/600 \text{ (mm/mm) atau (40/60 (cm/cm))} \end{aligned}$$

#### c. Hitungan tinggi minimum balok anak (arah Y dan arah X)

$$\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L) arah Y} &= 7000 \text{ mm} \\ \text{Panjang bentang (L) arah X} &= 3500 \text{ mm} \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L) arah Y} \\ \text{Panjang bentang (L) arah X} \end{aligned}} \right\} \text{dipakai yang besar}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi minimum (Hmin)} &= \frac{1}{21} \cdot 7000 = 333,33 = 450 \text{ mm} \\ \text{Lebar balok (b)} &= \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \cdot 400 = 266,6 = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai balok induk 400/600 (mm/mm) dan balok anak 30/450 (cm/cm)



Gambar 3.1 Denah Balok Induk dan Balok Anak

### 3.3. Estimasi Pelat

Perencanaan dimensi awal tebal pelat lantai biasanya dipilih pelat terbesar yang dapat mewakili seluruh pelat, dimana dalam denah tugas akhir, pelat yang dipakai dalam perencanaan seperti yang tampak pada gambar 3.2

$$\beta = I_y / I_x$$

$$\beta = 7000/3500 \text{ mm} = 2, \text{ maka digunakan searah}$$



Perencanaan pelat harus memenuhi syarat tebal pelat minimum pelat 2 arah menurut SNI 03-2847 pasal 11.5 ayat 2 butir 1 ( BSN, 2002a, hal. 62 ).

Syarat tebal minimum pelat 2 arah :

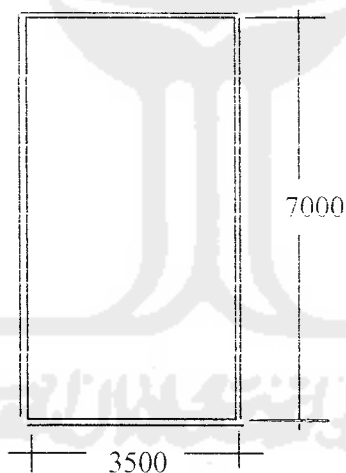
$$1. \quad h = \frac{\ln ( 0.8 + f_y/1500 )}{36 + 9 \beta}$$

$$= 7000 \left[ \frac{0.8 + 240/1500}{36 + ( 9 \times 2 )} \right] = 149,33 \text{ mm}$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$2. \quad h = 7000 \left[ \frac{0.8 + ( 240/1500 )}{36} \right] = 186,66 \text{ mm}$$

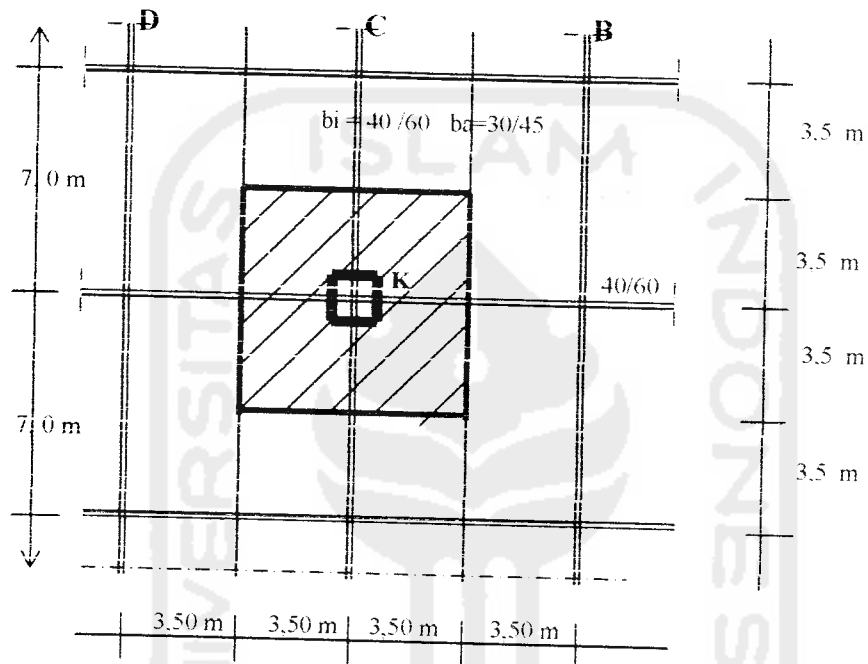
3. Maka digunakan tebal pelat 150 mm



Gambar 3.2 Estimasi beban pelat

### 3.4 Estimasi kolom

Perencanaan dimensi kolom dapat dilakukan dengan cara *tributary area* seperti tampak pada gambar 3.3 kolom direncanakan berbentuk bujur sangkar dengan tulangan sengkang.



Gambar 3.3 Estimasi Beban Kolom

Pedoman yang digunakan sesuai dengan SNI 03-2847 2002 pasal 12.3 ayat 5 (BSN, 2002a, hal. 41) yaitu untuk komponen struktur non pra-tegang dengan tulangan sengkang:

$$P_n = 0,80 \cdot \{0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

dengan :

$A_{st}$  = luas tulangan

$A_g$  = luas bruto kolom (  $b \times h$  )

$f_c'$  = kuat desak karakteristik beton

$f_y$  = tegangan leleh baja

Luas *tributery area* pelat atap =  $(7 \times 7) = 49 \text{ m}^2$

Luas *tributery area* pelat lantai =  $(7 \times 7) = 49 \text{ m}^2$

Beban yang bekerja

### 1. Lantai 5

Beban Mati ( $N_D$ )

|   |                                     |             |
|---|-------------------------------------|-------------|
| a. Pelat atap   | = $0,1 \times 49 \times 24$         | = 117,6 kN  |
| b. Atap baja  | ditaksir                            | = 40 kN     |
| c. Dinding $\frac{1}{2}$ bata $\{ (2 \cdot 4) + (6 \cdot 6) \} \cdot 2,5$ |                                     | = 110 kN    |
| d. Spesi  | = $0,02 \times 49 \times 21$        | = 20,58 kN  |
| e. Aspal  | = $0,03 \times 49 \times 14$        | = 20,58 kN  |
| f. Pasir  | = $0,03 \cdot 49 \cdot 18$          | = 26,46 kN  |
| g. Plafon & Penggantung   | = $0,18 \cdot 49$                   | = 8,82 kN   |
| h. Mekanikal & elektrik   | = $0,1 \cdot 49$                    | = 4,9 kN    |
| i. Balok induk 400/600  | = $0,4 \cdot 0,6 \cdot 7 \cdot 24$  | = 40,32 kN  |
| j. Balok anak 300/450   | = $0,3 \cdot 0,45 \cdot 7 \cdot 24$ | = 25,20 kN  |
|   | $N_D$                               | = 414,46 kN |

Beban hidup ( $N_L$ )

$N_L = 1,5 \cdot 49 = 73,50 \text{ kN}$

$P_u = 1,2 \cdot N_D + 1,6 N_L$

$$= 1,2 (414,46) + 1,6 (73,50)$$

$$= 497,352 + 117,6$$

$$= 614,952 \text{ kN}$$

$$P_n = P_u / 0,65 = 614,952 / 0,65$$

$$= 946,08 \text{ kN}$$

Dimensi kolom

$$P_n = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

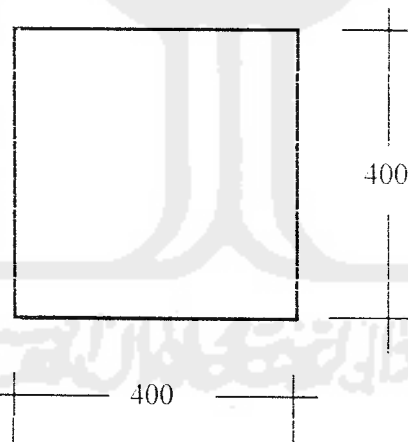
$$946,08 \cdot 10^3 = 0,8 \cdot \{ 0,85 \cdot 25 (h^2 - 2\% \cdot h^2) + 400 \cdot 2\% h^2 \}$$

$$946,08 \cdot 10^3 = 26,392 \cdot h^2$$

$$h^2 = 946,08 \cdot 10^3 / 26,392$$

$$h = \sqrt{35,847 \cdot 10^3}$$

$$h = 189,35 \text{ mm} \Rightarrow \text{dipakai kolom } 400\text{mm} \times 400 \text{ mm}$$



Gambar 3.4 Penampang Kolom Lantai 5

## 2. Lantai 4

Beban Mati ( $N_D$ )

|   |                          |             |
|---|--------------------------|-------------|
| a. Pelat lantai 5   |                          | = 414,46 kN |
| b. Dinding $\frac{1}{2}$ bata { (2 . 4) + (6 . 6) } . 2,5 |                          | = 110 kN    |
| c. Spesi  | = 0,02 x 49 x 21         | = 20,58 kN  |
| d. Tegel  | = 0,02 x 49 x 24         | = 23,52 kN  |
| e. Pasir  | = 0,03 . 49 . 18         | = 26,46 kN  |
| f. Plafon & penggantung                                   | = 0,18 . 49              | = 8,82 kN   |
| g. Mekanikal & elektrik                                   | = 0,1 . 49               | = 4,9 kN    |
| h. Balok induk 400/600                                    | = 0,4 . 0,6 . 7 . 24 . 2 | = 80,64 kN  |
| i. Balok anak 300/450                                     | = 0,3 . 0,45 . 7 . 24    | = 25,20 kN  |
|   | $N_D$                    | = 714,58 kN |

Beban hidup ( $N_L$ )

$$N_L = 73,50 + 2,5 \cdot 49 = 196 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_D + 1,6 \cdot N_L \\ &= 1,2 (714,58) + 1,6 (196) \\ &= 857,496 + 313,6 \end{aligned}$$

$$= 1170,696 \text{ kN}$$

$$P_n = P_u / 0,65 = 1170,696 / 0,65$$

$$= 1801,071 \text{ kN}$$

### Dimensi kolom

$$P_n = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

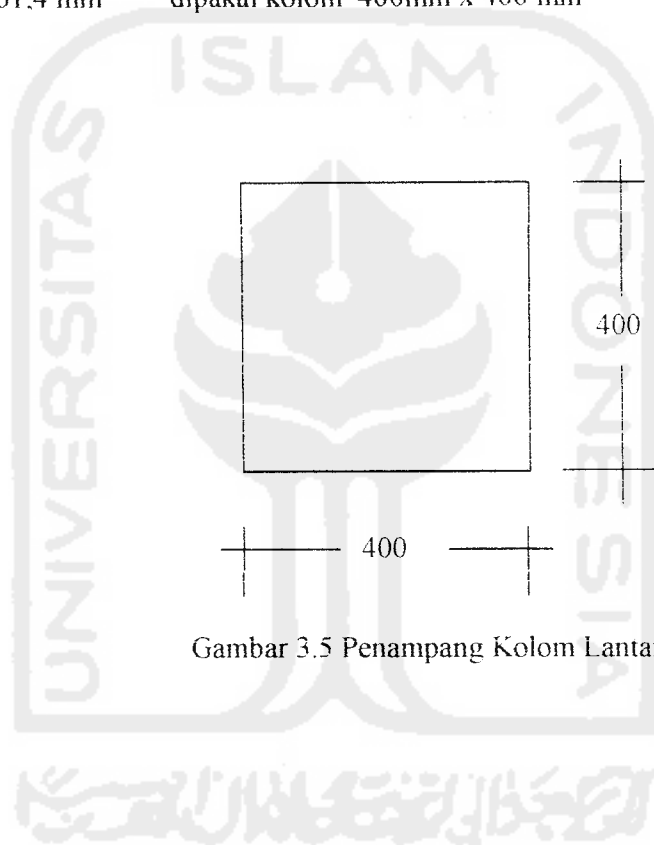
$$1801,071 \cdot 10^3 = 0,8 \cdot \{ 0,85 \cdot 25 (h^2 - 2\% \cdot h^2) + 400 \cdot 2\% h^2 \}$$

$$1801,071 \cdot 10^3 = 26,392 \cdot h^2$$

$$h^2 = 1801,071 \cdot 10^3 / 26,392$$

$$h = \sqrt{68,243 \cdot 10^3}$$

$$h = 261,4 \text{ mm} \implies \text{dipakai kolom } 400\text{mm} \times 400 \text{ mm}$$



Gambar 3.5 Penampang Kolom Lantai 4

### 3. Lantai 3

Beban Mati ( $N_D$ )

|   |                          |             |
|---|--------------------------|-------------|
| a. Pelat lantai 4   |                          | = 714,58 kN |
| b. Dinding $\frac{1}{2}$ bata { (2 . 4) + (6 . 6) } . 2,5 |                          | = 110 kN    |
| c. Spesi  | = 0,02 x 49 x 21         | = 20,58 kN  |
| d. Tegel  | = 0,02 x 49 x 24         | = 23,52 kN  |
| e. Pasir  | = 0,03 . 49 . 18         | = 26,46 kN  |
| f. Plafon & Penggantung                                   | = 0,18 . 49              | = 8,82 kN   |
| g. Mekanikal & elektrikal                                 | = 0,1 . 49               | = 4,9 kN    |
| h. Balok induk 400/600                                    | = 0,4 . 0,6 . 7 . 24 . 2 | = 80,64 kN  |
| i. Balok anak 300/450                                     | = 0,3 . 0,45 . 7 . 24    | = 25,20 kN  |
|   | $N_D$                    | = 1014,7 kN |

Beban hidup ( $N_L$ )

$$N_L = 196 + 2,5 \cdot 49 = 318,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_D + 1,6 \cdot N_L \\ &= 1,2 (1014,7) + 1,6 (318,5) \\ &= 1217,64 + 318,5 \end{aligned}$$

$$= 1536,14 \text{ kN}$$

$$P_n = P_u / 0,65 = 1536,14 / 0,65$$

$$= 2363,293 \text{ kN}$$

### Dimensi kolom

$$P_n = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

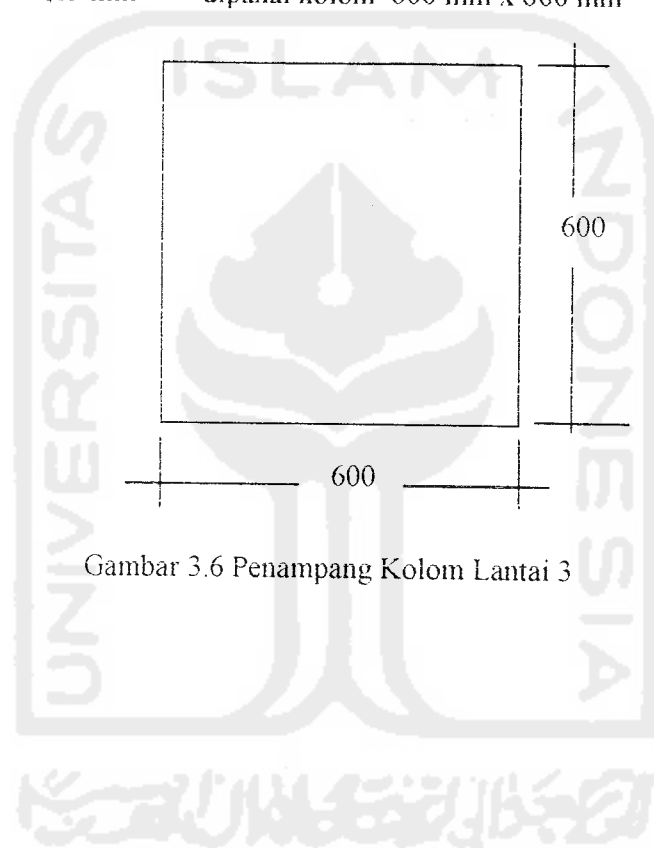
$$2363,293 \cdot 10^3 = 0,8 \cdot \{ 0,85 \cdot 25 (h^2 - 2\% \cdot h^2) + 400 \cdot 2\% h^2 \}$$

$$2363,293 \cdot 10^3 = 26,392 \cdot h^2$$

$$h^2 = 2363,293 \cdot 10^3 / 26,392$$

$$h = \sqrt{89,545 \cdot 10^3}$$

$$h = 299,25 \text{ mm} \implies \text{dipakai kolom } 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$



Gambar 3.6 Penampang Kolom Lantai 3



#### 4. Lantai 2

Beban Mati ( $N_D$ )

a. Pelat lantai 3 = 1014,7 kN

b. Dinding  $\frac{1}{2}$  bata  $\{ (2,4) + (6,6) \} \cdot 2,5$  = 110 kN

c. Spesi =  $0,02 \times 49 \times 21 = 20,58$  kN

d. Tegel =  $0,02 \times 49 \times 24 = 23,52$  kN

e. Pasir =  $0,03 \cdot 49 \cdot 18 = 26,46$  kN

f. Plafon & Penggantung =  $0,18 \cdot 49 = 8,82$  kN

g. Mekanikal & elektrik =  $0,1 \cdot 49 = 4,9$  kN

h. Balok induk 400/600 =  $0,4 \cdot 0,6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 2 = 80,64$  kN

i. Balok anak 300/450 =  $0,3 \cdot 0,45 \cdot 7 \cdot 24 = 25,20$  kN

$N_D = 1314,8$  kN

Beban hidup ( $N_L$ )

$N_L = 318,5 + 2,5 \cdot 49 = 441$  kN

$P_u = 1,2 \cdot N_D + 1,6 \cdot N_L$   
 $= 1,2 (1314,8) + 1,6 (441)$   
 $= 1577,76 + 705,6$

$= 2283,36$  kN

$P_n = P_u / 0,65 = 2283,36 / 0,65$

$= 3512,86$  kN

### Dimensi kolom

$$P_n = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

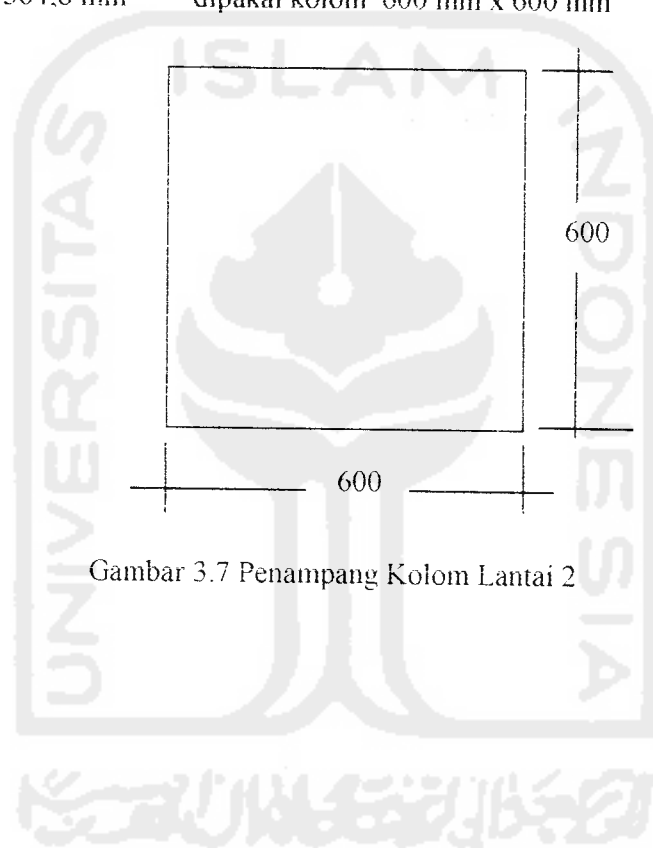
$$3512,86 \cdot 10^3 = 0,8 \cdot \{ 0,85 \cdot 25 (h^2 - 2\% \cdot h^2) + 400 \cdot 2\% \cdot h^2 \}$$

$$3512,86 \cdot 10^3 = 26,392 \cdot h^2$$

$$h^2 = 3512,86 \cdot 10^3 / 26,392$$

$$h = \sqrt{133,10 \cdot 10^3}$$

$$h = 364,8 \text{ mm} \implies \text{dipakai kolom } 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$



Gambar 3.7 Penampang Kolom Lantai 2

### 5. Lantai 1

Beban Mati ( $N_D$ )

|   |                          |             |
|---|--------------------------|-------------|
| a. Pelat lantai 2   |                          | = 1314,8 kN |
| b. Dinding $\frac{1}{2}$ bata { (2 . 4) + (6 . 6) } . 2,5 |                          | = 110 kN    |
| c. Spesi  | = 0,02 x 49 x 21         | = 20,58 kN  |
| d. Tegel  | = 0,02 x 49 x 24         | = 23,52 kN  |
| e. Pasir  | = 0,03 . 49 . 18         | = 26,46 kN  |
| f. Plafon & Penggantung                                   | = 0,18 . 49              | = 8,82 kN   |
| g. Mekanikal & elektrikal                                 | = 0,1 . 49               | = 4,9 kN    |
| h. Balok induk 400/600                                    | = 0,4 . 0,6 . 7 . 24 . 2 | = 80,64 kN  |
| i. Balok anak 300/450                                     | = 0,3 . 0,45 . 7 . 24    | = 25,20 kN  |
|   | $N_D$                    | = 1614,9 kN |

Beban hidup ( $N_L$ )

$$N_L = 441 - 2,5 \cdot 49 = 563,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_D + 1,6 N_L \\ &= 1,2 (1614,9) + 1,6 (563,5) \\ &= 1937,88 + 901,6 \end{aligned}$$

$$= 2839,49 \text{ kN}$$

$$P_n = P_u / 0,65 = 2839,49 / 0,65$$

$$= 4368,43 \text{ kN}$$

### Dimensi kolom

$$P_n = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

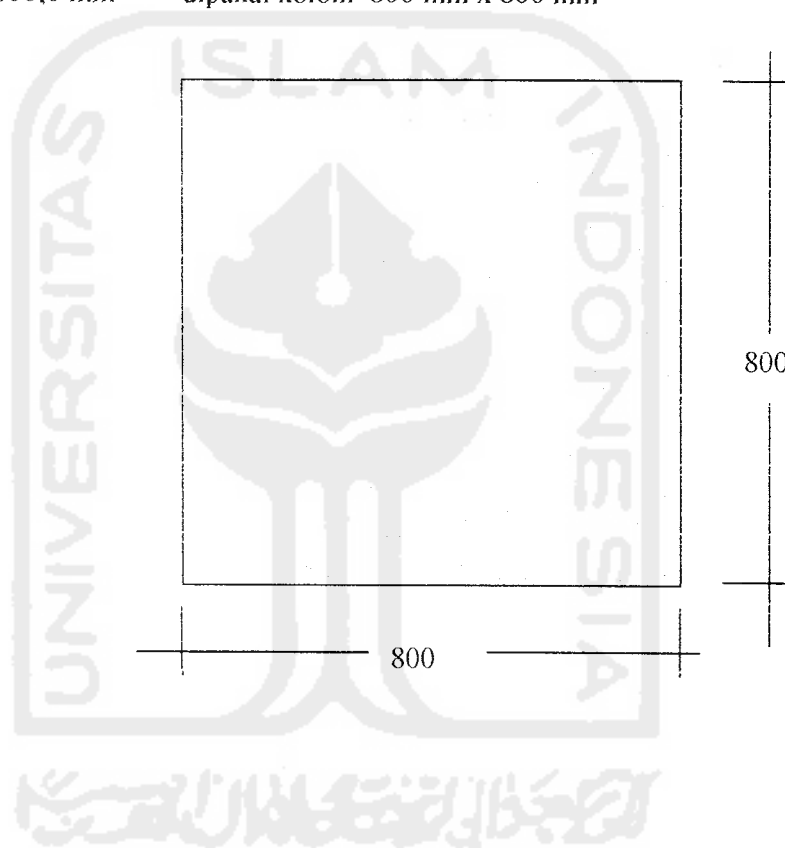
$$4368,43 \cdot 10^3 = 0,8 \cdot \{ 0,85 \cdot 25 (h^2 - 2\% \cdot h^2) + 400 \cdot 2\% \cdot h^2 \}$$

$$4368,43 \cdot 10^3 = 26,392 \cdot h^2$$

$$h^2 = 4368,43 \cdot 10^3 / 26,392$$

$$h = \sqrt{165,52 \cdot 10^3}$$

$$h = 406,6 \text{ mm} \implies \text{dipakai kolom } 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$



Gambar 3.8 Penampang Kolom Lantai 1

## 6. Lantai Basement

Beban Mati ( $N_D$ )

|   |  |             |
|---|--|-------------|
| a. Pelat lantai 1   |  | = 1614,9 kN |
| b. Dinding $\frac{1}{2}$ bata $\{ (2 \cdot 4) + (6 \cdot 6) \} \cdot 2,5$ |  | = 110 kN    |
| c. Spesi  | = $0,02 \cdot 49 \cdot 21$                 | = 20,58 kN  |
| d. Tegel  | = $0,02 \cdot 49 \cdot 24$                 | = 23,52 kN  |
| e. Pasir  | = $0,03 \cdot 49 \cdot 18$                 | = 26,46 kN  |
| f. Plafon & Penggantung   | = $0,18 \cdot 49$                          | = 8,82 kN   |
| g. Mekanikal & elektrikal   | = $0,1 \cdot 49$                           | = 4,9 kN    |
| h. Balok induk 400/600  | = $0,4 \cdot 0,6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 2$ | = 80,64 kN  |
| i. Balok anak 300/450   | = $0,3 \cdot 0,45 \cdot 7 \cdot 24$        | = 25,20 kN  |
|   | $N_D$                                      | = 1915 kN   |

Beban hidup ( $N_L$ )

$$N_L = 563,5 + 2,5 \cdot 49 = 686 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_D + 1,6 \cdot N_L \\ &= 1,2 (1915) + 1,6 (686) \\ &= 2298 + 1097,6 \end{aligned}$$

$$= 3395,6 \text{ kN}$$

$$P_{II} = P_u / 0,65 = 3395,6 / 0,65$$

$$= 5224 \text{ kN}$$

### Dimensi kolom

$$P_n = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

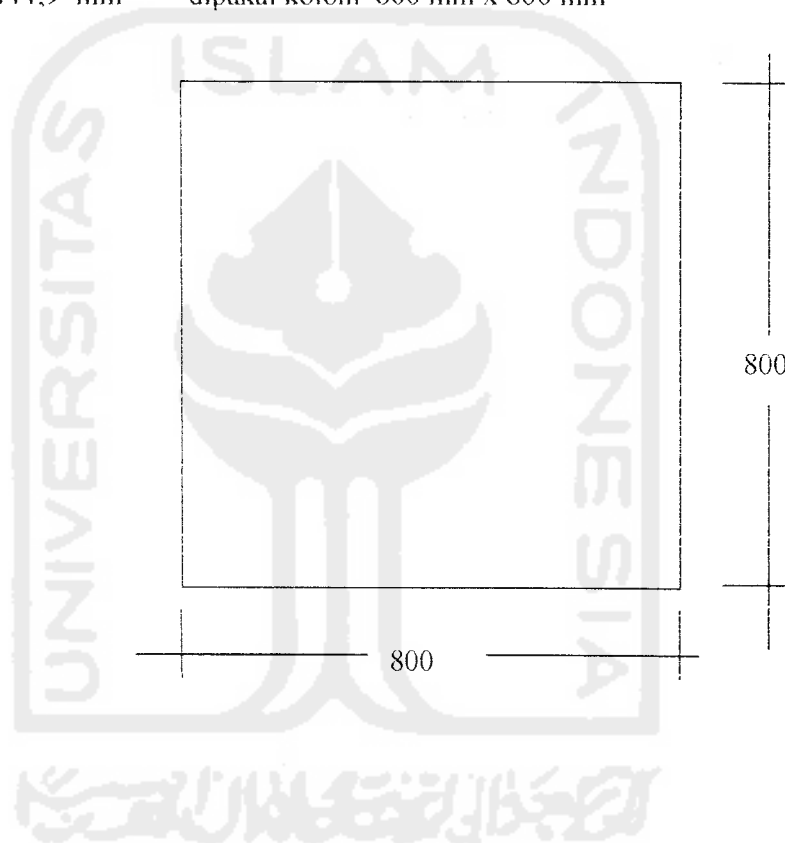
$$5224 \cdot 10^3 = 0,8 \cdot \{ 0,85 \cdot 25 (h^2 - 2\% \cdot h^2) + 400 \cdot 2\% \cdot h^2 \}$$

$$5224 \cdot 10^3 = 26,392 \cdot h^2$$

$$h^2 = 5224 \cdot 10^3 / 26,392$$

$$h = \sqrt{197,94 \cdot 10^3}$$

$$h = 444,9 \text{ mm} \implies \text{dipakai kolom } 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$



Gambar 3.9 Penampang Kolom Lantai Basement

Ringkasan dimensi kolom dari lantai *basement* sampai lantai 5 dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Dimensi kolom

| Lantai   | $N_D$ (kD) | $N_L$ (kN) | $P_u$ (kN) | h (mm)   |         |
|----------|------------|------------|------------|----------|---------|
|          |            |            |            | estimasi | dipakai |
| 5        | 414,47     | 73,50      | 614,952    | 189,35   | 400     |
| 4        | 714,58     | 196,00     | 1170,696   | 261,4    | 400     |
| 3        | 1014,7     | 318,5      | 1536,14    | 299,25   | 600     |
| 2        | 1314,8     | 441,0      | 2283,36    | 364,8    | 600     |
| 1        | 1614,9     | 563,5      | 2839,49    | 406,6    | 800     |
| basement | 1915,0     | 686,0      | 3395,6     | 444,9    | 800     |

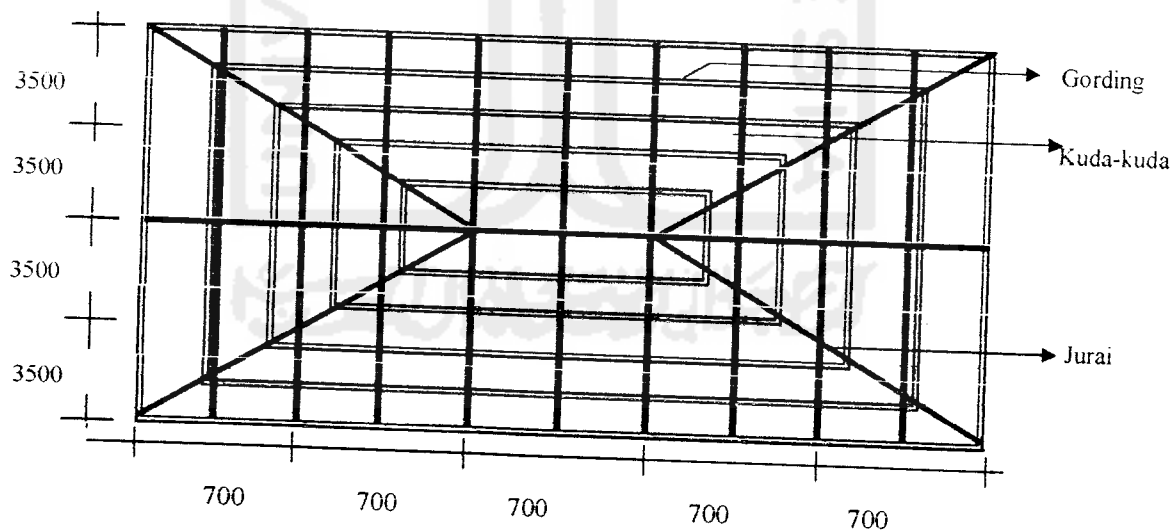
## BAB IV

### ANALISIS ELEMEN STRUKTUR

#### 4.1 Perencanaan Kuda-Kuda Baja

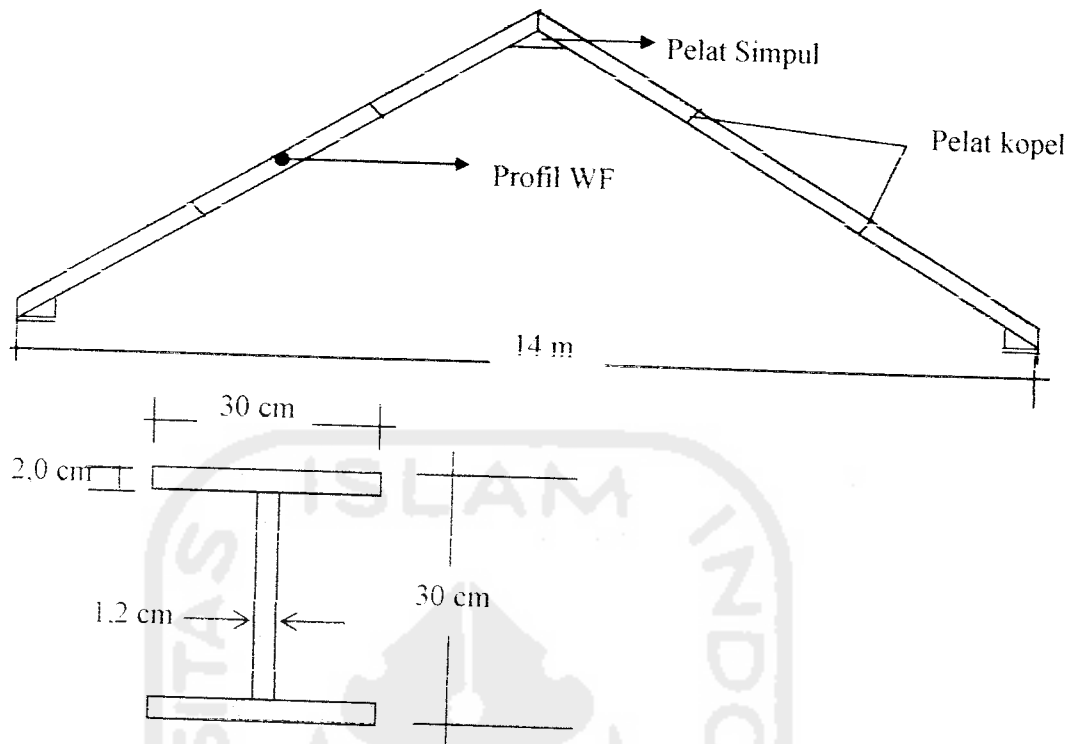
##### 4.1.1 Perhitungan Konstruksi Atap Baja

Kuda-kuda baja monoframe dirancang untuk panjang bentang = 14 m dan tinggi kolom  $h = 4$  m dengan jarak antar kuda-kuda 3,5 m. Panjang bangunan ini sendiri sepanjang 35 m dengan menutup atap *poycarbonate* yang mempunyai berat sendiri  $0,11 \text{ kN/m}^2$ . Baja yang digunakan adalah BJ 37 dengan tegangan leleh  $f_y = 240 \text{ MPa}$ . Perhitungan pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia (DPU, 1983). Perencanaan kuda-kuda baja *monoframe* ini meliputi perencanaan, perhitungan profil dan perhitungan las pada sambungan. Adapun perencanaan denah kuda-kuda baja beserta potongan penampangnya dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Denah Kuda-kuda





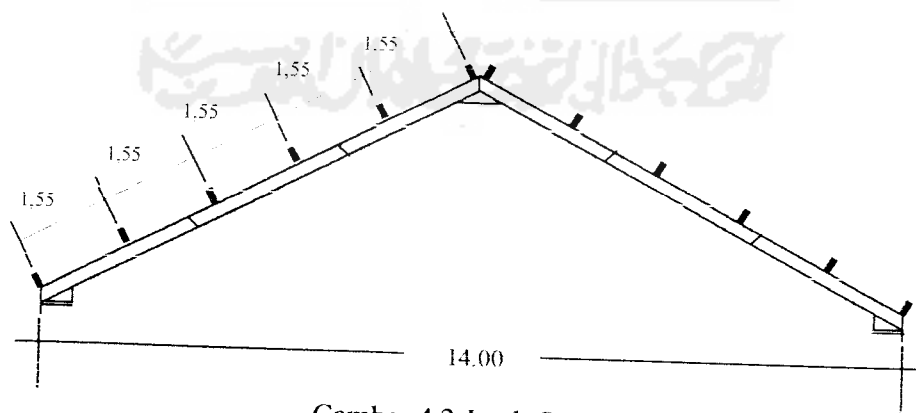
Gambar 4.2 Penampang Kuda-kuda K

#### 4.1.2 Perhitungan Jarak Gording

Perencanaan sudut atap ( $\alpha$ ) =  $30^\circ$

Panjang batang kuda-kuda =  $7 / \cos 30^\circ = 7,75 \text{ m}$

Jarak gording  $A_{1-10}$  =  $7,75 \text{ m} / 5 = 1,55 \text{ m}$



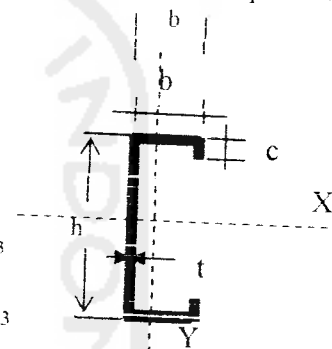
Gambar 4.2 Jarak Gording

### 4.1.3 Perhitungan Gording

Ada beberapa hal yang mempengaruhi dalam perhitungan gording antara lain yaitu sudut atap yang direncanakan  $30^\circ$ , berat sendiri gording, berat polycarbonate yaitu  $0,11 \text{ kN/m}^2$ , berat sendiri plafon dan penggantung yaitu  $0,18 \text{ kN/m}^2$ , beban hidup yang diperhitungkan pada tiap titik buhul sebesar  $1 \text{ kN}$ , beban angin  $0,25 \text{ kN/m}^2$ . Jarak yang digunakan sejarak  $1,75 \text{ m}$  dan jarak antar kuda-kuda sejarak  $3,5 \text{ m}$ . Gording yang digunakan antara jenis *light Lip channel*

C 120 x 55 x 20 x 3,2

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $h = 120 \text{ mm}$                 | $b = 55 \text{ mm}$                  |
| $c = 20 \text{ mm}$                  | $t = 3,2 \text{ mm}$                 |
| $I_x = 364 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$  | $S_x = 60,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $I_y = 43,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ | $S_y = 11,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |



Berat permeter panjang =  $0,134 \text{ kN/m}$

Gambar 4.3 Profil C 120 x 55 x 20 x 3, 2

### 4.1.4 Pembebanan Gording

#### a). Beban mati

$$\text{Polycarbonate } 1,55 \times 0,11 = 0,165 \text{ kN/m}$$

$$\text{Profil C } 120 \times 55 \times 20 \times 3,2 = 0,134 \text{ kN/m}$$

$$\text{Plafon } 1,75 \times 0,18 = \underline{0,315 \text{ kN/m}}$$

$$W_D = 0,614 \text{ kN/m}$$

$$W_{DY} = W_D \cos 30^\circ = 0,5158 \text{ kN/m}$$

Untuk perhitungan panjang diambil  $3,5 \text{ m} - 0,055 = 3,445 \text{ m}$

$$M_x = \frac{1}{8} \times 0,5158 \times 3,445^2 = 0,7652 \text{ kNm}$$

$$W_{Dx} = W_D \sin 30^\circ = 0,9 \text{ kN/m}$$

$$M_y = \frac{1}{8} \times 0,307 \times 3,445^2 = 0,4554 \text{ kNm}$$

#### b) Beban hidup

$$p = 1,00 \text{ kN}$$

$$P_y = P \cos 30^\circ = 0,8387 \text{ kN}$$

$$M_x = \frac{1}{4} \times 0,8387 \times 3,445^2 = 2,4884 \text{ kNm}$$

$$P_x = P \sin 30^\circ = 0,5 \text{ kN}$$

$$M_y = \frac{1}{4} \times 0,5 \times 3,445^2 = 1,4835 \text{ kNm}$$

#### c) Beban angin

Koefisien angin

$$\text{Pihak angin} : 0,02 \cdot \alpha - 0,4 = (0,02 \times 30^\circ) - 0,4 = 0,20 \text{ (tekan)}$$

Setiap 1 m gording menerima beban angin sebesar :

$$w = 1,55 \text{ m} \times (0,20 \times 0,25 \text{ kN/m}^2) = 0,0775 \text{ kN/m}$$

$$M_x = \frac{1}{8} \times 0,0775 \times 3,445^2 = 0,0115 \text{ kNm}$$

**Kombinasi I** (beban mati + beban hidup)

Beban tegak lurus atap

$$M_{ux} = (1,2) \times 0,7652 + (1,6) \times 2,4884$$

$$= 0,9182 + 3,9814 = 4,9626 \text{ kNm}$$

Beban tegak sejajar atap

$$M_{uy} = (1,2) \cdot 0,4554 + (1,6) \cdot 1,4835$$

$$= 0,5465 + 2,3736 = 2,9201 \text{ kNm}$$

**Kombinasi II (beban mati + beban angin)**

Beban tegak lurus atap

$$\begin{aligned} M_{ux} &= (0,9) \cdot 0,7652 + (1,3) \cdot 0,0115 \\ &= 0,6887 + 0,015 = 0,7037 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Beban tegak sejajar atap

$$M_{uy} = (0,9) \cdot 0,7652 = 0,6887 \text{ kNm}$$

Kontrol tegangan

Kombinasi I

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 4,9626 \text{ kNm} & S_x &= 60,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ M_{uy} &= 2,9201 \text{ kNm} & S_y &= 11,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{M_{ux}}{\varphi S_x} + \frac{M_{uy}}{\varphi S_y} = \frac{4,9626 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 60,7 \cdot 10^3} + \frac{2,9201 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 11,1 \cdot 10^3} \\ &= 90,8401 + 292,3 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kombinasi II

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 0,7037 \text{ kNm} & S_x &= 60,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ M_{uy} &= 0,6887 \text{ kNm} & S_y &= 11,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{M_{ux}}{\varphi S_x} + \frac{M_{uy}}{\varphi S_y} = \frac{0,7037 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 60,7 \cdot 10^3} + \frac{0,6887 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 11,1 \cdot 10^3} \\ &= 12,947 + 68,9389 < 400 \text{ MPa} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} I_x &= 364 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & I_y &= 43,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_{Dy} &= 0,5158 \text{ kN/m} & W_{dx} &= 0,5964 \\ P_y &= 0,8387 \text{ kN} & P_x &= 0,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\delta y = \frac{5SW_{dy} \cdot L^4}{384 E I_y} + \frac{P_{dy} \cdot L^3}{48 E I_y}$$

$$\delta y = \frac{5 \times 515,8 \times 3445^4}{384 \times 2 \cdot 10^5 \times 364,1 \cdot 10^4} + \frac{838,7 \times 3445^3}{48 \times 2 \cdot 10^5 \times 364,1 \cdot 10^4}$$

$$= 1,0425 + 2,712 = 3,7545 \text{ mm} < \frac{L}{360} = \frac{3445}{360} = 9,569 \text{ OK!}$$

Jadi Profil C 120 x 55 x 20 x 3,2 dapat digunakan

#### 4.1.5 Analisis Struktur Kuda-kuda Baja

##### a. Beban mati

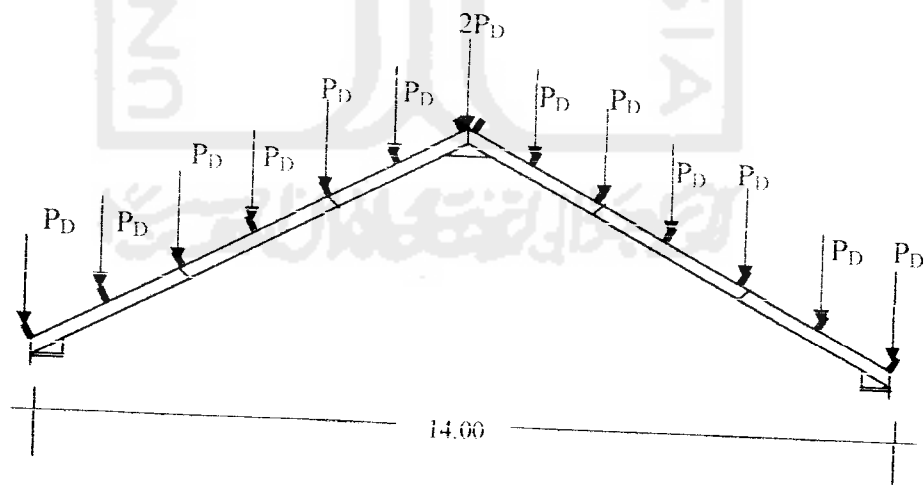
$$\text{Atap (polycarbonate)} = 1,75 \times 3,5 \times 0,11 = 0,6738 \text{ kN}$$

$$\text{Plafon} = 1,75 \times 3,5 \times 0,18 = 1,1025 \text{ kN}$$

$$\text{Berat Gording} = 2,825 \times 0,0751 = 0,2125 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri kuda-kuda } 1,36 \times 1 = 1,36 \cdot P_0 = 4,6322 \text{ kN}$$

$$P_D = 6,621 \text{ kN}$$

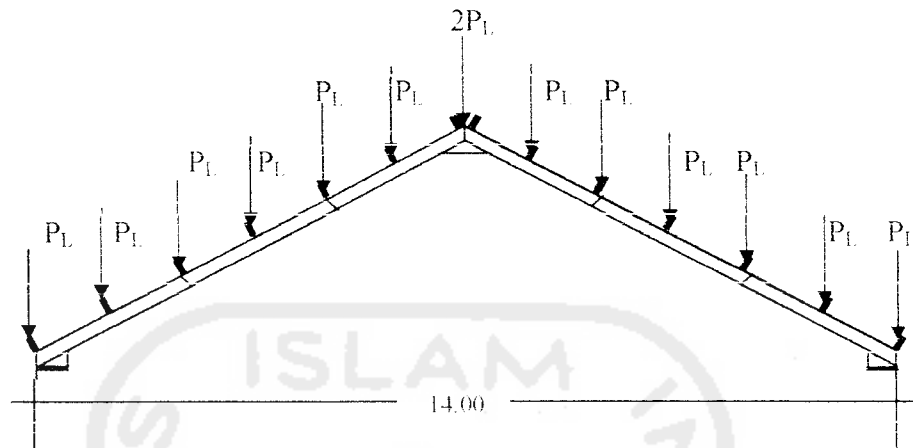


Gambar 4.4. Pembebanan Kuda-kuda akibat Beban Mati



### b. Beban hidup

$$P=1,00 \text{ kN}$$



Gambar 4.5. Pembebanan Kuda-kuda akibat Beban Hidup

### c. Beban angin

$$c = 0,02 \alpha - 0,4 = (0,02 \times 30^{\text{th}}) - 0,4 = 0,20 \text{ (tekan)}$$

$$W_1 = 1,55 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times (0,20 \times 0,25 \text{ kN/m}^2) = 0,2712 \text{ kN}$$

$$W_y = W_1 \cos 30^{\text{th}} = 0,2294 \text{ kN (kebawah)}$$

$$W_x = W_1 \sin 30^{\text{th}} = 0,1356 \text{ kN (kekanaan)}$$

Di belakang angin

$$C = 0,4 \text{ (hisap)}$$

$$W_2 = 1,55 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times (0,4 \times 0,25 \text{ kN/m}^2) = 0,5425 \text{ kN}$$

$$W_y = W_2 \cos 30^{\text{th}} = 0,459 \text{ kN (keatas)}$$

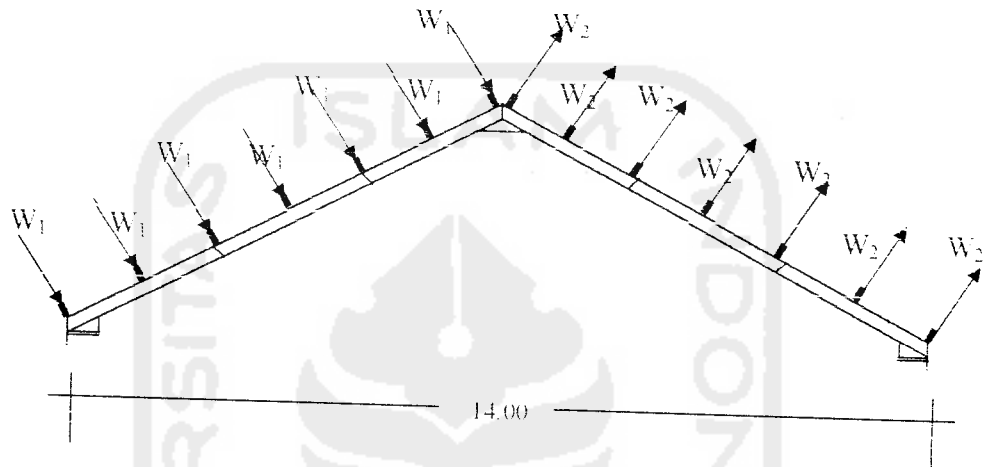
$$W_x = W_2 \sin 30^{\text{th}} = 0,2712 \text{ kN (kekanaan)}$$

Kombinasi beban yang digunakan berdasarkan peraturan SNI 03-1929-2002 pasal 6 ayat 2, butir 2 (BSN, 2002, ha 13) yaitu:

$$> 1.4 P_0$$

$$> 1.2 P_0 + 1.6 P_1 - 0.8 W$$

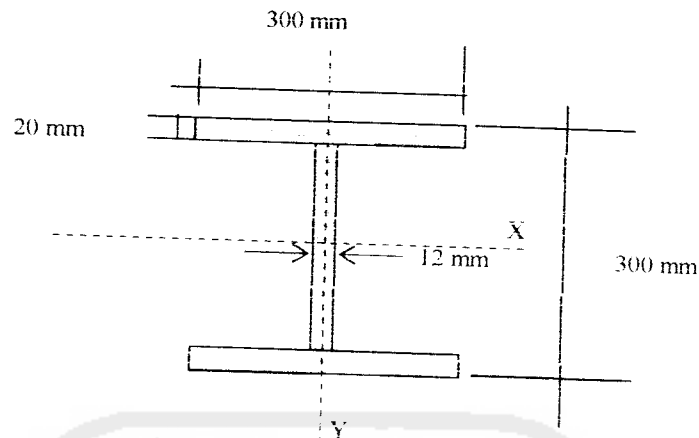
$$> 1.2 P_0 + 1.6 P_1 - 0.8 W$$



Gambar 4.6. Pembebanan Kuda-kuda akibat beban angin

#### 4.1.6 Perhitungan Profil Kuda-Kuda

Perencanaan profil kuda-kuda baja monoframe digunakan profil WF 300 x 300 seperti yang terlihat pada gambar 4.6. Setelah memasukkan beban-beban pada pemodelan seperti yang ada pada sub bab di atas sesuai dengan lampiran dan dipakai hubungan antara kuda-kuda baja dan portal dibawahnya dengan dukungan serdi untuk kedua tumpuan, maka diperoleh hasil analisis atau *output* (menggunakan *software sap 2000*) seperti yang terdapat pada lampiran



Gambar 4.7 Dimensi Profil WF 300 x 300

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| $A = 300 \text{ mm}$                   | $r_x = 152 \text{ mm}$                |
| $B = 300 \text{ mm}$                   | $r_y = 88,4 \text{ mm}$               |
| $t_1 = 12 \text{ mm}$                  | $S_x = 1,720 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$ |
| $t_2 = 20 \text{ mm}$                  | $S_y = 0,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$   |
| $A_b = 154\,000 \text{ mm}^2$          | $Z_x = 2,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$   |
| $I_x = 25,760 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$ | $I_y = 0,901 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$ |

## a. Beban-beban terfaktor

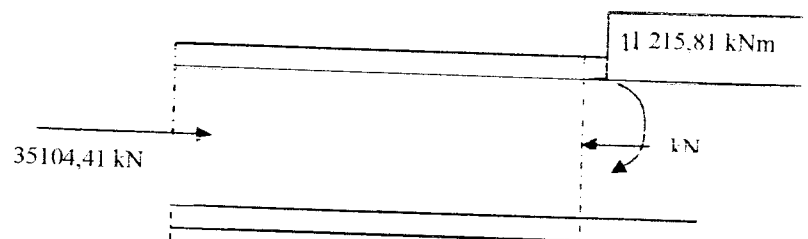
Berdasarkan *output* SAP 2000 pada lampiran terlihat gambar bidang momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial serta diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada balok kuda-kuda baja. Gaya-gaya yang bekerja pada balok kuda-kuda baja.

$$N_{u1} = 35104,41 \text{ kN}$$

$$N_{u2} = 44,11 \text{ kN}$$

$$M_{nt1} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{nt2} = 11\,215,81 \text{ kNm}$$



Gambar 4.8 Gaya-gaya yang bekerja pada Balok Kuda-kuda Baja



## b. Efek kolom/tekuk

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1.12 \cdot 10^3}{152} = 78,9474$$

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1.12 \cdot 10^3}{88,4} = 135,7466$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r_x} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$\lambda_c = 135,7465 \sqrt{\frac{240}{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 1,4968$$

karena  $\lambda_c \geq 1,2$  maka  $\omega = 1,25 \lambda_c^2 = 2,8$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{240}{2,8} = 85,7143 \text{ MPa}$$

$$\phi_c \cdot N_n = \phi_c \cdot f_{cr} \cdot A_g$$

$$= 0,85 \cdot 85,7143 \cdot 1790$$

$$= 1266989,925 \text{ N}$$

$$= 1266,98591 \text{ kN}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{76,42}{1266,9859} = 0,060 < 0,2$$

## c. Efek balok

Panjang batang yang di tinjau  $L = 7,75 \text{ m}$

$$M_p = f_y \cdot z_x$$

$$= 240 \times 2,5 \cdot 10^6$$

$$= 6 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

$$= 600 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= (f_y - f_r) S_x = (240 \times 2,5 \cdot 10^6) = 6 \cdot 10^8 \\
 &= 3,91 \cdot 10 \text{ Nmm} \\
 &= 391 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang maksimum yang mampu menerima momen plastis

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 88,4 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{240}} = 4491,3232 \text{ mm} = 4,4913 \text{ m}$$

Panjang bentang minimum yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral

$$L_r = r_y \left[ \frac{x_L}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 \cdot f_L^2}}$$

dengan

$$f_L = f_y - f_r = 240 - 70 = 170 \text{ MPa}$$

Konstanta puntir torsi

$$\gamma = \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} [2(350) \cdot 19^3 + (350 - 38) \cdot 12^3] = 1780145333 \text{ mm}^4$$

Konstanta puntir lengkung

$$I_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{(350)^3 (19) (350 - 14)^2}{2 \cdot 12 \cdot 2} = 3,7188 \cdot 10^{12} \text{ mm}^6$$

$$X_1 = \frac{\pi^2}{S_x} = \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot \gamma \cdot A_g}{2}} = \frac{\pi}{2,3 \cdot 10^6} \sqrt{2 \cdot 10^5 \cdot 80000 \cdot 1780145333 \cdot 17390} = 21495,3515 \text{ MPa}$$

$$X_2 = 4 \left( \frac{S_x}{G \cdot \gamma} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y} = 4 \left( \frac{2,3 \cdot 10^6}{80000 \cdot 1780145333} \right)^2 \cdot \frac{3,7188 \cdot 10^{12}}{1,36 \cdot 10^8} = 2,8529 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^4 / \text{N}^2$$

maka,  $L_r = 88,4$  dikalikan dengan

$$\left( \frac{21495,3515}{170} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 2,8529 \cdot 10^{-5} \cdot 170^2}} = 17.137,5935 \text{ mm} = 17,1376 \text{ m}$$

Karena  $L_p < L < L_r$  maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur antara

$$M_n = C_0 \left[ M_r + (M_p - M_r) \left( \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

Diperiksa apakah profil WF 300 x 300 cukup kompak untuk

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

Syarat penampang kompak

$$\text{Tekuk lokal flens } \lambda_p = 170 / \sqrt{f_y} \Rightarrow 170 / \sqrt{240} = 10,9735$$

$$\text{Tekuk lokal badan} = \lambda_p = 1680 / \sqrt{f_y} \Rightarrow 1680 / \sqrt{240} = 108,4435$$

Nilai Tekuk lokal flens baja profil yang digunakan

$$= b / 2L_t = 350 / 2,19 = 9,2105 < 10,9735$$

Nilai Tekuk lokal badan baja profil yang digunakan

$$= h / t_w = 350 / 12 = 29,1667 \leq 108,4435 \Rightarrow \text{OK}$$

Penampang tersebut Kompak!

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \left( \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{12,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

#### 4.2 Perencanaan Tangga dan Bordes

Tipe tangga dengan selisih  $h = 4$  m, lebar tangga 4 m dan panjang ruang tangga 5 m. Direncanakan dengan oprade  $Op = 16$  cm dan antrade  $An = 30$  cm, dimana rencana oprade dan antrade tersebut harus memenuhi syarat tangga :

$$60 \leq 2.Op + An \leq 65$$

$$60 \leq 2.16 + 30 \leq 65$$

$$60 \leq 62 \leq 65 \text{ memenuhi syarat}$$

jumlah anak tangga :

$$\left( \frac{H}{Op} \right) - 1$$

$$\left( \frac{400}{16} \right) - 1 = 24 \text{ anak tangga}$$

Lebar Bordes : Panjang tangga – (0,5 x Jumlah anak tangga x Antrade)

$$: 500 - 0,5 \cdot 24 \cdot 30 = 140 \text{ cm}$$

Kemiringan tangga :  $\text{tg } \alpha = \left( \frac{Op}{An} \right) = \frac{16}{30} = 0,5333$

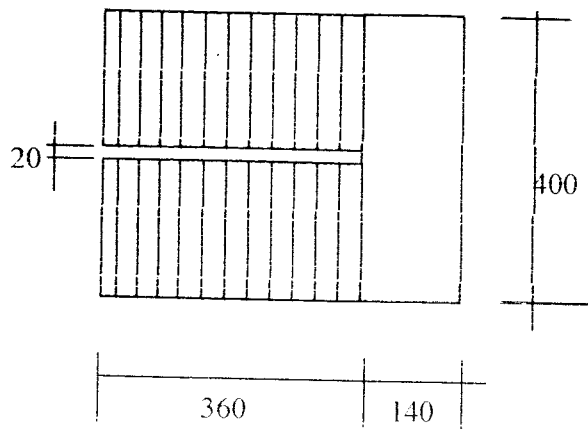
$$\alpha = 28,07^\circ$$

Tinggi beton merata tangga

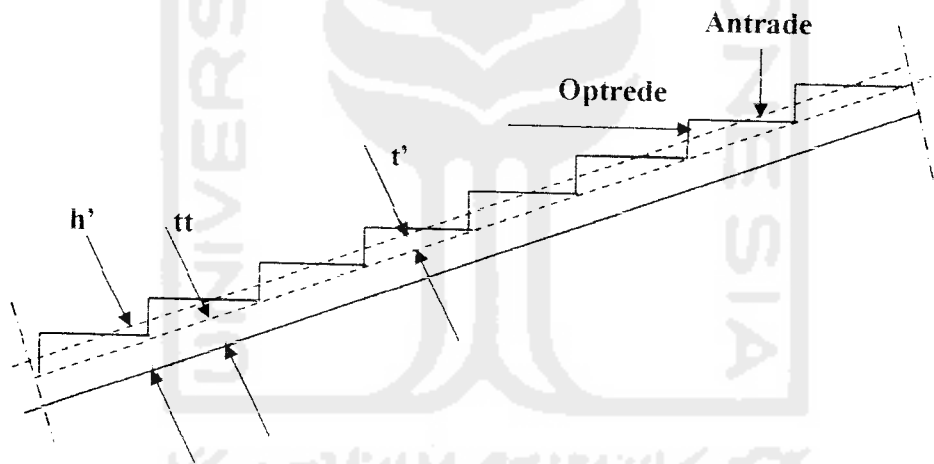
$$t' = t'' = \frac{(0,5.Op.An)}{C} = \frac{(0,5.16.30)}{\sqrt{16^2 + 30^2}} = 7,0588 \text{ cm}$$

Dipakai tebal tangga =  $t_b = 15$  cm

$$h' = \frac{t + t'}{\text{Cos } \alpha} = \frac{15 + 7,0588}{\text{cos } 28,07^\circ} = 24,4994 = 25 \text{ cm}$$



Gambar 4.9 Ruang Tangga



Gambar 4.10 Penampang Tangga

### 4.2.1 Pembebanan Tangga

Hitungan beton permeter lebar tangga

#### a. Beban mati :

|                           |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|
| beton pelat + anak tangga | = 0,25 . 24 | = 6 kN/m    |
| Tegel                     | = 0,03 . 24 | = 0,72 kN/m |
| Spesi                     | = 0,02 . 21 | = 0,42 kN/m |
| Railing (asumsi)          |             | = 1 kN/m    |

---


$$q_d = 8,14 \text{ kN/m}$$

$$q_l = 3,00 \text{ kN/m}$$

Hitung beban permeter lebar bordes

|                            |           |             |
|----------------------------|-----------|-------------|
| Beton mati . Berat sendiri | = 0,15.24 | = 3,6 kN/m  |
| Tegel                      | = 0,03.24 | = 0,72 kN/m |
| Spesi                      | = 0,02.21 | = 0,42 kN/m |
| Railing (asumsi)           |           | = 1 kN/m    |

---

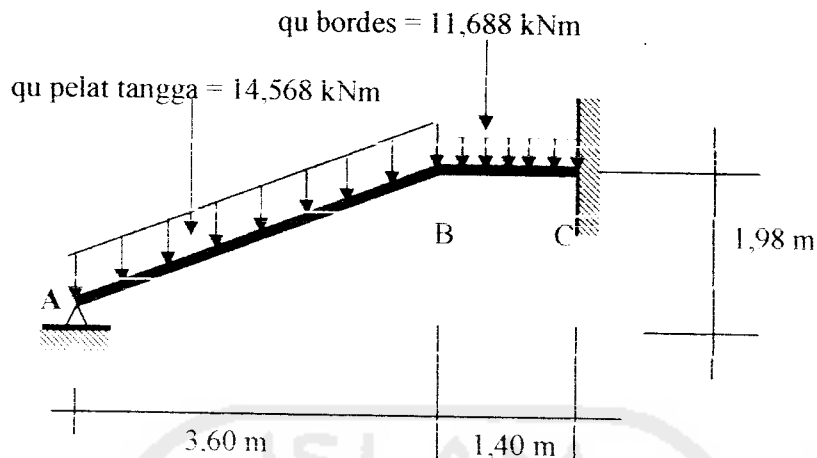

$$q_d = 5,74 \text{ kN/m}$$

$$q_l = 3,00 \text{ kN/m}$$

#### b. Beban Hidup

$$q_u \text{ Pelat tangga} = 1,2 q_d + 1,6 q_l = 1,2.8,14 + 1,6.3 = 14,568 \text{ kN/m}$$

$$q_u \text{ bordes} = 1,2 q_d + 1,6 q_l = 1,2.5,74 + 1,6.3 = 11,688 \text{ kN/m}$$



Gambar 4.11 Pembebanan Tangga

Dengan bantuan program SAP 2000, maka didapatkan nilai dari reaksi tumpuan, gaya geser dan momen yang bekerja pada tangga, sesuai dengan *output* hasil analisis yang terdapat pada lampiran

Momen akibat beton 1,2 D + 1,6 L

> Momen tumpuan

- Pelat tangga : 225,8936 kNm
- Pelat bordes : 59,9365 kNm

> Momen Lapangan :

- Pelat tangga : 116,1658 kNm
- Pelat bordes : 112,1581 kNm

> Reaksi tumpuan vertikal akibat beban  $D_1$

- Ujung pelat tangga : 0,6568 kNm
- Ujung pelat bordes : 0,0285 kNm

> Reaksi Tumpuan vertikal akibat beban  $L_i$

- Ujung pelat tangga : 1,0298 kNm
- Ujung pelat bordes : 0,0570 kNm

#### 4.2.2 Penulangan Pelat Tangga

##### a. Lapangan

Momen positif Lapangan :  $M_u = 116,1658$  kNm

$$M_n = M_u / 0,8 = 145,2072 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulangan pokok P12

$$b = 1\text{m} = 1000 \text{ mm}$$

Tebal selimut beton = 20 mm menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.7 (hal. 41)

$$\begin{aligned} d &= h - 20 - 0,5 \phi \\ &= 150 - 20 - 0,5 \cdot 12 = 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) = 145,2072 \cdot 10^5 / (1000 \cdot 124^2) \\ &= 0,9444 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left( \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \right) = 0,0645$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 = 0,0484$$

$$\rho_{\min} = \rho_{\text{mutu}} = 0,00212$$



$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right\}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,9444}{0,85 \cdot 30}} \right\} = 0,0037$$

Kontrol

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,002 < 0,0037 < 0,0484$$

Asmin = As susut

$$= 0,002 \cdot 1000 \cdot 150$$

$$= 300 \text{ mm}^2$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0037 \cdot 1000 \cdot 124 = 461,1188 \text{ mm}^2$$

$$As_{\max} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 124 = 6001,6 \text{ mm}^2$$

Maka gunakan As = P12 - 100 (As = 1130,4 mm<sup>2</sup>) > 461,1188 mm<sup>2</sup>

Jarak antar tulangan menurut SNI 03-2847-2002, butir 5 (BSN, 200a, hal 40)

$$S = (3,14/4) \cdot 12^2 \cdot 1000 / 1130,4$$

$$= 100 \text{ mm}$$

syarat spasi maksimum

$$S_{\max} < 3 h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\max} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm} < (S_{\max} = 450 \text{ mm}) \dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulangan P12 - 100 (As = 1130,4 mm<sup>2</sup>)

**b. Tumpuan**

Momen negatif tumpuan :  $M_u = M_{max} = 225,8936 \text{ kNm}$

$$M_n = M_u / 0,8 = 282,3670 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulangan pokok P12

$$b = 1\text{m} = 1000\text{mm}$$

Tebal selimut beton=20 mm

$$d = h - 20 - 0,5 \phi$$

$$= 150 - 20 - 0,5 \cdot 12 = 124 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) = 94,1223 \cdot 10^5 / (1000 \cdot 124^2) \\ &= 0,6121 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left( \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \right) \\ &= \left( \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right)}{240} \right) = 0,0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 = 0,0484$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right\}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,6121}{0,85 \cdot 30}} \right\}$$

$$= 0,0026$$

**Kontrol**

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,002 < 0,0026 < 0,0484$$

$$A_{s \min} = A_{s \text{ susut}}$$

$$= 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0026 \cdot 1000 \cdot 124 = 322,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \max} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 124 = 6001,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka digunakan } A_s = 446,4 \text{ mm}^2$$

**Jarak antar tulangan**

$$S = \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{4 \cdot 446,4} = 253,35542 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

syarat spasi maksimum

$$S_{\max} < 3 h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\max} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm} < (S_{\max} = 450 \text{ mm}) \dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulangan P12-100 ( $A_s = 1130,4 \text{ mm}^2$ )

**c. Tulangan Susut**

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.ayat 12 butir 2 (BSN, 2002a, hal 48)

dipakai tulangan diameter 10 mm ( $f_y = 240 \text{ Mpa}$ )

$$A_{s \min} = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{318} = 246,9806 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum

$$S_{\max} < 5 \cdot h = 5 \cdot 150 = 750 \text{ mm}$$

$$S_{\max} < 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S = 100 \text{ mm} < (S_{\max} = 450 \text{ mm}) \dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulang P10-200 ( $A_s = 392,5 \text{ mm}^2$ )

#### d. Kontrol Geser

$$\text{Gaya Geser} = 28,28 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 124 = 113195,9952 \text{ N} = 113,196 \text{ kN}$$

$$V_u = 28,28 \text{ kN} < \phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 113,196 = 84,897 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata tulangan geser tidak diperlukan karena dari penampang beton sendiri sudah bisa mengatasi geser yang terjadi.

### 4.2.3 Penulangan Pelat Bordes

#### a. Tulangan Lapangan

$$\text{Momen positif Lapangan} = M_u = 112,1582 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_u / 0,8 = 140,1976 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulang pokok P12

$$B = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

Tebal selimut beton = 20 mm

$$d = h - 20 - 0,5 \phi$$

$$= 150 - 20 - 0,5 \cdot 12 = 124 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{140.1976 \cdot 10^6}{1000 \cdot 124^2} = 0,9118$$

$$\rho_b = \left( \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right)}{240} \right) = 0,0645$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 = 0,0484$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f_c'}} \right\}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,9118}{0,85 \cdot 25}} \right\} = 0,0037$$

Kontrol

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,002 < 0,0037 < 0,0484$$

As min = As susut

$$= 0,002 \cdot 1000 \cdot 150$$

$$= 300 \text{ mm}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0037 \cdot 1000 \cdot 124 = 461,119 \text{ mm}^2$$

$$As_{\max} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 124 = 6001,6 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan  $A_s = 461,119 \text{ mm}^2$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{A_s} \cdot 1000 = 245,14 \text{ mm dipakai} = 150 \text{ mm}$$

syarat spasi maksimum

$$S_{\max} < 3h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\max} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm} < (S_{\max} = 450 \text{ mm}) \dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulangan P12-150 ( $A_s = 791,28 \text{ mm}^2$ )

### b. Tulanganan Tumpuan

Momen Positif tumpuan :  $M_u = M_{\max} = 59.9365 \text{ kNm}$

$$M_n = M_u / 0,8 = 74,9206 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulang pokok P12

$$b = 1\text{m} = 1000\text{mm}$$

Tebal selimut beton = 20 mm

$$d = h - 20 - 0,5 \phi$$

$$= 150 - 20 - 0,5 \cdot 12 = 124 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{74,9206 \cdot 10^6}{1000 \cdot 124^2} = 0,4872$$

$$\rho_b = \left( \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \right)}{240} = 0,0645$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 = 0,0484$$

$$\rho_{\min} = 0,002_s$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right\}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,4872}{0,85 \cdot 25}} \right\} = 0,0022$$

Kontrol

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,002 < 0,0022 < 0,0484$$

As min = As susut

$$= 0,002 \cdot 1000 \cdot 150$$

$$= 300 \text{ mm}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0022 \cdot 1000 \cdot 124 = 272,8 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ max} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 124 = 6001,6 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot As} \cdot 1000 = 414,36, \text{ dipakai } 150 \text{ mm}$$

syarat spasi maksimum

$$S_{\max} < 3 h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{max} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm} < (S_{max} = 450 \text{ mm}) \dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulangan P12-150 ( $A_s = 791,28 \text{ mm}^2$ )

### c. Tulanganan susut

Dipakai tulangan diameter 10 mm ( $f_y = 240 \text{ Mpa}$ )

$$\rho_{min} = 0,002 \quad (f_y = 240 \text{ Mpa})$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{318} = 246,98061 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

syarat spasi maksimum

$$S_{max} < 5 h = 5 \cdot 150 = 750 \text{ mm}$$

$$S_{max} < 500 \text{ mm} \quad (\text{menentukan})$$

$$S = 150 \text{ mm} < (S_{max} = 450 \text{ mm}) \dots \text{ok}$$

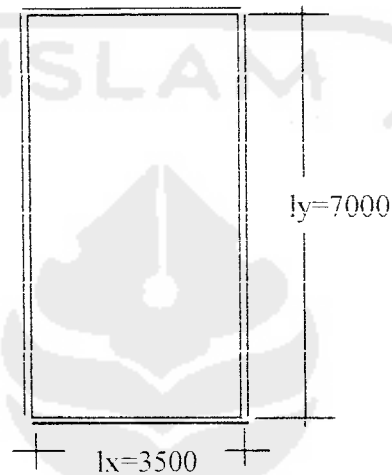
Maka digunakan tulangan P10-200 ( $A_s = 392,6991 \text{ mm}^2$ )



### 4.3 Penulangan Pelat

#### 4.3.1 Penulangan Pelat Atap

Pelat pada atap dengan dimensi panjang 7 m dan lebar 3,5 m ditumpu pada keempat sisinya dengan dibebani beban mati pelat atap ( $Q_D$ ) sebesar  $8,46 \text{ kN/m}^2$  dan beban hidup pelat ( $Q_L$ ) sebesar  $1,54 \text{ kN/m}^2$ .



Gambar 4.12 Estimasi beban pelat Atap

$$\begin{aligned} w_{u \text{ atap}} &= 1,2 Q_D + 1,6 Q_L \\ &= 1,2 \cdot 8,46 + 1,6 \cdot 1,54 \\ &= 12,616 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{7}{3,5} = 2 \leq 2 \longrightarrow \text{tulangan sebelah}$$

Untuk nilai  $\frac{l_y}{l_x} = 2$  nilai koefisien momen ( $\alpha$ ) dapat dicari pada tabel Peraturan

Beton Bertulangan Indonesia (1971, hal 203) sehingga dapat diperoleh nilai-nilai koefisien momen sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai koefisien momen pelat

| lx   | ly   | ly/lx | x <sub>1</sub> | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | x <sub>4</sub> |
|------|------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 3500 | 7000 | 2     | 62             | 62             | 35             | 35             |

$$M_{lx} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x_1$$

$$= 0,001 \cdot 12,616 \cdot 3,5^2 \cdot 62 = 9,5818 \text{ kNm}$$

$$M_{lx} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x_2$$

$$= -0,001 \cdot 12,616 \cdot 3,5^2 \cdot 62 = -9,5818 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_y^2 \cdot x_3 = 5,4091 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_y^2 \cdot x_4 = -5,4091 \text{ kNm}$$

Selimut beton untuk pelat atap dipakai 20 mm.

Dipakai : tulangan beton  $\Phi$  8 mm

$H_{\text{efektif}}$  arah x

$$d_x = 100 - 20 - 1/2 \cdot 8 = 76 \text{ mm}$$

$H_{\text{efektif}}$  arah y

$$d_y = 100 - 20 - 1/2 \cdot 8 = 68 \text{ mm}$$

-Tinjauan momen arah x

$$M_{lx} = M_{ly} = 9,5818 \text{ kNm} = 9,5818 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Ml}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{9,5818 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 2,0376 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_t = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,0645$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,00212$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot c \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 2,076}{0,85 \cdot 25}} \right)}{240} = 0,00425$$

Kontrol

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,00212 < 0,00425 < 0,0484$$

$$A_{S_{\text{min}}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00425 \cdot 1000 \cdot 76 = 323 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{maks}}} = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 76 = 3678,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan  $A_s = 323 \text{ mm}^2$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{1000 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot d^2}{A_s} = \frac{1000 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 8^2}{323} = 155,54 \approx 100 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum

$$S_{\text{maks}} < 3h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\text{maks}} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 100 < (S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan P8 – 100 ( $A_s = 502,6548 \text{ mm}^2$ )

**Tinjauan momen arah y**

$$M_{ly} = M_{ly} = 4.305 \text{ kNm} = 5.4091 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_{ly}}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{5.4091 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 1.1705 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,0645$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645$$

$$= 0,0484$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,00212$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot c \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 1.1705}{0,85 \cdot 25}} \right)}{240} = 0,0051$$

**Kontrol**

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0020 < 0,0051 < 0,0484$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot h = 0,0020 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0051 \cdot 1000 \cdot 68 = 346,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{maks}}} = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 68 = 3291,2 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan  $A_s = 346,8 \text{ mm}^2$

**Jarak antar tulangan**

$$S = \frac{1000.1/4.\pi.d^2}{A_s} = \frac{1000.1/4.\pi.8^2}{346,8} = 144,86 \approx 100 \text{ mm}$$

**Syarat spasi maksimum**

$$S_{\text{maks}} < 3 h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\text{maks}} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 100 < (S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan P8 – 100 ( $A_s = 502,6548 \text{ mm}^2$ )

**Cek kapasitas lentur****Daerah tumpuan**

$$d' = 20 + 8 + \frac{1}{2} \cdot 8 = 32$$

$$d = 100 - 20 - 8 = 68 \text{ mm}$$

$$A_s = 502,6548 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 502,6548 \text{ mm}^2$$

**Cari letak garis netral (c)**

$$T_s = C_c + C_s$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c + 0,003 \left[ \frac{c - d'}{c} \right] E_s A_s'$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1)c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y)c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$c = \frac{(600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) + \sqrt{(600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y)^2 + 4(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b)(600 \cdot A_s \cdot d')}}{2 \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b)}$$

$$600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y = 600 \cdot 502,6548 - 502,6548 \cdot 240 = 180955,728$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 1000 = 21675$$

$$600 \cdot A_s' \cdot d' = 600 \cdot 502,6548 \cdot 32 = 9650972$$

$$c = \frac{\left(180955,728 + \sqrt{(180955,728)^2 + 4(21675)(965097216)}\right)}{2.21675}$$

$$c = 17,3258 \text{ mm} < d' = 32 \text{ mm}$$

Ternyata garis Inetral (c) lebih kecil dari jarak serat teratas ke tulangan desak ( $d'$ ) akibatnya desak tersebut berubah menjadi tulangan tarik

$$T_{s2} = C_c - T_{s1}$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c - 0,003 \left[ \frac{d' - c}{c} \right] E_s \cdot A_s'$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$c = \frac{(600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) + \sqrt{(600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y)^2 + 4(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b)(600 \cdot A_s' \cdot d')}}{2 \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b)}$$

$$600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y = 600 \cdot 502,6548 - 502,6548 \cdot 240 = 180955,728$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 1000 = 21675$$

$$600 \cdot A_s' \cdot d' = 600 \cdot 502,6548 \cdot 32 = 9650972$$

$$c = \frac{\left(180955,728 + \sqrt{(180955,728)^2 + 4(21675)(9650972,16)}\right)}{2.21675}$$

$$c = 17,3258 \text{ mm} < d' = 32 \text{ mm}$$

Pemeriksaan Regangan

$$\text{Untuk mutu baja } f_y = 240 \text{ Mpa maka } \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240}{200000} = 0,0012$$

Regangan untuk tulangan tekan (yang berubah jadi tulangan tarik)

$$\epsilon_s' = \frac{d' - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{24 - 14,5705}{14,5705} \cdot 0,003 = 5,0023 \cdot 10^{-3} > \epsilon_y = 0,0012$$

karena nilai  $\varepsilon_s' > \varepsilon_y$  maka tulangan baja tekan sudah luluh

Regangan pada tulangan tarik

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{76-14,5705 \cdot 0,003}{14,5705} = 5,0023 \cdot 10^{-3} > \varepsilon_y = 0,002$$

karena nilai  $\varepsilon_s > \varepsilon_y$  maka tulangan baja tekan sudah luluh.

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 17,3358 = 14,73543 \text{ mm}$$

Karena baja tekan sudah luluh maka digunakan  $f_s' = f_y = 240 \text{ Mpa}$

$$M_n = Cc \left( d - \frac{a}{2} \right) - T_s (d - d')$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left( d - \frac{a}{2} \right) - A_s' \cdot f_s' (d - d')$$

$$M_n = \left( 0,85 \cdot 25 \cdot 14,73543 \cdot 1900 \left( 76 - \frac{14,73543}{2} \right) - 502,6548 \cdot 240 (68 - 32) \right) 10^{-6}$$

$$M_n = 18,4349 \text{ kNm}$$

$$M_u = 0,8 M_n = 0,8 \cdot 18,4399 = 14,7519 \text{ kNm} > M_u \text{ tumpuan} = 4,305 \text{ kNm} \text{ ..Ok}$$

Daerah Lapangan

$$d \text{ aktual} = 68 \text{ mm}$$

$$A_s = 502,6548 \text{ mm}^2$$

Dari gambar 4 diperoleh keseimbangan gaya :

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot a \cdot b} = \frac{502,6548 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 4,7309 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 502,6548 \cdot 240 \left( 68 - \frac{4,7309}{2} \right) = 7,918 \text{ kNm}$$

$$M_u = \Phi M_n = 0,8 \cdot 7,918 = 6,3344 \text{ kNm} > M_u \text{ lapangan} = 4,365 \text{ kNm} \dots \text{Aman}$$

Tulangan susut

Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar tulangan minimum

$$A_s = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan  $\Phi 8 \text{ mm}$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot d^2}{A_s} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 8^2}{212} = 237,1013 \approx 150 \text{ mm}$$

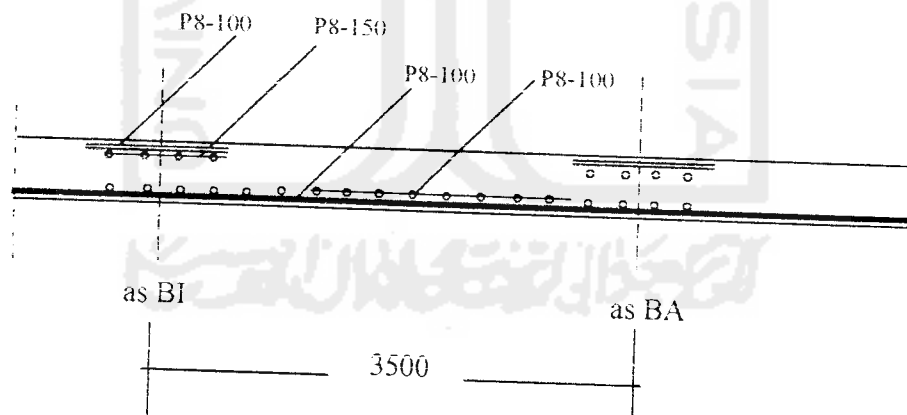
Syarat Spasi maksimum

$$S_{\text{maks}} < 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (Menentukan)}$$

$$S_{\text{maks}} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm} < (S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}) \dots \dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulangan P8 - 150 ( $A_s = 351,8584 \text{ mm}^2$ )

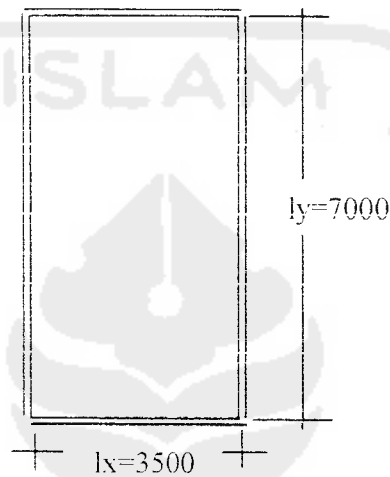


Gambar 4.13. Penulangan Pelat Atap



### 4.3.2 Penulangan Pelat Lantai

Pelat lantai dari lantai 1 sampai lantai 5 adalah tipikal dengan dimensi panjang 7 m dan lebar 3,5 m ditumpu pada ke empat sisinya dengan dibebani beban mati pelat atap ( $Q_D$ ) sebesar  $9,658 \text{ kN/m}^2$  dan beban hidup pelat ( $Q_L$ ) sebesar  $1,54 \text{ kN/m}^2$ .



Gambar 4.14 Estimasi beban pelat lantai

$$\begin{aligned} w_{u \text{ atap}} &= 1,2 Q_D + 1,6 Q_L \\ &= 1,2 \cdot 9,658 + 1,6 \cdot 1,54 \\ &= 14,0536 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{7}{3,5} = 2 \leq 2 \quad \longrightarrow \quad \text{searah}$$

Untuk nilai  $\frac{l_y}{l_x} = 2$  nilai koefisien momen ( $\alpha$ ) dapat dicari pada tabel Peraturan Beton Bertulangan Indonesia (1971, hal 203) sehingga dapat diperoleh nilai-nilai koefisien momen sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai koefisien momen pelat

| lx   | ly   | ly/lx | x <sub>1</sub> | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | x <sub>4</sub> |
|------|------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 3500 | 7000 | 2     | 62             | 62             | 35             | 35             |

$$M_{lx} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x_1$$

$$= 0,001 \cdot 14,0536 \cdot 3,5^2 \cdot 62 = 10,6737 \text{ kNm}$$

$$M_{lx} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x_2$$

$$= -0,001 \cdot 14,0536 \cdot 3,5^2 \cdot 62 = -10,6737 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_y^2 \cdot x_3 = 6,0255 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_y^2 \cdot x_4 = -6,0255 \text{ kNm}$$

Selimit beton untuk pelat atap dipakai 20 mm.

Dipakai : tulangan beton  $\Phi$  10 mm

$H_{\text{efektif}}$  arah x

$$d_x = 150 - 20 - 1/2 \cdot 10 = 125 \text{ mm}$$

$H_{\text{efektif}}$  arah y

$$d_y = 150 - 20 - 1/2 \cdot 10 - 10 = 115 \text{ mm}$$

-Tinjauan momen arah x

$$M_{lx} = M_{ly} = 10,6737 \text{ kNm} = 10,6737 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Ml}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{10,6737 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 2,1143 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_t = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,0645$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot c \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 2,1143}{0,85 \cdot 25}} \right)}{240} = 0,00498$$

Kontrol

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,002 < 0,00498 < 0,0484$$

$$A_{S_{\text{min}}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00498 \cdot 1000 \cdot 125 = 622,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{maks}}} = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 125 = 6050 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka digunakan } A_s = 622,5 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{1000 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot d^2}{A_s} = \frac{1000 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 10^2}{622,5} = 126,10 \approx 100 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum

$$S_{\text{maks}} < 3h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\text{maks}} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 100 < (S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\text{Maka digunakan tulangan P10 - 100 (} A_s = 785 \text{ mm}^2 \text{)}$$

**Tinjauan momen arah y**

$$M_{ly} = M_{ly} = 6,0255 \text{ kNm} = 6,0255 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_{ly}}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{6,0255 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 0,482 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,0645$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 \\ = 0,0484$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot c \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 0,482}{0,85 \cdot 25}} \right)}{240} = 0,0041$$

**Kontrol**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,002 < 0,0041 < 0,0484$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0041 \cdot 1000 \cdot 115 = 471,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 0,0484 \cdot 1000 \cdot 115 = 5566 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan  $A_s = 471,5 \text{ mm}^2$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{1000 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot d^2}{A_s} = \frac{1000 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 10^2}{471,5} = 121,6 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum

$$S_{\text{maks}} < 3 h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{\text{maks}} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 100 < (S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan P10 – 100 ( $A_s = 785 \text{ mm}^2$ )

**Tulangan susut**

Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar tulangan minimum

$$A_s = 0,0020 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan  $\Phi$  10 mm

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot d^2}{A_s} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 8^2}{212} = 237,1013 \approx 150 \text{ mm}$$

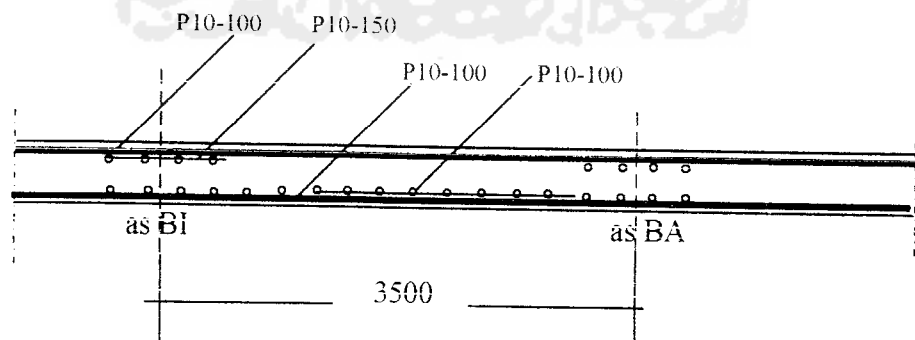
Syarat Spasi maksimum

$$S_{\text{maks}} < 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm (Menentukan)}$$

$$S_{\text{maks}} < 500 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm} < (S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}) \dots\dots \text{ok}$$

Maka digunakan tulangan P10 – 150 ( $A_s = 471 \text{ mm}^2$ )



Gambar 4.15. Penulangan Pelat Atap

## 4.4 Penulangan Balok

### 4.4.1. Penulangan Balok Terhadap Lentur

Sebagai contoh perhitungan tulangan lentur diambil balok lantai 5 pada. Dimensi balok 400/600, tulangan yang digunakan D25, selimut beton 40 mm, diameter sengkang 10 mm.

Rasio Tulangan

Rasio tulangan maksimum

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{maks} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

Rasio tulangan maksimum terhadap gempa

$$\rho_{maks} = \frac{7}{f_y} = \frac{7}{400} = 0,0175$$

Dipilih nilai  $\rho_{maks}$  yang terkecil, maka  $\rho_{maks} = 0,0175$

Rasio tulangan minimum

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

### Tulangan Negatif

$$M_{\text{Tumpuan negatif}} = 1980000 \text{ kNm (Comb 2)}$$

$$d = 600 - 40 - 10 - (0,5 \cdot 25) = 525 \text{ mm}$$

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = 1980000 \cdot 10^3 / (0,8 \cdot 400 \cdot 525) = 15,22$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'c}} \right)$$

$$= (0,85 \cdot 25 / 400) \cdot (1 - \sqrt{(2 \cdot 15,22 / 0,85 \cdot 25) - 1}) = 0,0357$$

### kontrol

$$\rho > \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0357 < 0,0244$$

Karena  $\rho > \rho_{\text{maks}}$ , maka balok bertulangan rangkap

$$A_{s1} = 0,9 \cdot \rho_{\text{maks}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,9 \cdot 0,0244 \cdot 400 \cdot 525$$

$$= 4611,6 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$= (4611,6 \cdot 400) / (0,85 \cdot 25 \cdot 400) = 180,83 \text{ mm}$$

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (4611,6 \cdot 400 \cdot (525 - 180,83 / 2)) / 1000000$$

$$= 1072,00 \text{ kNm}$$

$$Mn_2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn_1 = (4611,6 / 0,85) - 1072,00$$

$$= 4783,69 \text{ kNm}$$

Chek tegangan baja desak ( $f's$ )

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 180,83 / 0,85$$

$$= 212,176 \text{ mm}$$

$$ds' \text{ (asumsi)} = 65 \text{ mm}$$

$$\epsilon s' = \left( \frac{c - ds'}{c} \right) \cdot 0,003$$

$$= ((212,176 - 65) / 212,176) \cdot 0,003 = 0,00208$$

$$\epsilon y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon s' < \epsilon y$$

$$0,00208 > 0,002$$

Karena  $\epsilon s' < \epsilon y$ , maka baja desak sudah luluh ( $f's = f_y$ )

$$f's = E_s \cdot \epsilon s', \text{ tapi dipakai } f's = f_y$$

$$= 400 \text{ MPa}$$

$$As' = \frac{Mn_2}{f's \cdot (d - ds')}$$

$$= (4611,6 \cdot 10^3) / (400 \cdot (525 - 65)) = 255,3 \text{ mm}^2$$

$$As_2 = \frac{As' \cdot f's}{f_y}$$

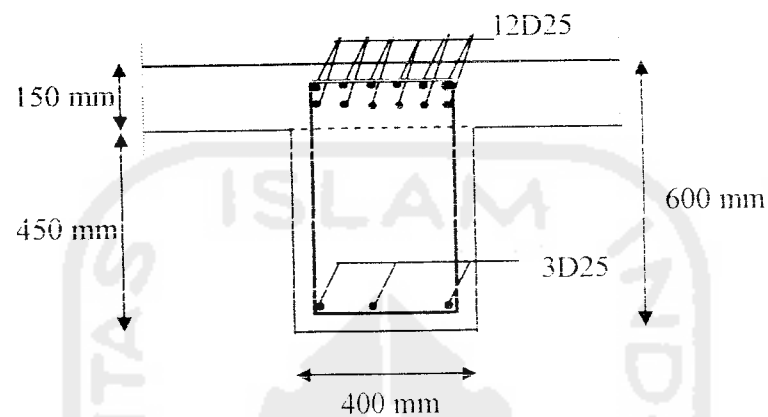


$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$= 4611,6 + 255,3 = 4866,9 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan desak **12D25** ( $A_s = 5887,5 \text{ mm}^2$ )

digunakan tulangan tarik **3D25** ( $A_s = 1471,875 \text{ mm}^2$ )



Gambar. 4.16 Penampang balok tumpuan

#### Tulangan lapangan

$$M_{lap} = 1140000 \text{ kNm}$$

$$d = 600 - 40 - 10 - (0,5 \cdot 25) = 537,5 \text{ mm}$$

Rasio tulangan maksimum :

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{(1140000 \cdot 10^3)}{(0,8 \cdot 400 \cdot 537,5^2)} = 0,7413$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,7413}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0053$$

kontrol

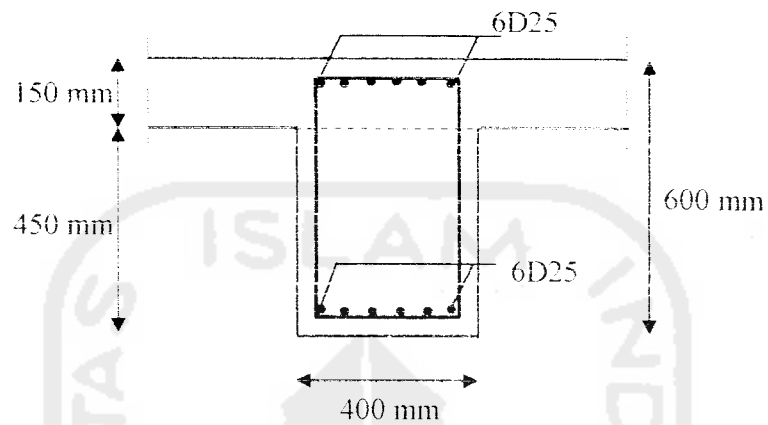
$$\rho > \rho_{min}$$

$$\rho > \rho_{min}$$

$$0,0053 > 0,0035$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0053 \cdot 400 \cdot 537,5 = 1139,5 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan **6D25** (  $A_s = 2943,75 \text{ mm}^2$  )

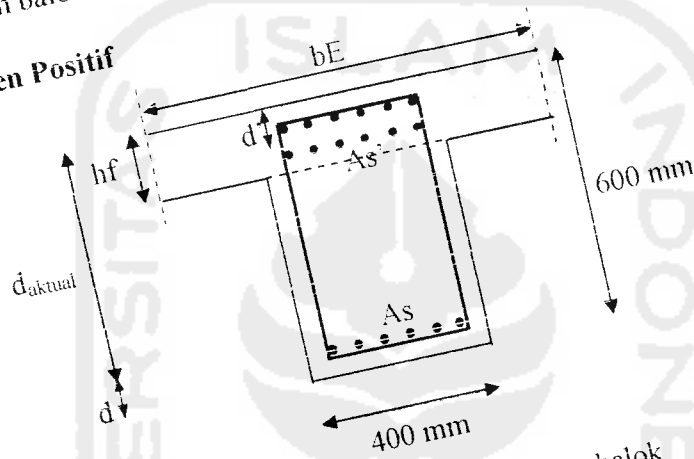


Gambar. 4.17. Penampang balok lapangan

#### 4.4.2. Perhitungan momen nominal aktual balok

Karena pada balok terdapat tulangan atas dan bawah maka menghitung momen nominal aktual dipakai analisis balok bertulang rangkap. Momen kapasitas balok dapat dihitung berdasarkan tulangan baja yang terpasang pada bagian tumpuan balok.

- Momen Positif



Gambar. 4.18. Penampang balok

Asumsi sebagai balok T

$$bE \leq \frac{1}{4} (7000) = 1750 \text{ mm}$$

$$bE \leq 400 + 16 \cdot 150 = 6400 \text{ mm}$$

$$bE \leq \frac{4000 + 6000}{2} = 5000 \text{ mm}$$

Diambil  $bE = 1750 \text{ mm}$

$$As = 6 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$As'_1 = 6 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

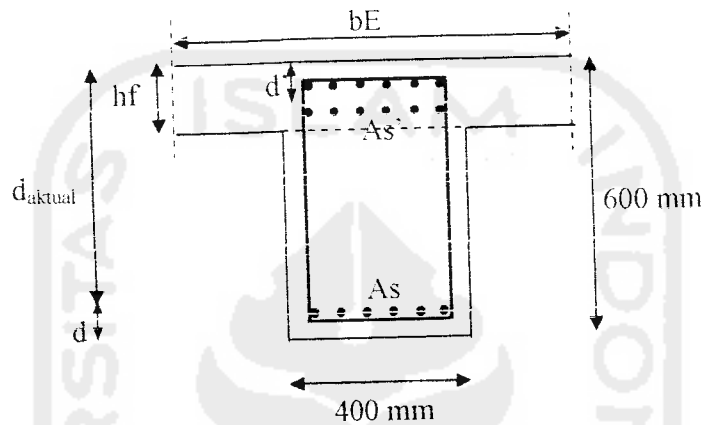
$$As'_2 = 6 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$As' = As'_1 + As'_2 = 5887,5 \text{ mm}^2$$

#### 4.4.2. Perhitungan momen nominal aktual balok

Karena pada balok terdapat tulangan atas dan bawah maka menghitung momen nominal aktual dipakai analisis balok bertulang rangkap. Momen kapasitas balok dapat dihitung berdasarkan tulangan baja yang terpasang pada bagian tumpuan balok.

- Momen Positif



Gambar. 4.18. Penampang balok

Asumsi sebagai balok T

$$bE \leq \frac{1}{4} \cdot (7000) = 1750 \text{ mm}$$

$$bE \leq 400 + 16 \cdot 150 = 6400 \text{ mm}$$

$$bE \leq \frac{4000 + 6000}{2} = 5000 \text{ mm}$$

Diambil  $bE = 1750 \text{ mm}$

$$A_s = 6 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 6 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 6 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_s' + A_s' = 5887,5 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 40 + 10 + (0,5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = d_1 + (0,5 \times 25) + 25 + (0,5 \times 25) = 112,5 \text{ mm}$$

$$d' = \frac{As'_1 \cdot d_1 + As'_2 \cdot d_2}{As'}$$

$$= (2943,75 \cdot 62,5 + 2453,125 \cdot 112,5) / 5396,875$$

$$= 85,2272 \text{ mm}$$

$$d = 40 + 10 + (0,5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

$$d \text{ aktual} = 600 - 62,5 = 537,5 \text{ mm}$$

Kontrol apakah  $a < hf$  atau  $a > hf$

$$a = hf = 120 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85 \cdot f'_c \cdot hf \cdot bE$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 150 \cdot 1750 = 6\,693\,750 \text{ N}$$

$$f'_s = 600 \left( 1 - \beta_1 \cdot \frac{d'}{a} \right)$$

$$= 237,6 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$Cs = As' \cdot f'_s$$

$$= 5887,5 \cdot 237,6 = 1\,282\,297,5 \text{ N}$$

$$Ts = As \cdot f_y$$

$$= 2943,75 \cdot 400 = 1\,177\,500 \text{ N}$$

$$Ca = Cc + Cs$$

$$= 6\,693\,750 \text{ N} + 1\,282\,297,5 \text{ N} = 7\,978\,297,5 \text{ N} > Ts$$

Sehingga  $a = hf \Rightarrow$  balok persegi dengan  $bE = 1750 \text{ mm}$ .

Anggapan awal tulangan desak belum luluh

$A_s < A_s' \Rightarrow$  belum luluh.

$$A = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot E \cdot \beta_1$$

$$B = A_s' \cdot 600 - A_s \cdot f_y$$

$$C = 600 \cdot A_s' \cdot d'$$

Dengan rumus ABC

$$c = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

$$A = 0,85 \cdot 25 \cdot 1750 \cdot 0,85 = 3793,125$$

$$B = (5396,875 \cdot 600) - (2943,75 \cdot 400) = 2\,060\,625$$

$$C = 600 \cdot 5396,875 \cdot 85,2722 = 27\,612\,204$$

$$c = 56,9763 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 56,9763 = 48,4298 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left( \frac{d' - c}{c} \right) = 600 \cdot \left( \frac{84,7222 - 56,9763}{56,9763} \right) = 292,1836 \text{ MPa}$$

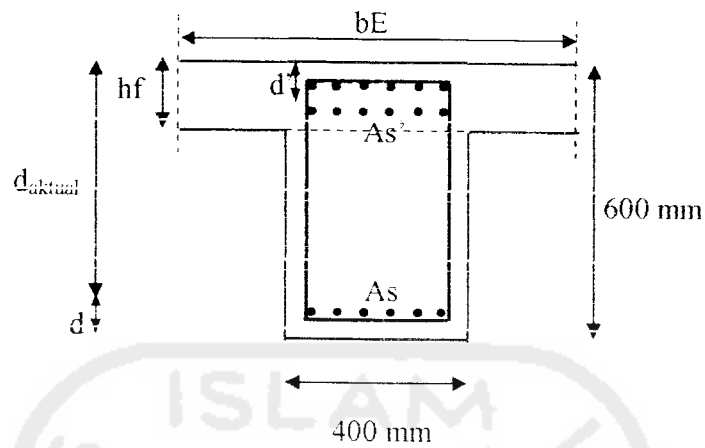
$$M_{nak}^+ = A_s' \cdot f_s' \cdot \left( d' - \frac{a}{2} \right) + A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= \frac{5887,5 \cdot 292,1836 \cdot \left( 84,7222 - \frac{48,4298}{2} \right) + 2946,4286 \cdot 400 \cdot \left( 537,5 - \frac{48,4298}{2} \right)}{1000000}$$

$$= 683,0791 \text{ kNm.}$$

$$M_{kap}^+ = 1,25 \cdot M_{nak}^+ = 853,8489 \text{ kNm}$$

- **Momen Negatif**



Gambar. 4.19. Penampang balok

$$As = 6.0.25.\pi.25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$As'_1 = 6.0.25.\pi.25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$As'_2 = 6.0.25.\pi.25^2 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$As' = As'_1 + As'_2 = 5887,5 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 40 + 10 + (0,5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = d_1 + (0,5 \times 25) + 25 + (0,5 \times 25) = 112,5 \text{ mm}$$

$$d = \frac{As_1.d_1 + As_2.d_2}{As}$$

$$= \frac{2943,75.62,5 + 2943,75.112,5}{2943,75}$$

$$= 185 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0,5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 600 - 185 = 415 \text{ mm}$$

Anggapan awal tulangan desak belum luluh.

$$Cc = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$Cs = As' \cdot f'_s$$

$$Ts = As \cdot f_y$$

$$Cc + Cs = Ts$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + As' \cdot f'_s = As \cdot f_y$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$f'_s = 600 \cdot \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c + As' \cdot 600 \cdot \left( \frac{c - d'}{c} \right) = As \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c^2 + As' \cdot 600 \cdot (c - d') = As \cdot f_y \cdot c$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c^2 + ((As' \cdot 600) - (As \cdot f_y))c - 600 \cdot As \cdot d' = 0$$

$$A = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1$$

$$B = As' \cdot 600 - As \cdot f_y$$

$$C = 600 \cdot As \cdot d'$$

Dengan rumus ABC

$$c = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

$$A = 0,85 \cdot 25 \cdot 400 \cdot 0,85 = 8670$$

$$B = (600 \cdot 2946,4286) - (2943,75 \cdot 400) = 0,04$$

$$C = 600 \cdot 5887,5 \cdot 62,5 = 110491072,5$$



$$c = \frac{-0,04 + \sqrt{0,04^2 + 4 \cdot 8670 \cdot 110491072,5}}{2 \cdot 8670} = 112,8896 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 112,8896 = 95,9562 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \cdot \left( \frac{c - d'}{c} \right) = 600 \cdot \left( \frac{112,8896 - 62,5}{112,8896} \right) = 267,8171 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$$

Karena  $f'_s < f_y$  maka anggapan awal benar.

$$\begin{aligned} M_{nak}^- &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - 0,5a) + A_s' \cdot f'_s \cdot (d - d') \\ &= \{0,85 \cdot 25 \cdot 95,9562 \cdot 400 (415 - 0,5 \cdot 95,9562) + 5887,5 \cdot 267,8171 \cdot (415 - 62,5)\} / 1000000 \\ &= 814,6598 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

$$M_{kap}^- = 1,25 \cdot M_{nak}^- = 1018,3248 \text{ kNm}$$

#### 4.4.3. Tulangan Geser Balok

Selain perencanaan balok terhadap lentur, balok juga harus diperhitungkan terhadap gaya geser akibat lentur. Sebagai contoh perhitungan dari penulangan balok akibat geser diambil balok pada portal arah X.

$$V_{DL} = 29514,48 \text{ kN}$$

$$V_{LL} = 40044,56 \text{ kN}$$

$$V_E = 69,25 \text{ kN}$$

$$M_{kap}^+ = 5209870,9 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^- = 10380000 \text{ kNm}$$

$$L = 7,0 \text{ m}$$

Dimensi kolom (cm) = 600/600

Gaya geser balok

$$V_{U,b} = 0,7 \cdot \frac{M_{kap}^+ + M_{kap}^-}{L_s} = 15589870 \text{ kN}$$

Gaya geser akibat beban gravitasi

$$V_G = 1,05(V_{DL,b} + 0,8V_{LL,b})$$

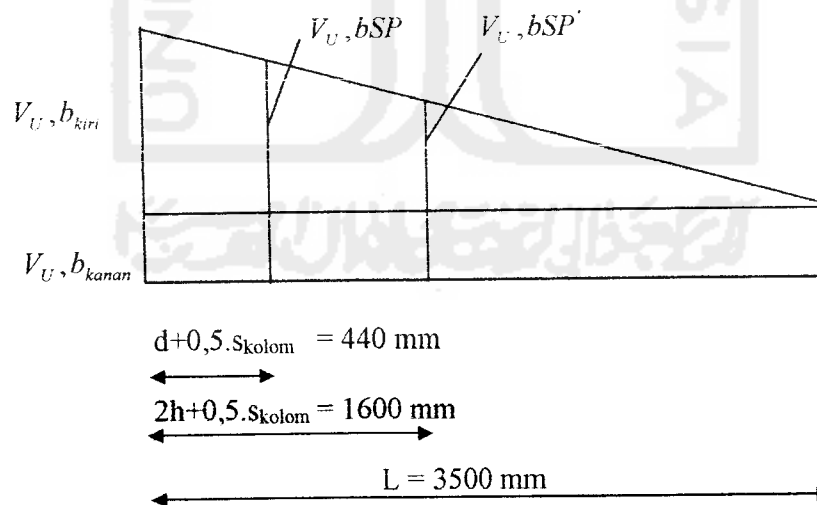
$$= 69559,04 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{U,b_{kiri}} &= V_{U,b} + V_G \\ &= 15659429 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{U,b_{kanan}} &= V_{U,b} - V_G \\ &= 15520311 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum

$$\begin{aligned} V_{U,b_{maks}} &= 1,05 \left( V_{D,b} + V_{LL,b} + \frac{4,0}{K} V_{E,b} \right) \\ &= 15659429 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 4.20 Gaya geser pada penampang daerah sendi plastis balok**

a. Di dalam daerah sendi plastis

$V_{L,b}$  terpakai diambil sejauh  $d$  dari muka kolom

Ujung kiri :

$$\begin{aligned} V_{L,bSP} &= \frac{L - (d + 0,5s)}{L} (V_{L,b_{kiri}} + V_{L,b_{kanan}}) - V_{L,b_{kanan}} \\ &= 229,6254 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_c = 0 \Rightarrow V_s = \frac{V_{L,bSP}}{\phi} = \frac{229,6254}{0,6} = 382,7090 \text{ kN}$$

Digunakan sengkang 2 kaki, diameter sengkang 10 mm dan  $f_y = 240 \text{ MPa}$ .

$$\text{Luas tulangan geser } (A_v) = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157,1429 \text{ mm}^2$$

Jarak spasi tulangan geser ( $s$ ) :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,1429 \cdot 240 \cdot 415}{382,7090 \cdot 10^3} = 50,7784 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 2P10-50

Kontrol spasi maksimum tulangan geser

1.  $\frac{1}{4} \cdot d = \frac{1}{4} \cdot 415 = 103,75 \text{ mm}$
2. 8 kali diameter tulangan *longitudinal* terkecil =  $8 \cdot 25 = 200 \text{ mm}$
3. 24 kali diameter sengkang =  $24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Sehingga spasi maksimum pada daerah sendi plastis adalah 50 mm.

b. Diluar sendi plastis

$V_{L,b}$  terpakai diambil sejauh  $d-2h$

$$V_{U,bSP'} = \frac{L - (2h + 0,5s)}{L} (V_{U,b_kiri} + V_{U,b_kanan}) - V_{U,b_kanan}$$

$$= \frac{8 - 1,2325}{8} \cdot (252,0599 + 75,5704) - 75,5704 = 201,5844 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \cdot bw \cdot d \longrightarrow V_c = \frac{25}{6} \cdot 400 \cdot 415 = 188,1528 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u \cdot bSP'}{\phi} - V_c = \frac{201,5844}{0,6} - 188,1528 = 147,8211 \text{ kN}$$

Digunakan sengkang 2 kaki, diameter sengkang 10 mm dan  $f_y = 240 \text{ MPa}$ .

$$\text{Luas tulangan geser } (A_{t_r}) = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157,1429 \text{ mm}^2$$

Jarak spasi tulangan geser (s).

$$s = \frac{A_t \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,1429 \cdot 240 \cdot 415}{147,8211 \cdot 10^3} = 131,4652 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 2P10-130

Kontrol spasi maksimum tulangan geser

1.  $1/2 \cdot d = 1/2 \cdot 415 = 207,5 \text{ mm}$

2. 600 mm

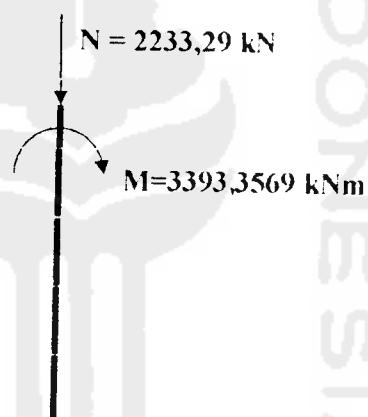
Sehingga spasi maksimum pada daerah luar sendi plastis adalah 130 mm.

#### 4.5 Penulangan Kolom

Momen rencana kolom harus diperhitungkan pula terhadap 30% arah tegak lurus nya. Sehingga menghitung momen rencana, harus dijumlah antara 100% momen arah x ditambah 30% momen rencana arah y, demikian juga sebaliknya apabila menghitung momen rencana arah y, 100% momen rencana arah y ditambah 30% momen rencana arah x.

##### 4.5.1 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur dan Aksial

###### 4.5.1.1 Momen Rencana Kolom



Gambar 4.21. Distribusi momen pada kolom

Kolom lantai 5

Arah X

$$M_{E, k_{lu-atas}} = 7421,05 \text{ kNm}$$

$$M_{E, k_{lu-bawah}} = 12308,63 \text{ kNm}$$

$$M_{E, k_{lu-atas}} = 4677,32 \text{ kNm}$$

$$M_{E, k_{it-bawah}} = 638,3635 \text{ kNm}$$

$$\alpha k_u = \frac{M_{E, k_{it-atas}}}{M_{E, k_{it-atas}} + M_{E, k_{it-bawah}}} = 0,6526$$

$$\alpha k_s = \frac{M_{E, k_{it-bawah}}}{M_{E, k_{it-bawah}} + M_{E, k_{it-atas}}} = 0,4494$$

$$M_{kap}^-, ki-x = 1018,3247 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^-, ka-x = 853,8491 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^-, ki-y = 576,0409 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^-, ka-y = 739,2406 \text{ kNm}$$

$$M_u, kx = \frac{hk'}{hk} \cdot 0,7 \cdot \omega_u \cdot \alpha_k \left( \frac{I_{ku}}{I_{ki}} M_{kap, ki} \cdot bx + 0,3 \cdot \frac{I_{ka}}{I_{ki}} M_{kap, ka} \cdot by \right)$$

$$\left( \frac{I_{ki}}{I_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ki}} M_{kap, ka} \right) x = \left[ \frac{8}{7,35} \cdot 1018,3247 + \frac{8}{7,35} \cdot 853,8491 \right] x$$

$$= 2037,7402 \text{ kNm}$$

$$\left( \frac{I_{ki}}{I_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ki}} M_{kap, ka} \right) y = \left[ \frac{8}{7,35} \cdot 576,0409 + \frac{8}{7,35} \cdot 739,2406 \right] y$$

$$= 1431,5989 \text{ kNm}$$

$$M_u, kx_{atas} = \frac{5}{4,35} \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 0,6526 \cdot [2037,7402 + 0,3 \cdot 1431,5989] = 1684,1356 \text{ kNm}$$

$$M_u, kx_{bawah} = \frac{5}{4,35} \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 0,4494 \cdot [2037,7402 + 0,3 \cdot 1431,5989] = 1159,7465 \text{ kNm}$$

Arah Y

$$M_{E, k_{it-atas}} = 164,9486 \text{ kNm}$$

$$M_{E, k_{in-bawah}} = 65,9869 \text{ kNm}$$

$$M_{E, k_{in-atas}} = 159,4213 \text{ kNm}$$

$$M_{E, k_{in-bawah}} = 134,4842 \text{ kNm}$$

$$\alpha k_a = \frac{M_{E, k_{in-atas}}}{M_{E, k_{in-atas}} + M_{E, k_{in-bawah}}} = \frac{164,9486}{164,9486 + 65,9869} = 0,7143$$

$$\alpha k_b = \frac{M_{E, k_{in-bawah}}}{M_{E, k_{in-bawah}} + M_{E, k_{in-atas}}} = \frac{134,4842}{134,4842 + 159,4213} = 0,4576$$

$$M_{kap}^-, ki - x = 1018,3247 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^+, ka - x = 853,8491 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^-, ki - y = 576,0409 \text{ kNm}$$

$$M_{kap}^+, ka - y = 739,2406 \text{ kNm}$$

$$M_u, ky = \frac{hk'}{hk} \cdot 0,7 \cdot \omega_p \cdot a_k \cdot \left( 0,3 \cdot \frac{I_{ki}}{I_{ki}'} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka}'} M_{kap, ka} \right)$$

$$\left( \frac{I_{ki}}{I_{ki}'} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka}'} M_{kap, ka} \right) x = \left[ \frac{8}{7,35} \cdot 1018,3247 + \frac{8}{7,35} \cdot 853,8491 \right] x$$

$$= 2037,7402 \text{ kNm}$$

$$\left( \frac{I_{ki}}{I_{ki}'} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka}'} M_{kap, ka} \right) y = \left[ \frac{8}{7,35} \cdot 576,0409 + \frac{8}{7,35} \cdot 739,2406 \right] y$$

$$= 1431,5989 \text{ kNm}$$

$$M_u, ky_{atas} = \frac{5}{4,35} \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 0,7143 \cdot [0,3 \cdot 2037,7402 + 1431,5989] = 1526,3508 \text{ kNm}$$

$$M_u, ky_{bawah} = \frac{5}{4,35} \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 0,4576 \cdot [0,3 \cdot 2037,7402 + 1431,5989] = 977,8218 \text{ kNm}$$

#### 4.5.1.2 Momen Maksimal Kolom

$$M_{D,kx\ atas} = 2,6672 \text{ kNm}, \quad M_{L,kx\ atas} = 2,3064 \text{ kNm}, \quad M_{E,kx\ atas} = 757,2163 \text{ kNm}$$

$$M_{D,kx\ bawah} = -0,1325 \text{ kNm}, \quad M_{L,kx\ bawah} = -1,3273 \text{ kNm}, \quad M_{E,kx\ bawah} = 638,3685 \text{ kNm}$$

$$M_{D,ky\ atas} = 82,0413 \text{ kNm}, \quad M_{L,ky\ atas} = 39,6492 \text{ kNm}, \quad M_{E,ky\ atas} = 164,9486 \text{ kNm}$$

$$M_{D,ky\ bawah} = -80,5069 \text{ kNm}, \quad M_{L,ky\ bawah} = -39,0345 \text{ kNm}, \quad M_{E,ky\ bawah} = 134,4842 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{tt,kx\ atas} &= 1,05 \cdot \left\{ M_{D,kx} + M_{L,kx} + \frac{4}{K} \cdot (M_{E,kx} + 0,3 \cdot M_{E,ky}) \right\} \\ &= 1,05 \cdot \left\{ 2,6672 + 2,3064 + \frac{4}{1} \cdot (757,2163 + 0,3 \cdot 164,9486) \right\} = 5393,3659 \end{aligned}$$

kNm

$$\begin{aligned} M_{tt,kx\ bawah} &= 1,05 \cdot \left\{ M_{D,kx} + M_{L,kx} + \frac{4}{K} \cdot (M_{E,kx} + 0,3 \cdot M_{E,ky}) \right\} \\ &= 1,05 \cdot \left\{ -0,1325 - 1,3273 + \frac{4}{1} \cdot (638,3686 + 0,3 \cdot 134,4842) \right\} = 2849,0657 \end{aligned}$$

kNm

$$\begin{aligned} M_{tt,ky\ atas} &= 1,05 \cdot \left\{ M_{D,ky} + M_{L,ky} + \frac{4}{K} \cdot (0,3 \cdot M_{E,kx} + M_{E,ky}) \right\} \\ &= 1,05 \cdot \left\{ 82,0413 + 39,6492 + \frac{4}{1} \cdot (0,3 \cdot 757,2163 + 164,9486) \right\} = 1774,6571 \end{aligned}$$

kNm

$$M_{tt,ky\ bawah} = 1,05 \cdot \left\{ M_{D,ky} + M_{L,ky} + \frac{4}{K} \cdot (0,3 \cdot M_{E,kx} + M_{E,ky}) \right\}$$



$$= 1,05 \cdot \left\{ -80,5069 + -39,0345 + \frac{4}{1} \cdot (0,3 \cdot 638,3685 + 134,4842) \right\} = 1243,6595$$

kNm

#### 4.5.1.3 Gaya Aksial Maksimum Kolom

Hasil analisis *Output SAP 2000 non linier*.

$$N_{DL,k} = 2237,29 \text{ kN}$$

$$N_{LL,k} = 2097,07 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri kolom (600/600)} = 0,6 \cdot 0,6 \cdot 4 \cdot 24 = 34,56 \text{ kN}$$

$$N_{E,kx} = 3,4846 \text{ kN}$$

$$N_{E,ky} = 19,2172 \text{ kN}$$

$$N_{g,k} = N_{DL} + N_{LL} + \text{bs kolom} = 4436 \text{ kN}$$

$$N_{u,k} = 1,05 \cdot \left\{ N_{g,k} + \frac{4}{1} \cdot (N_{E,kx} + 0,3 \cdot N_{E,ky}) \right\}$$

$$N_{u,kx_{maks}} = 1,05 \cdot \left\{ 2511,1118 + \frac{4}{1} \cdot (3,4846 + 0,3 \cdot 19,2172) \right\} = 2675,5164 \text{ kN}$$

$$N_{u,kx_{min}} = 1,05 \cdot \left\{ 2511,1118 - \frac{4}{1} \cdot (3,4846 + 0,3 \cdot 19,2172) \right\} = 2597,8184 \text{ kN}$$

$$N_{u,ky_{maks}} = 1,05 \cdot \left\{ 2511,1118 + \frac{4}{1} \cdot (0,3 \cdot 3,4846 + 19,2172) \right\} = 2721,7702 \text{ kN}$$

$$N_{u,ky_{min}} = 1,05 \cdot \left\{ 2511,1118 - \frac{4}{1} \cdot (0,3 \cdot 3,4846 + 19,2172) \right\} = 2551,5646 \text{ kN}$$

#### 4.5.2. Penulangan Kolom

Penulangan pokok kolom dilakukan dengan terlebih dahulu mencari rasio tulangan baja terhadap luas tampang kotor kolom. Rasio tersebut dapat dicari

dengan bantuan grafik tulangan pada buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, oleh WC.Vis dan Gideon Kusuma.

Tulangan kolom direncanakan pada keempat sisi kolom.

Ditetapkan : P (tebal selimut beton) = 40 mm

Ø tulangan sengkang = 13 mm

Ø tulangan pokok = 25 mm

$$d' = P + \text{Ø}_{\text{tul sengkang}} + 0,5 \cdot \text{Ø}_{\text{tul pokok}} = 40 + 12 + 0,5 \cdot 25 = 68 \text{ mm}$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{68}{650} = 0,1$$

Sehingga dapat digunakan table 6.2.d untuk:

$$\frac{d'}{h} = 0,1$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

#### a. Penulangan Kolom Arah X

$$N_{u,kx \text{ maks}} = 2675,5164 \text{ kN}$$

$$M_{u,kx} = 1684,1356 \text{ kNm}$$

$$e = \frac{M_{u,k}}{N_{u,k}} = \frac{1684,1356}{2675,5164} = 0,62946 \text{ m} = 629,46 \text{ mm}$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 0,1 \cdot 650 \cdot 650 \cdot 25 = 1267500 \text{ N} = 1267,50 \text{ kN}$$

Karena  $N_u > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$ , maka dipakai  $\phi = 0,65$

$$Nu' = \frac{N_{u,kx}}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c'} = \frac{2675,5164 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 650 \cdot 650 \cdot 0,85 \cdot 25} = 0,3821$$

$$Mu' = \frac{N_{u,kx}}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c'} \cdot \frac{e}{h} = \frac{2675,5164 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 650 \cdot 650 \cdot 0,85 \cdot 25} \cdot \frac{629,46}{650} = 0,3699$$

Dari grafik Gideon Kusuma seri beton 4 diperoleh

$$r = 0,04 \rightarrow \rho = r \cdot \beta = 0,04 \cdot 1,2 = 0,048$$

Menurut SNI 03-2847-2002, rasio penulangan  $\rho$  tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06, sehingga

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot A_g = 0,048 \cdot 400 \cdot 547 \\ &= 10502,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **22D25** ( $A_s = 10793,75 \text{ mm}^2$ )

#### b. Penulangan Kolom Arah Y

$$N_{u,ky \text{ maks}} = 2721,7702 \text{ kN}$$

$$M_{u,ky} = 1526,3508 \text{ kNm}$$

$$e = \frac{M_{u,k}}{N_{u,k}} = \frac{1526,3508}{2721,7702} = 0,56079 \text{ m} = 560,79 \text{ mm}$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 0,1 \cdot 547 \cdot 547 \cdot 25 = 897627 \text{ N} = 897,6270 \text{ kN}$$

Karena  $N_u > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$ , maka dipakai  $\phi = 0,65$

$$N_u' = \frac{N_{u,kx}}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c'} = \frac{2721,7702 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 650 \cdot 650 \cdot 0,85 \cdot 25} = 0,3887$$

$$M_u' = \frac{N_{u,kx} \cdot e}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot h} = \frac{2721,7702 \cdot 10^3 \cdot 560,79}{0,65 \cdot 650 \cdot 650 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 650} = 0,3353$$

Dari grafik Gideon Kusuma seri beton 4 diperoleh

$$r = 0,039 \rightarrow \rho = r \cdot \beta = 0,039 \cdot 1,2 = 0,0468$$

Menurut SNI 03-2847-2002, rasio penulangan  $\rho$  tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06, sehingga

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot A_g = 0,0468 \cdot 547 \cdot 547 \\ &= 14002,81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **30D25** ( $A_s = 14718,75 \text{ mm}^2$ )

#### 4.5.3 Gaya Geser Rencana Kolom

$$Mu, kx_{atas} = 1684,0723 \text{ kNm}$$

$$Mu, kx_{bawah} = 1159,8563 \text{ kNm}$$

$$Mu, ky_{atas} = 1526,2705 \text{ kNm}$$

$$Mu, ky_{bawah} = 977,7713 \text{ kNm}$$

$$Vu, k = \left( \frac{Mu, k_{atas} + Mu, k_{bawah}}{hk} \right)$$

$$Vu, kx = \left( \frac{1684,0732 + 1159,8563}{4,4} \right) = 646,3476 \text{ kN}$$

$$Vu, ky = \left( \frac{1526,2705 + 977,7713}{4,4} \right) = 569,1004 \text{ kN}$$

dari hasil analisis SAP 2000 diperoleh:

$$V_D, kx = -0,5599 \text{ kN}$$

$$V_L, kx = -0,7268 \text{ kN}$$

$$V_E, kx = 278,3559 \text{ kN}$$

$$V_D, ky = -32,5096 \text{ kN}$$

$$V_L, ky = -15,7368 \text{ kN}$$

$$V_E, ky = 59,7805 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u, kx_{maks}} &= 1,05 \left[ V_{D, kx} + V_{L, kx} + \frac{4}{K} (V_{E, kx} + 0,3 V_{E, ky}) \right] \\
 &= 1,05 \left[ -0,5599 - 0,7268 + \frac{4}{1} (278,3559 + 0,3 \cdot 59,7805) \right] \\
 &= 1243,0672 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u, ky_{maks}} &= 1,05 \left[ V_{D, ky} + V_{L, ky} + \frac{4}{K} (0,3 V_{E, kx} + V_{E, ky}) \right] \\
 &= 1,05 \left[ -32,5096 - 15,7368 + \frac{4}{1} (0,3 \cdot 278,3559 + 59,7805) \right] \\
 &= 551,1478 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$V_{u, k}$  terpakai = 646,3476 kN (diambil  $V_{u, k}$  terkecil)

#### 4.5.4 Penulangan Geser Kolom

Panjang dari  $l_0$  tidak boleh kurang dari:

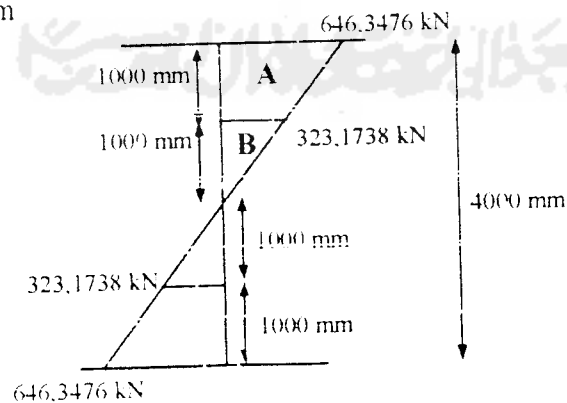
1.  $N_u < 0,3 \cdot A_g \cdot f_c'$

$$2721,7702 \text{ kN} < 0,3 \cdot 650 \cdot 650 \cdot 25 = 3802,5 \text{ kN}$$

maka tinggi  $l_0 = 650 \text{ mm}$

2.  $\frac{1}{4}$  bentang bersih dari komponen struktur =  $0,25 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm}$

3. 450 mm



Gambar 4.22 Wilayah Tegangan Geser pada Kolom

a. Pada daerah interval A sepanjang 1000 mm

$$V_{u,k} \text{ terpakai} = 646,3476 \text{ kN}$$

$$N_{u,k} = 2721,7702 \text{ kN}$$

$$d' = 40 + 12 + 0,5 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1100 - 68 = 1032 \text{ mm}$$

$$V_c = \left( 1 + \left( \frac{N_{u,k}}{14 \cdot A_g \cdot l} \right) \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 504,2459 \text{ kN}$$

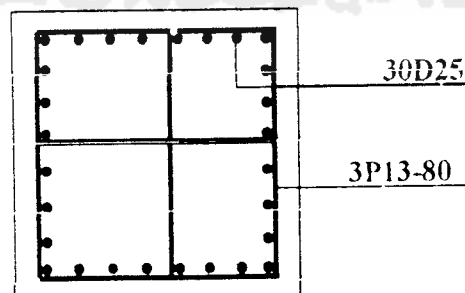
$$V_s = \frac{V_{u,k}}{\phi} - V_c = \frac{646,3476}{0,6} - 504,2459 = 537 \text{ kN}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 240,582}{537 \cdot 10^3} = 88,2894 \text{ mm}$$

Kontrol:

1. 14 dimensi komponen terkecil =  $0,25 \cdot 1000 = 250 \text{ mm}$
2. 8 kali diameter tulangan longitudinal =  $8 \cdot 25 = 200 \text{ mm}$
3. 10 kali tulangan sengkang =  $10 \cdot 13 = 130 \text{ mm}$

Tulangan terpakai 3P13-80



Gambar 4.23 Penulangan kolom

b. Pada daerah interval B sepanjang 1000 mm

$$V_{u,k} \text{ terpakai} = 323,1738 \text{ kN}$$

$$N_{u,k} = 2721,7702 \text{ kN}$$

$$d' = 40 + 12 + 0,5 \cdot 32 = 68 \text{ mm}$$

$$d = 1100 - 68 = 1032 \text{ mm}$$

$$V_c = \left( 1 + \left( \frac{N_{u,k}}{14 \cdot A_{gi}} \right) \right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 504,2459 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,k}}{\phi} - V_c = \frac{323,1738}{0,6} - 504,2459 = 34,3771 \text{ kN}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = 919,4373 \text{ mm}$$

#### 4.5.5 Kontrol Tegangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, maka tegangan geser horisontal nominal dalam joint adalah

$$V_{jv} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} \leq 1,5 \cdot \sqrt{f'_c}$$

Arah x

$$= \frac{2413,9389 \cdot 10^3}{600 \cdot 650} \leq 1,5 \cdot \sqrt{25}$$

$$= 6,1896 \text{ N/mm}^2 \leq 8,2158 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Arah y

$$= \frac{2025,6029 \cdot 10^4}{600,650} \leq 1,5 \cdot \sqrt{25}$$

$$= 5,1939 \text{ N/mm}^2 \leq 8,216 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

#### 4.5.6 Penulangan Geser Horizontal

$$N_{u,k} = 2675,5164 \text{ kN}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{2675,5164 \cdot 10^3}{650,650} = 6,3326 > 0,1 \cdot f_c'$$

$$= 6,3326 > 3$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{N_{u,k}}{A_g} - 0,1 \cdot f_c'} \cdot b_j \cdot hc = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2675,5164 \cdot 10^3}{650,650} - 0,1 \cdot 25} \cdot 600 \cdot 800 \cdot 10^{-3}$$

$$= 584,1717 \text{ kN}$$

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch}$$

$$= 2413,9389 - 584,1717 = 1829,7672 \text{ kN}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{f_y} = \frac{1829,7672 \cdot 10^3}{240} = 7624,0302 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang 6D13 =  $(6 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 = 795,99 \text{ mm}^2)$

Jumlah lapis sengkang =  $7624,0302 / 795,99 = 9,5780 = 10$  lapis sengkang

#### 4.5.7 Penulangan Geser Vertikal

$$V_{j,v} = V_{j,h} \cdot \frac{hc}{bc} = 2413,9389 \cdot \frac{800}{600} = 3217,8652 \text{ kN}$$

$$V_{c,v} = \left( \frac{A_s'}{A_g} \right) V_{j,h} \left[ 0,6 + \left( \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f_c'} \right) \right]$$



$$= 1.2413,9389 \left[ 0,6 + \left( \frac{2675,5164 \cdot 10^3}{650 \cdot 650 \cdot 25} \right) \right] = 1957,9123 \text{ kN}$$

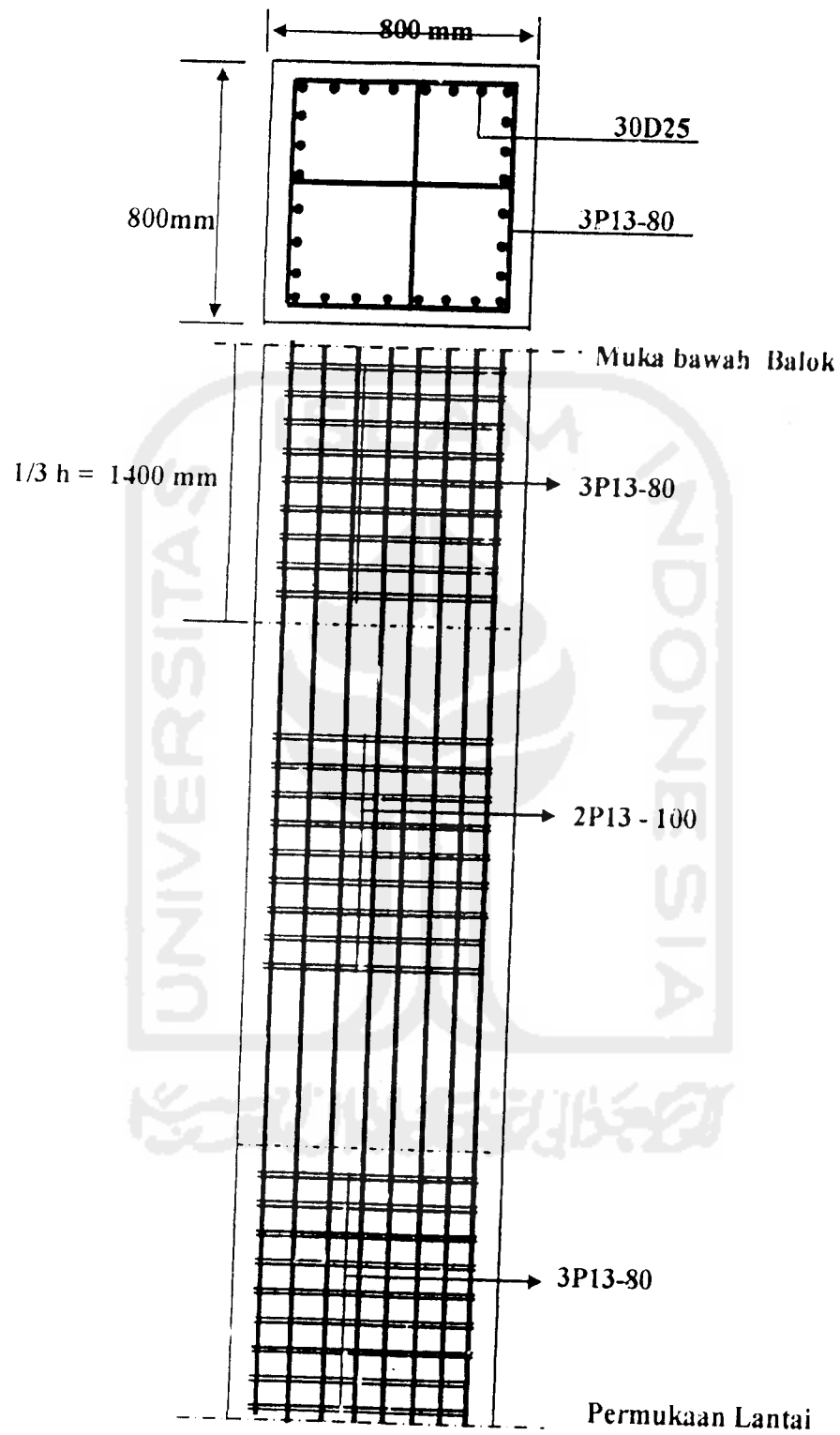
$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v}$$

$$= 3217,8652 - 1957,9123 = 1259,9529 \text{ kN}$$

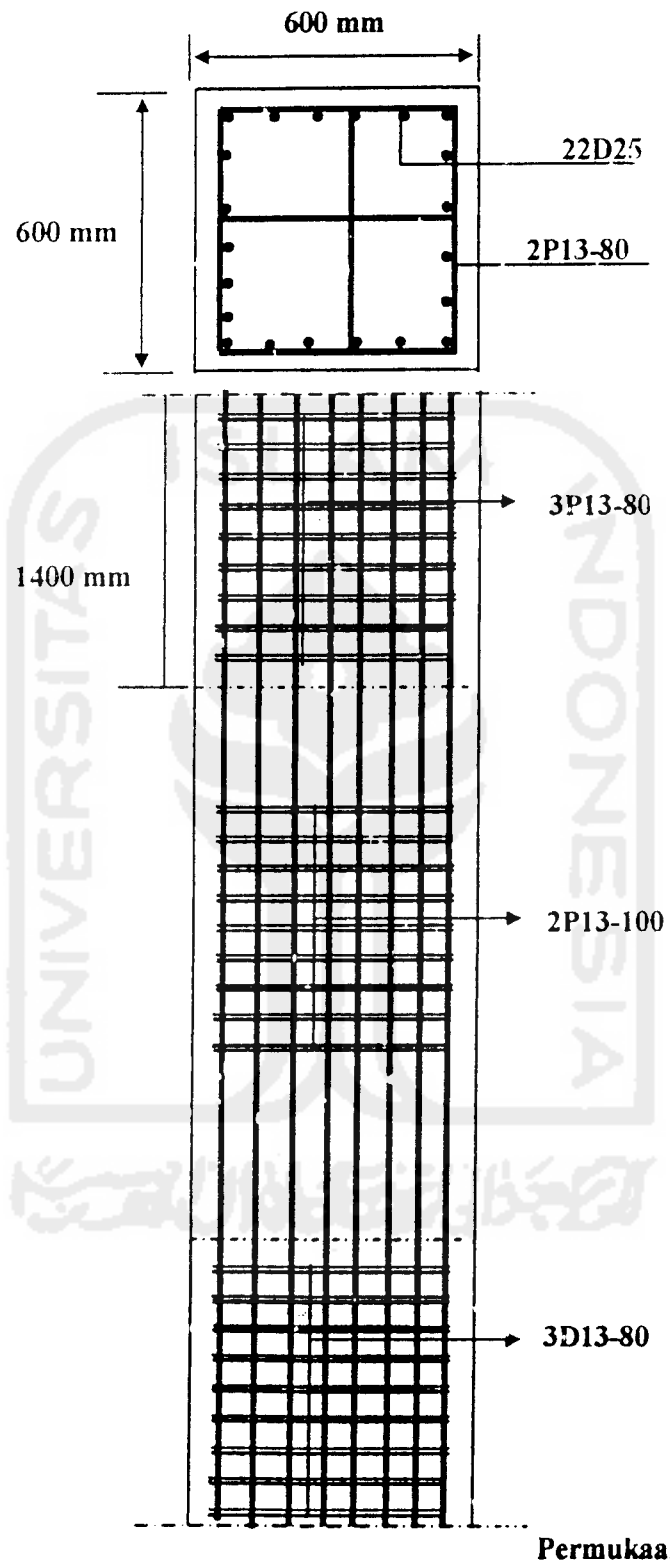
$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{f_y} = \frac{1259,9529 \cdot 10^3}{400} = 3149,8822 \text{ mm}^2$$

Tulangan kolom terpasang 7D25 ( $A_s = 3434,375 \text{ mm}^2$ ) >  $A_{j,v} = 3149,8822 \text{ mm}^2$

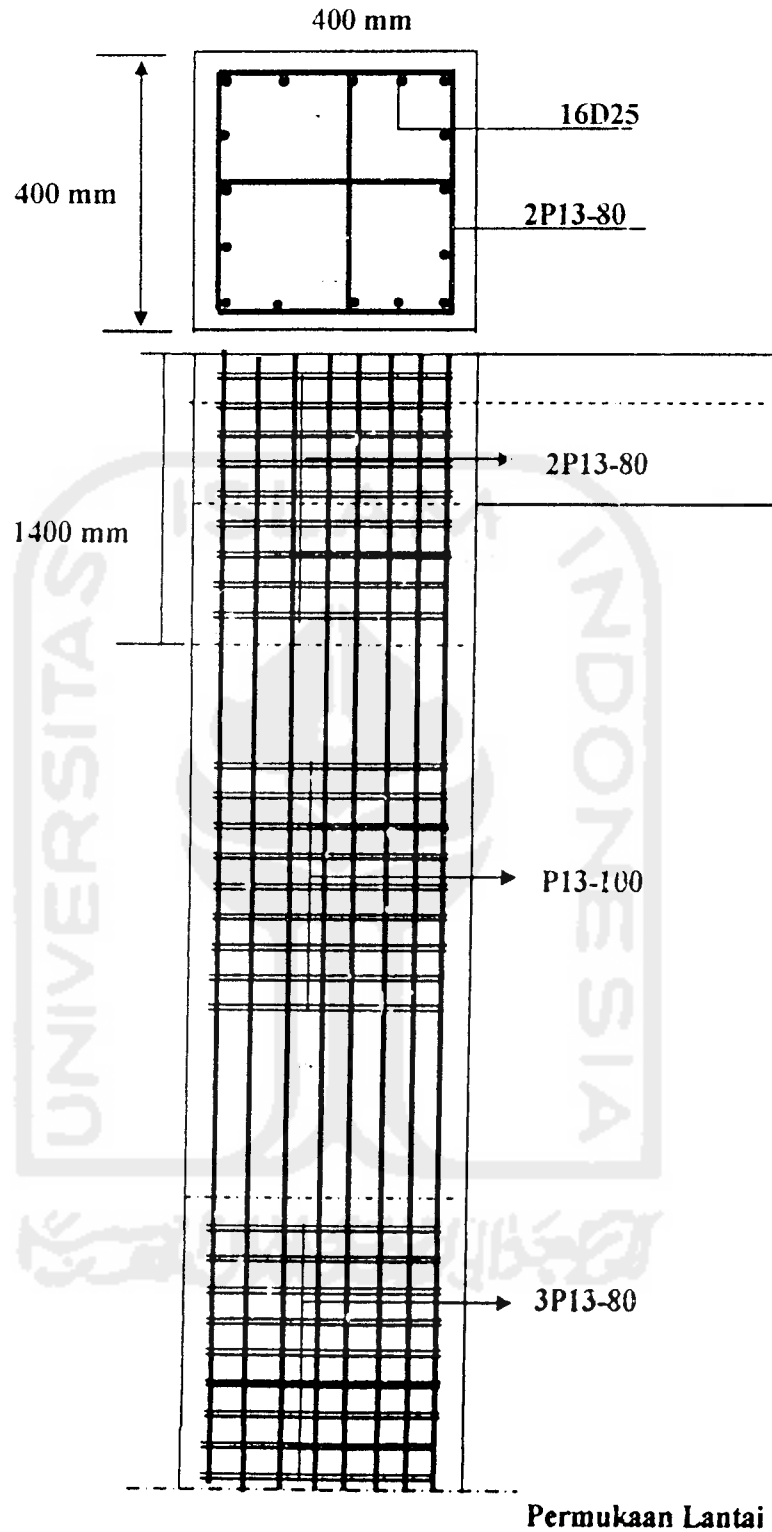




Gambar 4.24 Detail Penulangan kolom Basemen-Lantai I



Gambar 4.25 Detail Penulangan kolom Lantai 2-3



Gambar 4.26 Detail Penulangan kolom Lantai 4-5

## BAB V

### PERENCANAAN PONDASI

#### 5.1 Penentuan Jenis Pondasi

##### 5.1.2 Tiang Pancang Kelompok

Bowles (1988), paling sedikit dua atau tiga tiang pancang di bawah elemen pondasi atau kaki pondasi dikarenakan masalah penjajaran dan eksentrisitas yang kurang baik. Kapasitas beban dan penurunan yang diasosiasikan dengan kelompok tiang pancang merupakan judul permasalahan yang akan dibahas dalam bab ini.

Bila beberapa tiang pancang dikelompokkan, maka wajarlah jika diperkirakan bahwa tekanan-tekanan tanah ( baik gesekan samping maupun dukungan titik ) yang dikembangkan dalam tanah sebagai hambatan akan saling overlap ( tumpang tindih ). Intensitas tekanan bertumpuk ( *superimposed* ) bergantung pada beban dan jarak antar tiang pancang yang jika cukup besar akan mengakibatkan tanah runtuh karena geseran atau terjadi penurunan yang berlebihan. Intensitas tegangan dari daerah yang mengalami tegangan tumpang tindih ( *overlapping* ) tampak jelas menurun dengan meningkatnya jarak antar tiang pancang  $s$ , namun demikian jarak antara yang besar seringkali tidak praktis karena sungkup tiang pancang ( *pile cap* ) di cor di atas kelompok tiang pancang ( *pile group* ) sebagai dasar kolom dan/atau untuk menyebarkan beban pada beberapa tiang pancang dalam kelompok tersebut.

### 5.1.2 Efisiensi Tiang Pancang Kelompok

Jika beberapa tiang pancang digabungkan pada bagian pelat, yang disebut sungkup tiang pancang (*pile cap*), menjadi satu kelompok, timbul satu pertanyaan apakah beban sungkup (*cap load*), ataukah kapasitas kumpulan tiang pancang yang bisa dianggap sebagai sejumlah dari desain beban dari beberapa tiang pancang individual atau sebagai suatu jumlah yang lebih sedikit. Jika kapasitas tersebut merupakan jumlah dari beberapa tiang pancang individual, maka efisiensi kelompok adalah  $E_g = 1,0$ .

Ada bermacam-macam pendapat mengenai efisiensi kelompok ditentukan sebagai berikut:

$$E_g = \frac{\text{Kapasitaskelompoktiangpancang}}{\text{jumlahtiangpancangxkapasitasiangpancangindividual}}$$

Tak satupun dari peraturan bangunan yang diketahui pemula (termasuk juga yang dikutip) menetapkan pedoman mengenai efisiensi tiang pancang kelompok. Laporan ASCE Commite on Deep Foundation (VDI (1984)) yang terbaru merekomendasikan untuk tidak menggunakan efisiensi tiang kelompok pancang sebagai gambaran aksi tiang pancang. Laporan ini merupakan sintesa hasil kerja panitia tersebut mulai tahun 1963 sampai saat penerbitannya, karena itu mungkin adalah pedoman yang paling realitistis. pedoman ini menyarankan bahwa tiang pancang gesekan dalam tanah butiran (*granular soils*) dengan jarak antara  $s = 2$  sampai  $3D$  akan mempunyai  $E_g \geq 1$  ( hal ini karena tanah butiran merapat disekeliling tiang pancang berasal dari parameter tanah yang dipakai sebagai

perhitungan kapasitas dengan efek akumulasi yang berasal dari lebih dari satu tiang pancang) Untuk tiang pancang gesekan dalam tanah kohesif, gesekan blok + titik dukung kelompok tiang pancang dalam rencana digunakan sebagai kapasitas grup tetapi kapasitas grup tidak boleh dianggap lebih besar dari kapasitas tiang pancang tunggal dikalikan dengan jumlah tiang pancang dalam grup.

Penelitian terhadap pemakaian tiang pancang oleh Focht dan O'Neill (1985) menunjukkan bahwa pada pokoknya rekomendasi dari CDF telah digunakan. Sekitar 6% memakai jarak antara grup dalam efisiensi kelompok dan sekitar 30% mempertimbangkan  $E_g$  jika memeriksa kegagalan geseran blok (block shear failure).

*AASHTO Bridge Specification* menyarankan untuk tetap memakai persamaan tersebut untuk tiang pancang gesekan. Persamaan Converse-Labarre tersebut adalah:

$$E_g = 1 - 0 \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Persamaan ini terbatas penggunaannya untuk kelompok berbentuk empat persegi panjang dengan nilai  $m \times n$  yang bisa diketahui. Pada saat sungkup pancang dicor langsung pada tanah seperti pada umumnya, kapasitas kelompok sekurang-kurangnya adalah kapasitas blok berdasar pada geseran disekitar keliling kelompok yang telah ditentukan dalam dimensi rencana + kapasitas daya dukung dari dimensi blok pada ujung tiang pancang. Ada satu perkecualian yaitu pada tiang pancang titik dukung (*point bearing piles*) yang ditanam dalam batuan dimana kapasitas kelompok merupakan jumlah dari kapasitas titik individual.

Jika sungkup tiang pancang berada diatas tanah seperti halnya pada konstruksi lepas pantai, maka kapasitas kelompok akan kurang dari:

Bila sungkup tiang-pancang berada diatas tanah, seperti halnya pada konstruksi lepas pantai, maka kapasitas kelompok akan menjadi:

1. Kapasitas blok yang didasarkan pada geseran garis keliling blok ditambah kapasitas dukung dari blok pada titik ujung tiang-pancang.
2. Jumlah kapasitas masing-masing tiang pancang individu. Disini seringkali dikendalikan untuk perbandingan s/D yang lebih besar.

Hanya ada beberapa macam pengujian beban kelompok tiang pancang dengan skala penuh. Vesic (1977) mencatat hasil-hasil dari pengujian beban terhadap lima grup dalam tanah liat dan semuanya memperlihatkan efisiensi yang sama. Enam pengujian beban dengan skala penuh pada tanah pasir memperlihatkan efisiensi yang semuanya lebih besar dari yang pertama. Ada sejumlah besar model pengujian grup; namun karena efek-efek skala, pengujian-pengujian tersebut dianggap tidak layak.

Pemecahan. Untuk kapasitas "blok". Perhatikan diameter tiang-pancang = 400 mm.

Dimensi-dimensi sungkup:

$$L = 4 \times 1 + 2 \times (0,200 + 0,200) = 4,9 \text{ m}$$

$$B = 2 \times 1 + 2 \times (0,200 + 0,200) = 2,9 \text{ m}$$

$$\frac{L}{B} = \frac{4,9}{2,9} = 1,7$$



$$\frac{D}{B} = \frac{20}{2,9} = 6,9 > 4 \quad \text{Gunakan } N_c = 9,0$$

$$\text{Keliling} = 2 ( 4,9 + 2,9 ) = 15,6 \text{ m}$$

$$\text{Luas A} = 4,9 \times 2,9 = 14,21 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,6$$

$$Q_{ult} = 9cA + \text{Geseran Blok}$$

$$\text{Geseran Blok} = \alpha s_u (\text{keliling}) \cdot \text{Panjang}$$

$$= 9 (30) (14,21) + 0,6 (30) (15,6) (20)$$

$$= 3807 + 5616 = 9423 \text{ kN}$$

$$P_u = 0,6(30)(\pi \times 0,400)(20) + 9(30)(0,7854 \times 0,400^2)$$

$$= 452 + 34 = 468 \text{ kN / tiang pancang}$$

Untuk 5 tiang pancang

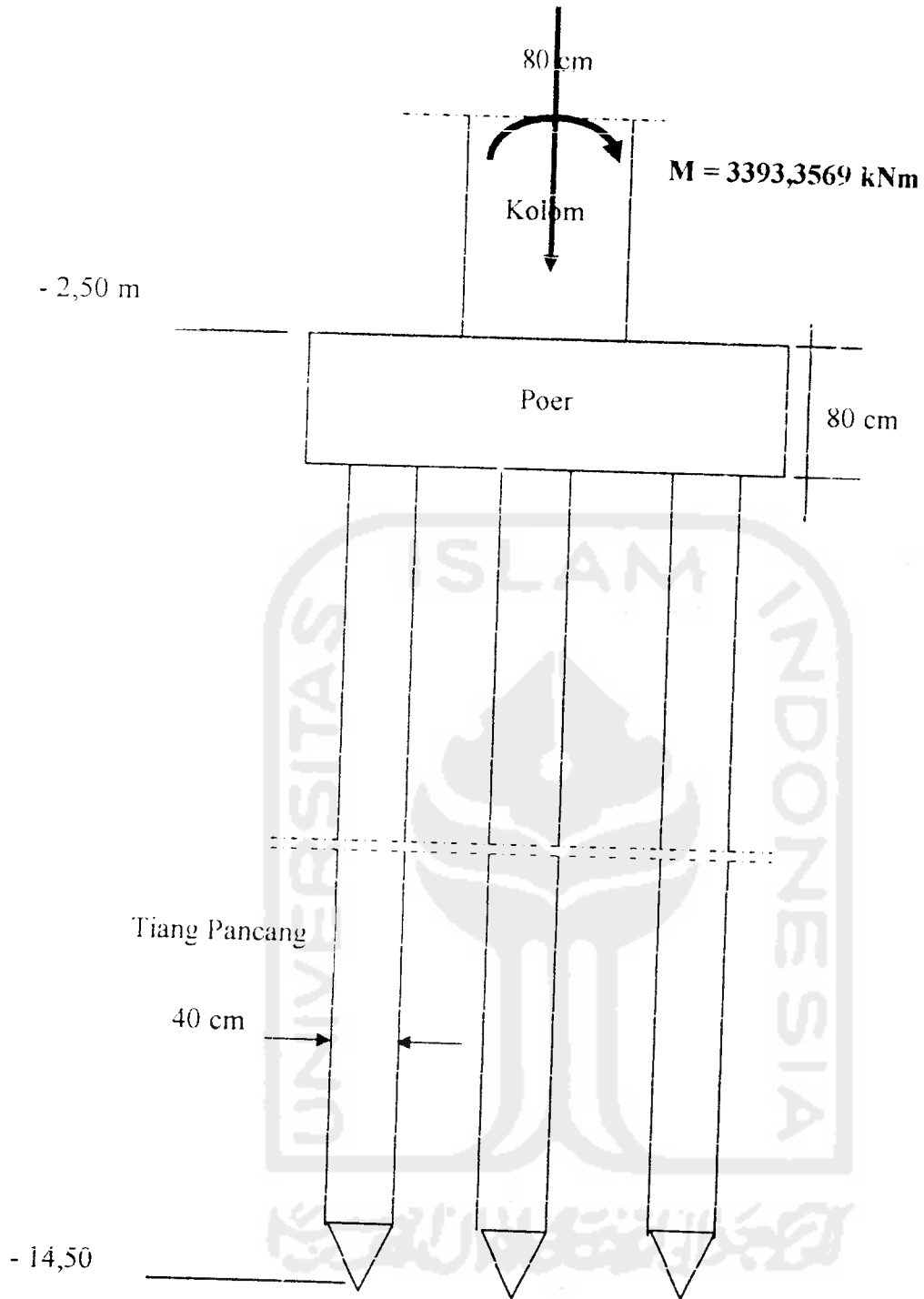
$$Q_{ult} = 5 \times 468 = 2340 \text{ kN}$$

Pakai  $Q_{ult} = 2340 \text{ kN}$  meskipun  $E_c$  yang sebenarnya:

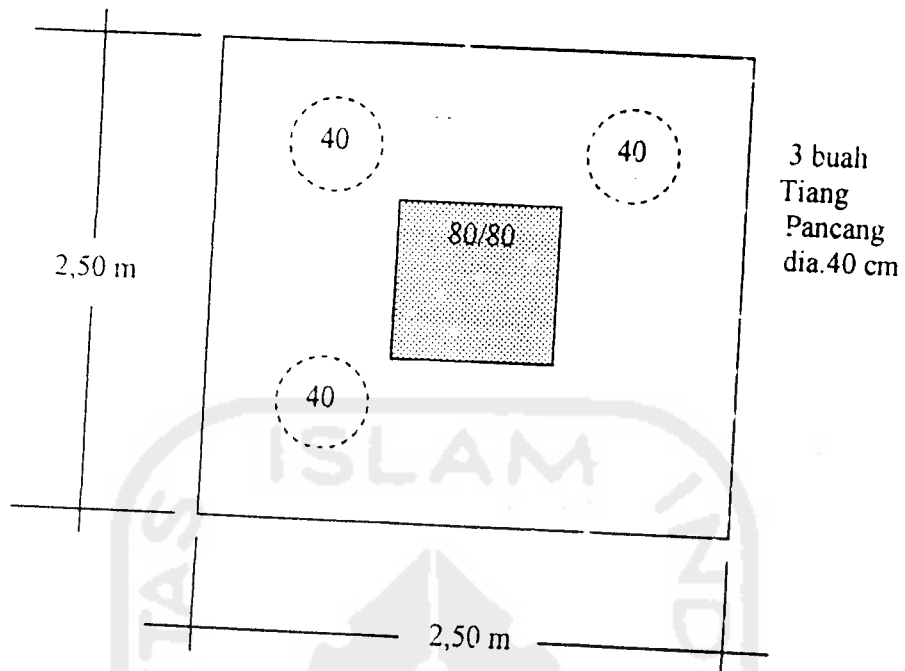
$$E_g = 2340 / 1915 = 1,3$$

Jadi untuk pondasi tiang pancang pada bangunan Mall Citra Atlas Semarang, digunakan pondasi tiang pancang kelompok, dimana masing-masing kelompok membutuhkan 5 tiang pancang.

$P = 2233,29 \text{ kN}$

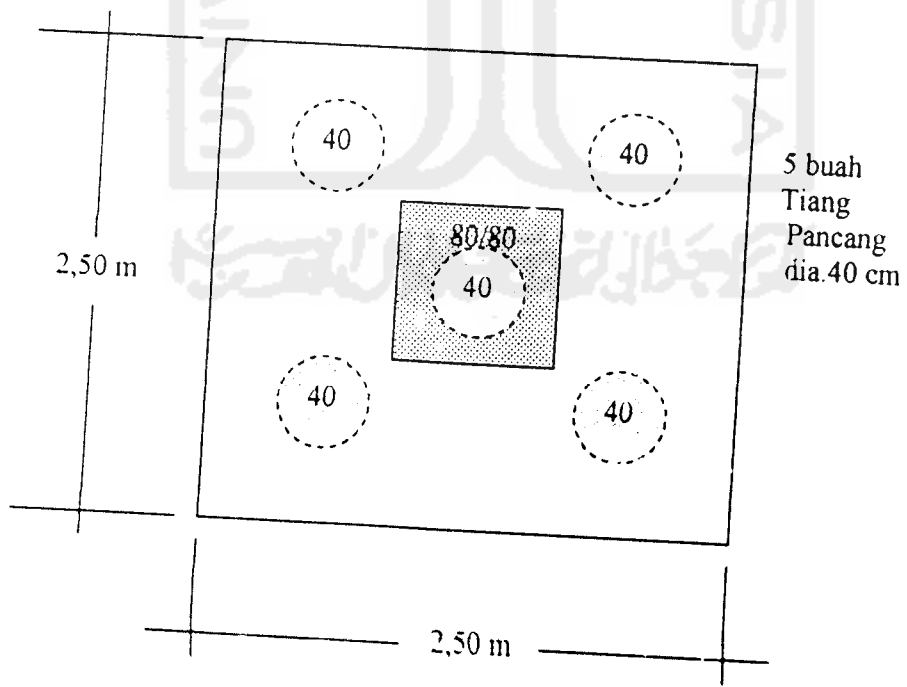


Pondasi Tiang Pancang



3 buah  
Tiang  
Pancang  
dia.40 cm

Tampak Atas Pondasi Tiang Pancang,  
untuk Kolom Sudut Bangunan



5 buah  
Tiang  
Pancang  
dia.40 cm

Tampak Atas Pondasi Tiang Pancang,

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1971.
- Anonim, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1983.
- Anonim, *Pedoman Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.1987*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1987.
- Anonim, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-02*, Bandung, 2002.
- AISC, *Load and Resistance Factor Design Specification*, American Institute of Steel Construction Inc, Chicago, 1999.
- Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, *Desain Beton Bertulang*, Edisi Keempat, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1989.
- Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, *Desain Beton Bertulang*, Edisi Keempat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 1993.
- Edward G Nawi, *Beton Bertulang*. Refika Aditama, Bandung, 1998.
- Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1994.
- Salmon, C.G. Jhonson, J.E., *Struktur Baja-Desain dan Perilaku*, Jilid I, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1996.
- W.C. Vis, Gideon Kusuma, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta, 1997.



# LAMPIRAN I



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 566 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ IV /2006  
Lamp. : -  
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : : III ( Mar 06 - Agst 06 )

Jogyakarta, 7-Jul-06

Kepada .

Yth.Bapak / Ibu : Suharyatmo,Ir,H,MT  
di -  
Jogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

- |   |               |   |                  |
|---|---------------|---|------------------|
| 1 | Na m a        | : | Teguh Adhitama   |
|   | No. Mhs.      | : | 97 511 173       |
|   | Bidang Studi  | : | Teknik Sipil     |
|   | Tahun Akademi | : | 2005 - 2006      |
| 2 | Na m a        | : | Heriyanto Wibowo |
|   | No. Mhs.      | : | 97 511 186       |
|   | Bidang Studi  | : | Teknik Sipil     |
|   | Tahun Akademi | : | 2005 - 2006      |

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

|                    |   |                    |
|--------------------|---|--------------------|
| Dosen Pembimbing I | : | Suharyatmo,Ir,H,MT |
|--------------------|---|--------------------|

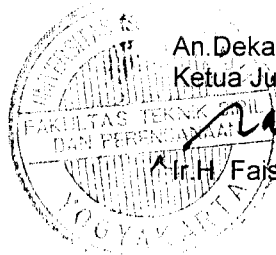
|                     |   |                    |
|---------------------|---|--------------------|
| Dosen Pembimbing II | : | Suharyatmo,Ir,H,MT |
|---------------------|---|--------------------|

Dengan Mengambil Topik /Judul :

|  |
|--|
| Perancangan Struktur Gedung " Mall Citra Atlas " Di Jalan Siliwangi Semarang |
|--|

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.



An.Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir.H Faisol AM,MS

Tembusan

- 1). Dosen Pembimbing ybs
- 2). Mahasiswa ybs
- 3). Arsip. 8/7/2006 12:27:22 PM
- 4). Sampai Akhir Agustus 2006

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

| NO | N A M A          | NO.MHS.    | BID.STUDI    |
|----|------------------|------------|--------------|
| 1. | Teguh Adhitama   | 97 511 173 | Teknik Sipil |
| 2. | Heriyanto Wibowo | 97 511 186 | Teknik Sipil |

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perancangan Struktur Gedung " Mall Citra Atlas " Di Jalan Siliwangi Semarang

**PERIODE KE : III ( Mar 06 - Agst 06 )**

**TAHUN : 2005 - 2006**

**Sampai Akhir Agustus 2006**

| No. | Kegiatan                   | Bulan Ke : |      |      |      |      |      |
|-----|----------------------------|------------|------|------|------|------|------|
|     |                            | MAR.       | APR. | MEI. | JUN. | JUL. | AGT. |
| 1   | Pendaftaran                | ■          |      |      |      |      |      |
| 2   | Penentuan Dosen Pembimbing | ■          |      |      |      |      |      |
| 3   | Pembuatan Proposal         |            | ■    |      |      |      |      |
| 4   | Seminar Proposal           |            | ■    | ■    |      |      |      |
| 5   | Konsultasi Penyusunan TA.  |            |      | ■    | ■    | ■    |      |
| 6   | Sidang - Sidang            |            |      |      |      | ■    | ■    |
| 7   | Pendadaran                 |            |      |      |      |      | ■    |

Dosen Pembimbing I : Suharyatmo,Ir,H,MT

Dosen Pembimbina II : Suharvatmo.Ir.H.MT



Jogjakarta , 7-Aug-06  
 a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

|            |   |
|------------|---|
| Seminar    | : |
| Sidang     | : |
| Pendadaran | : |



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI**  
**TUGAS AKHIR MAHASISWA**

|                                  |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>PERIODE KE</b>                | <b>: III ( Mar 06 - Agst 06 )</b> |
| <b>TAHUN</b>                     | <b>: 2005 - 2006</b>              |
| <b>Sampai Akhir Agustus 2006</b> |                                   |

| NO   | N A M A          | NO.MHS.    | BID.STUDI    |
|--|------------------|------------|--------------|
| 1.   | Teguh Adhitama   | 97 511 173 | Teknik Sipil |
| 2.   | Heriyanto Wibowo | 97 511 186 | Teknik Sipil |
| <b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>   |                  |            |              |
| Perancangan Struktur Gedung " Mall Citra Atlas " Di Jalan Siliwangi Semarang |                  |            |              |

Dosen Pembimbing I : Suharyatmo,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : Suharvatmo.Ir.H.MT

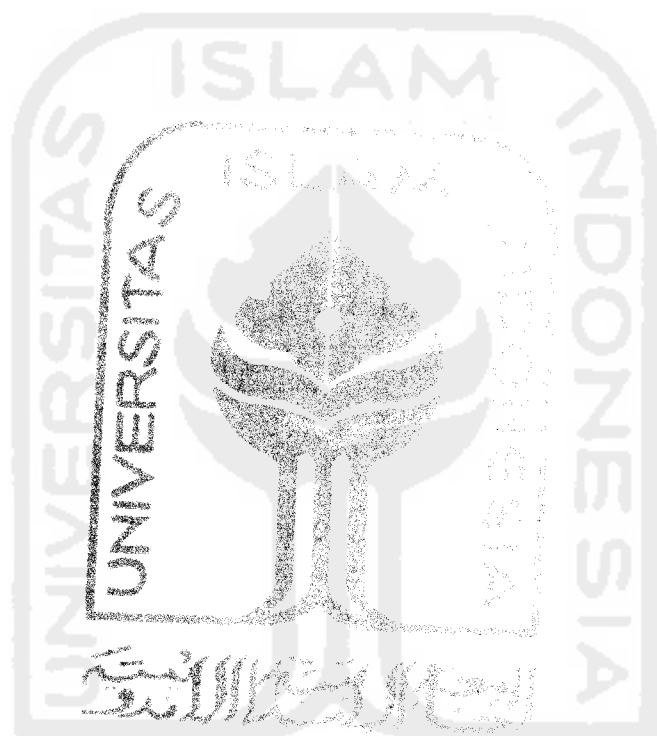


Jogjakarta , 7-Aug-06  
a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

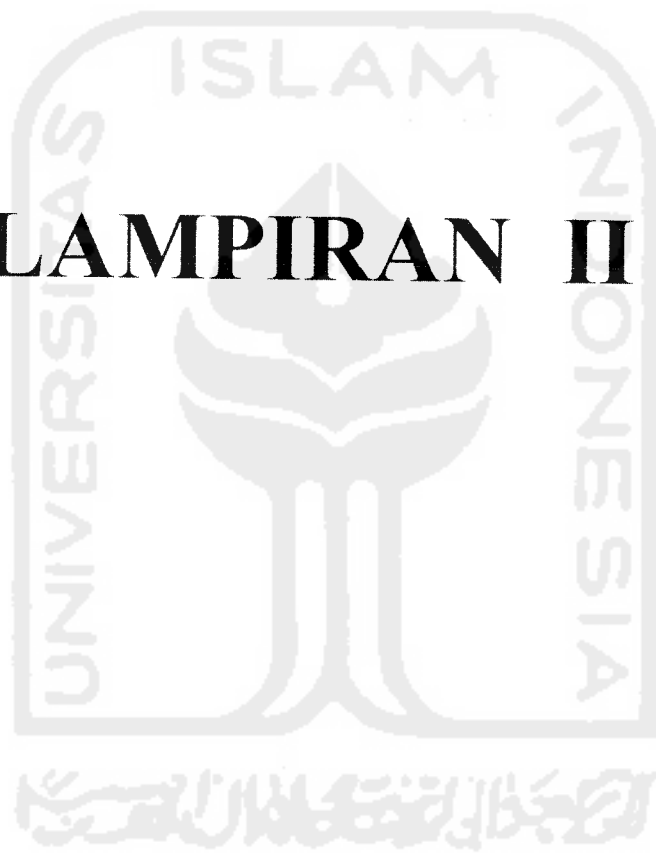
|                |          |
|----------------|----------|
| <b>Catatan</b> | <b>:</b> |
| Seminar        | :        |
| Sidang         | :        |
| Pendadaran     | :        |

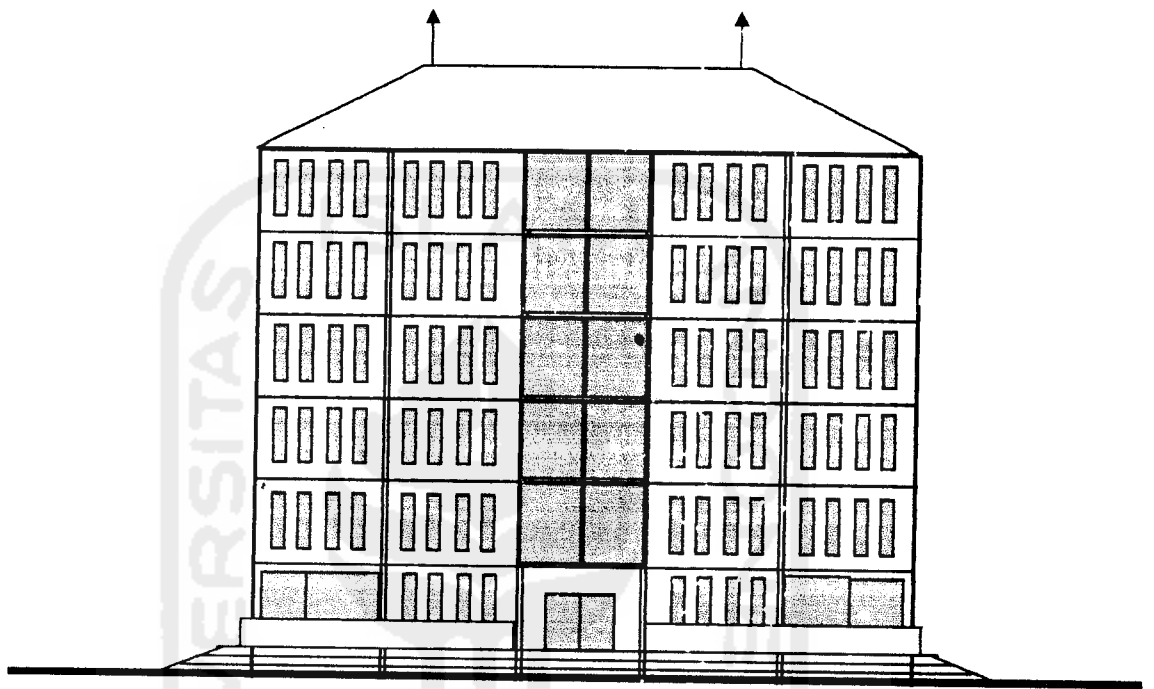




UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

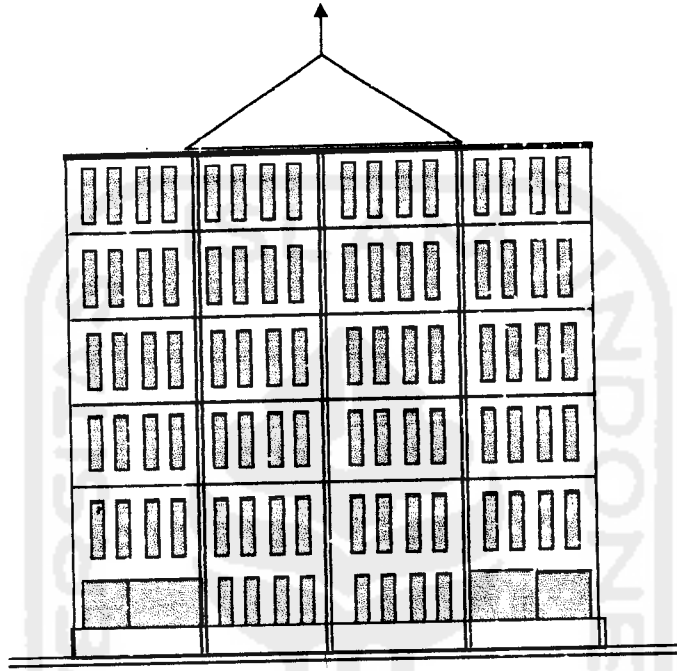
# LAMPIRAN II



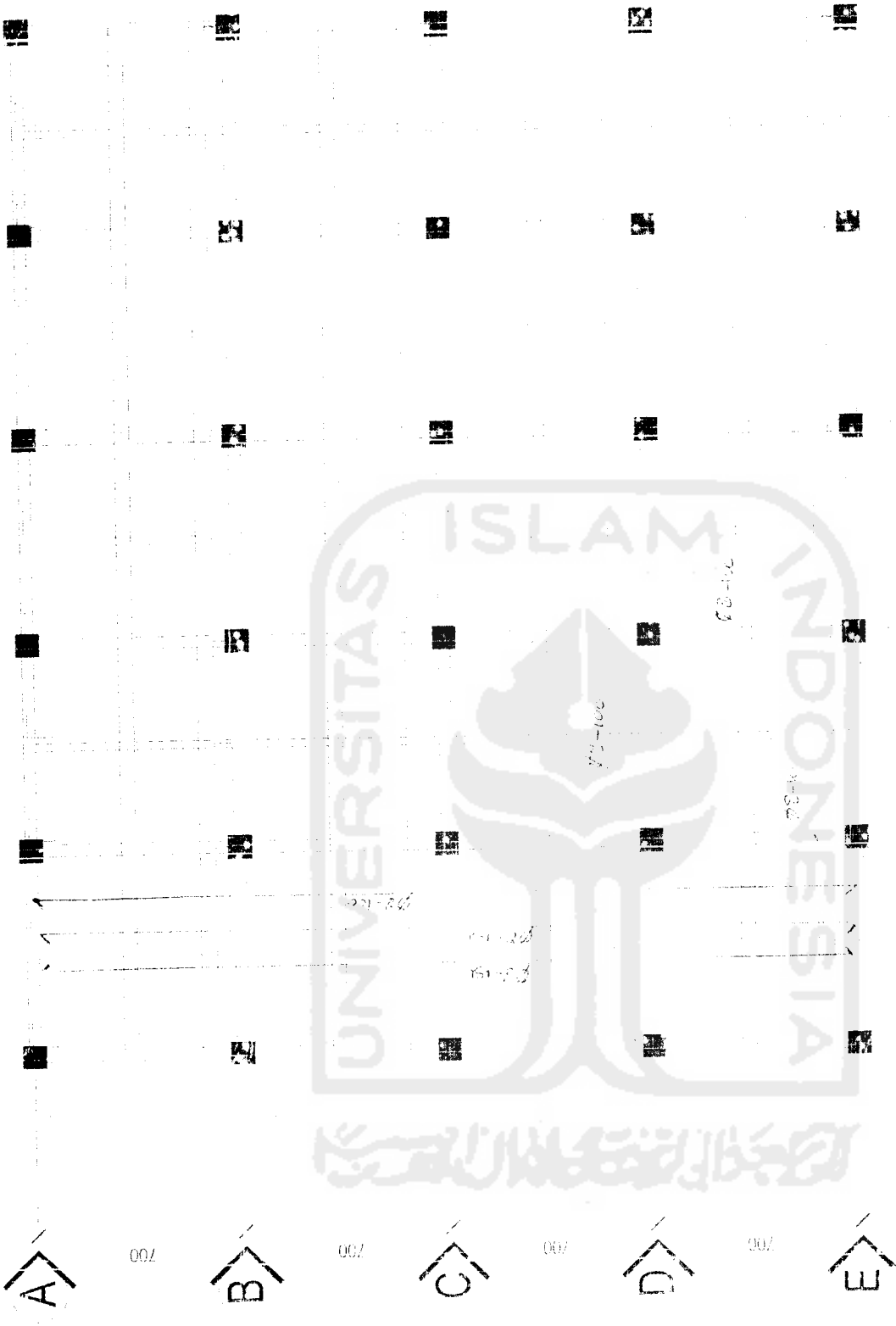


TAMPAK MUKA

UNIVERSITAS AISIA  
الجامعة الإسلامية

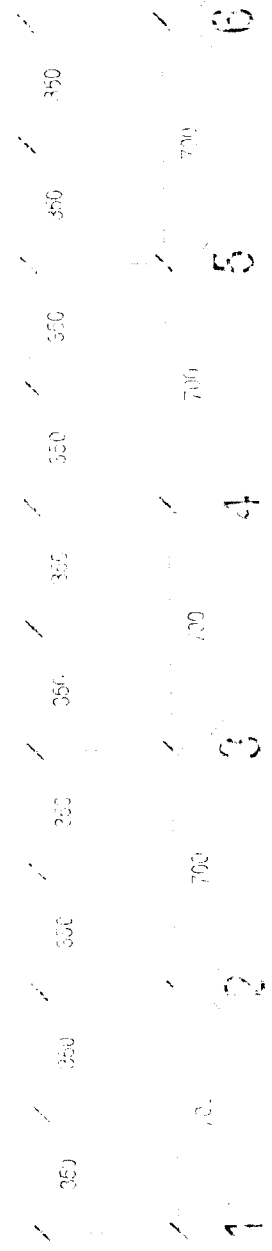
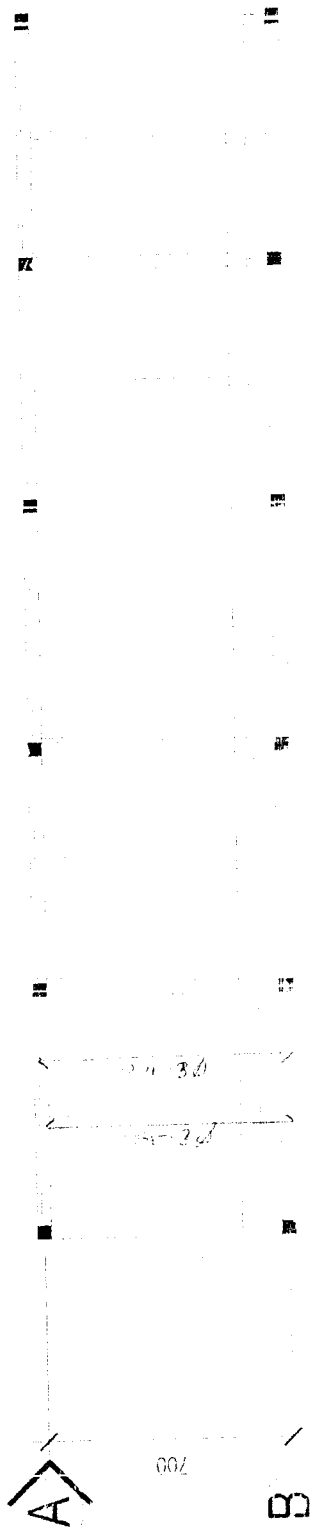


**Tampak Samping**

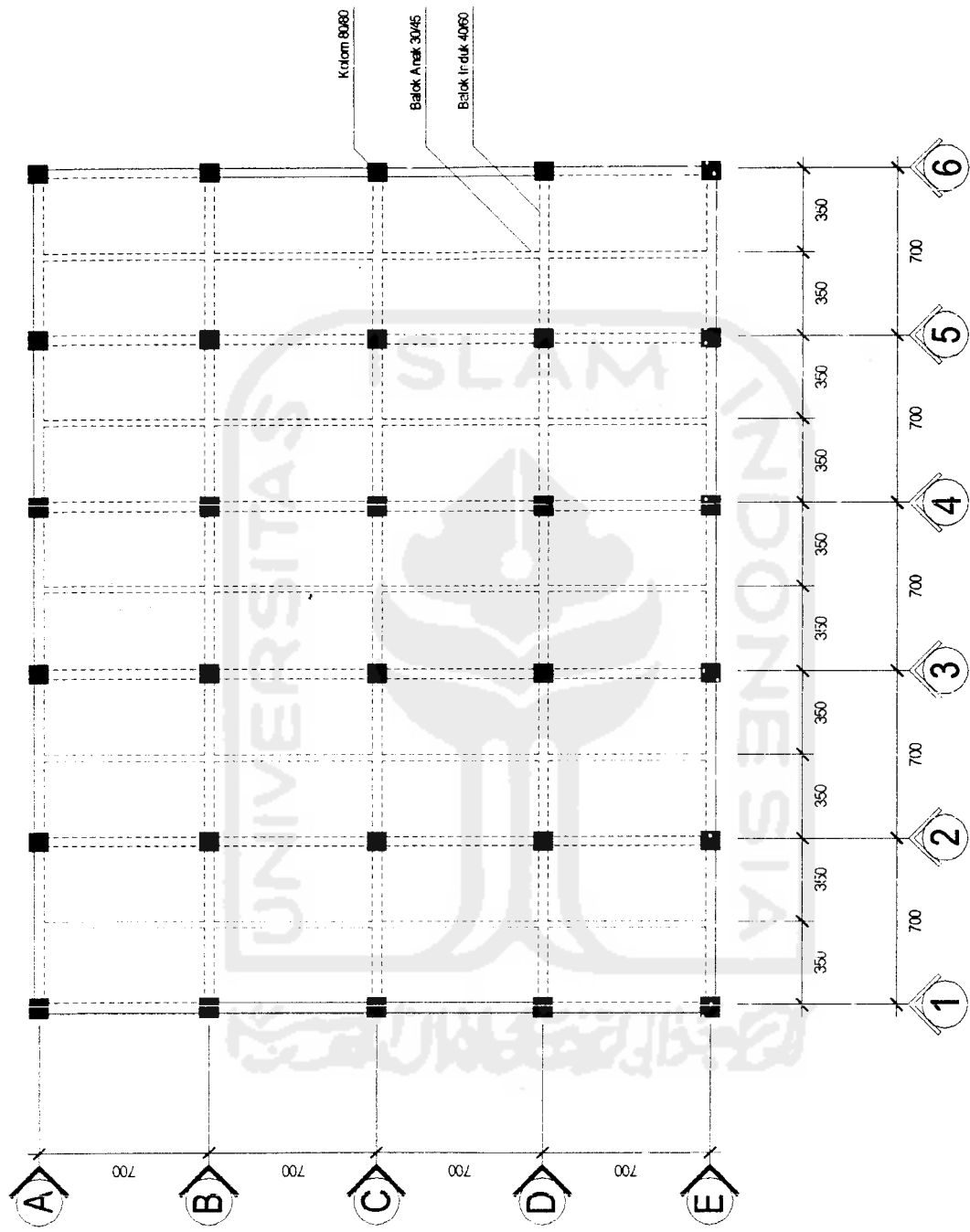


|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 |
| 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |

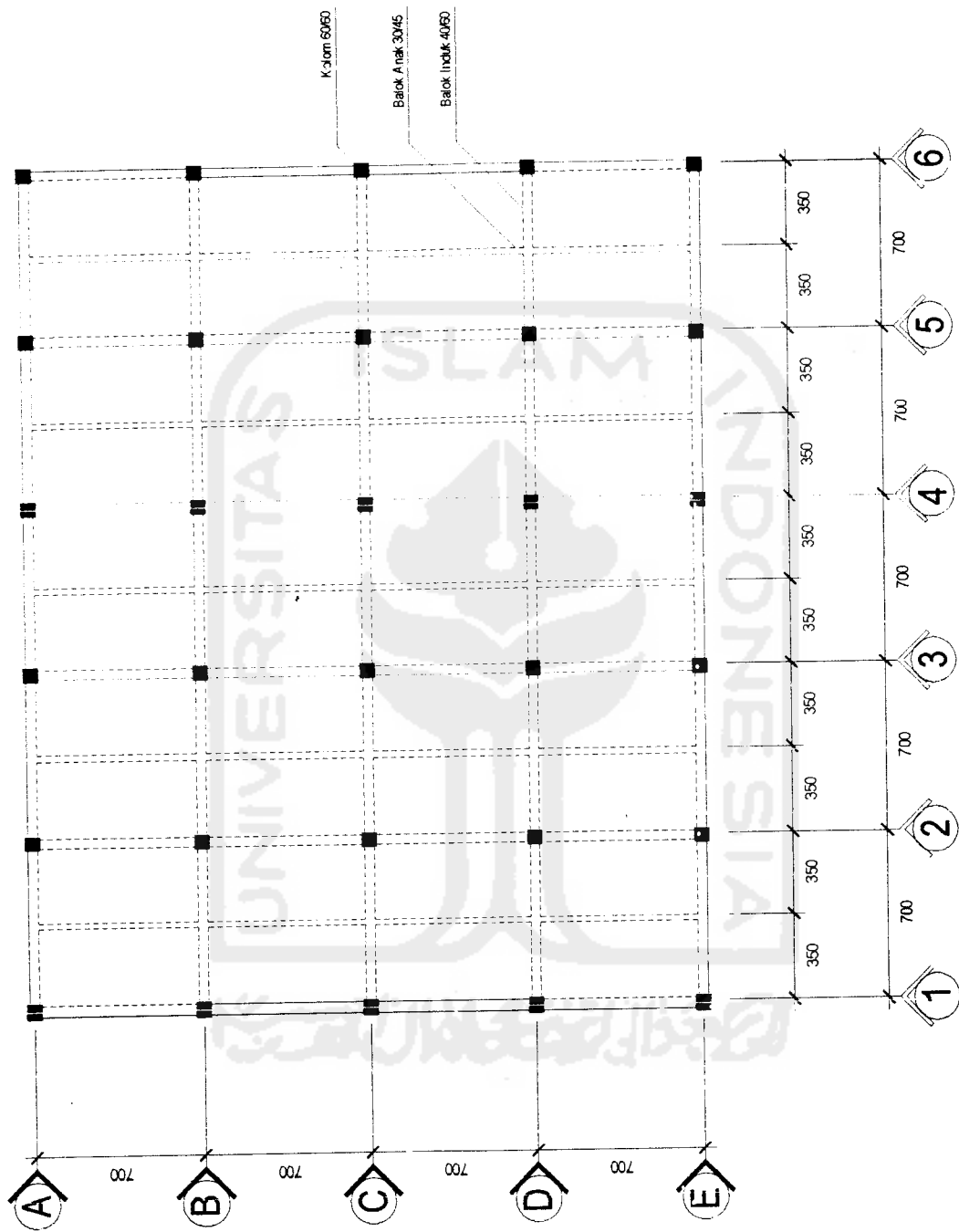
PENJULANGAN PLAT LANTAI



**PENULANGAN PLAT ATAP**

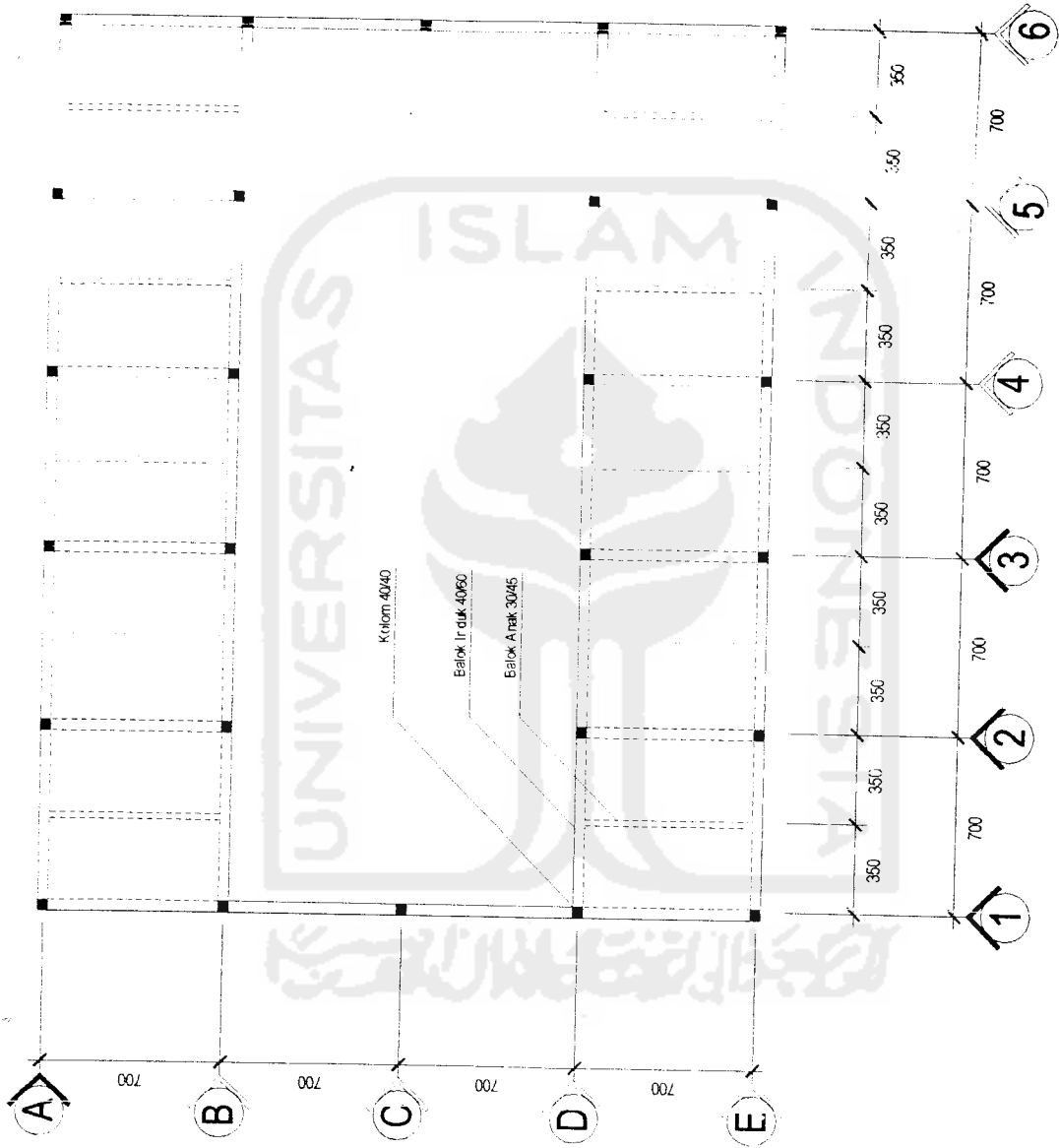


**DENAH KOLOM-BALOK LT. BASEMENT-1**

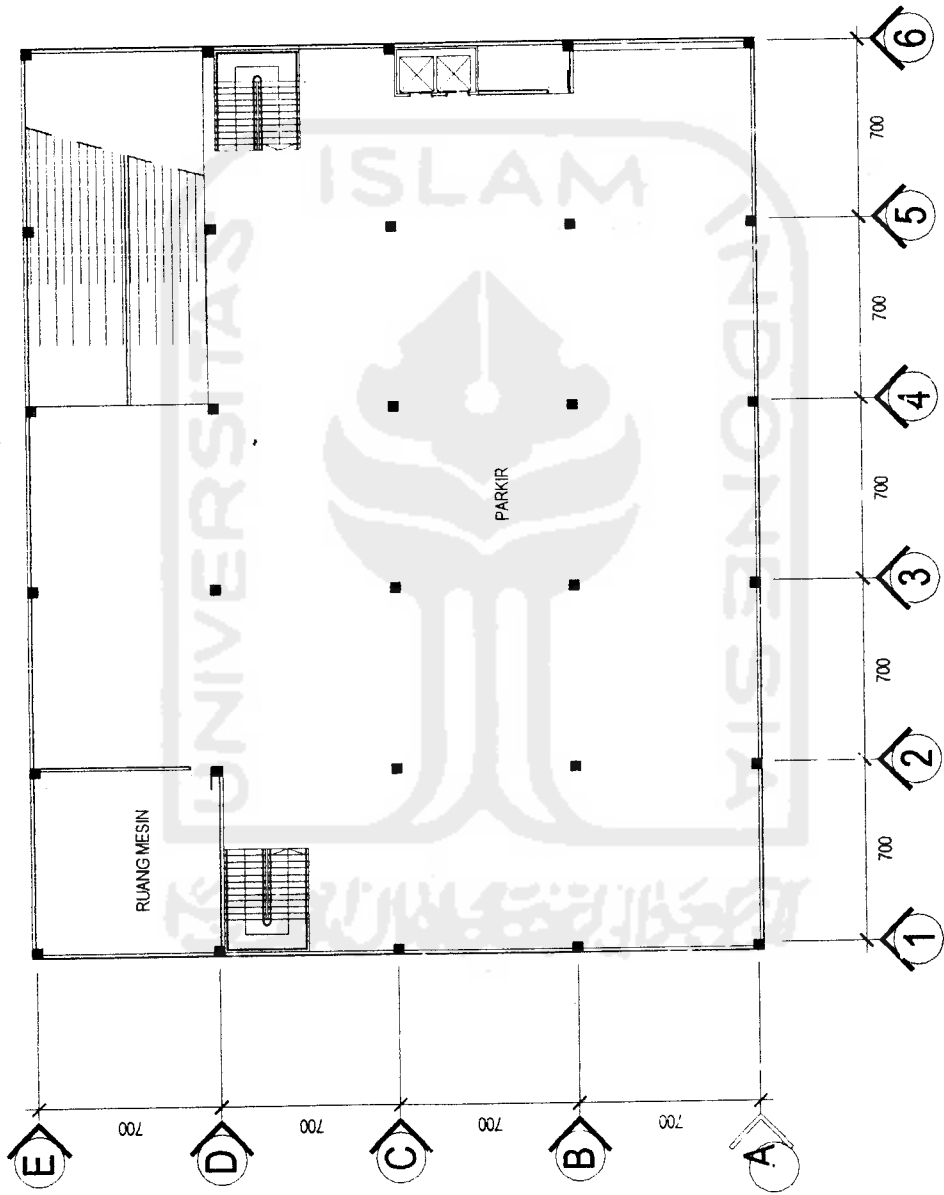


**DENAH KOLOM-BALOK LT. 2-3**



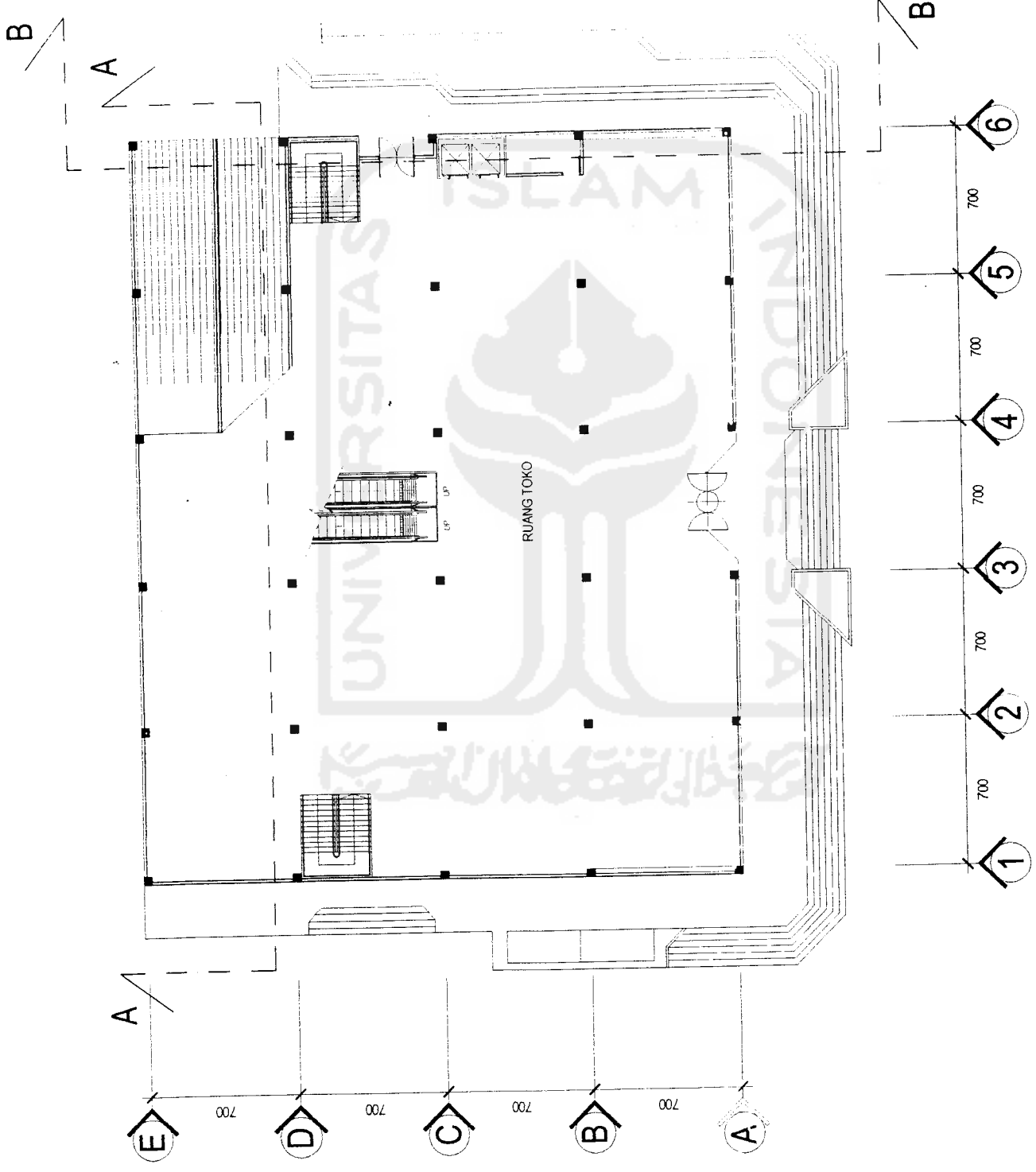


**DENAH KOLOM-BALOK LT. 4-5**

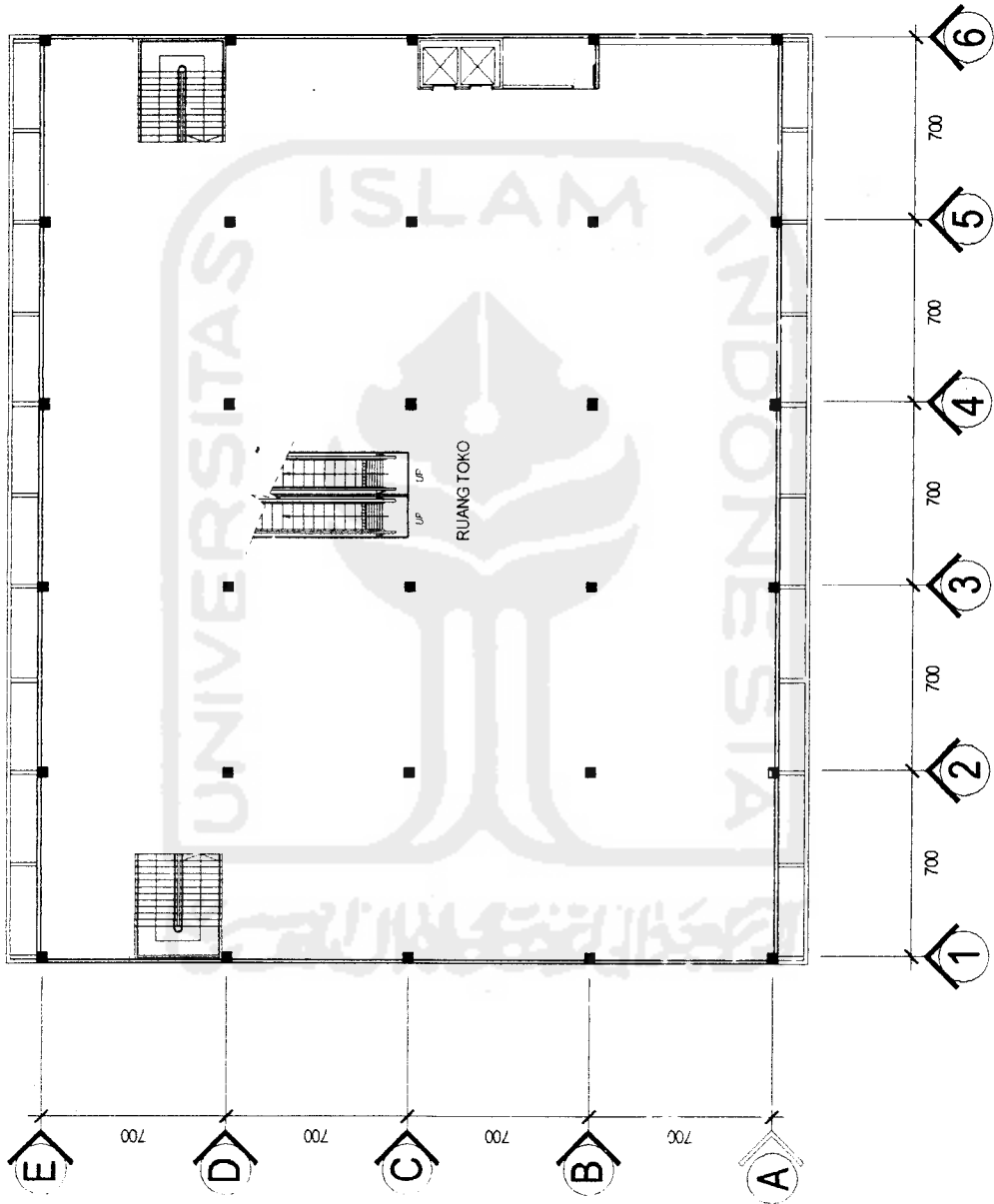


**DENAH LANTAI BASEMENT**

SKALA 1:

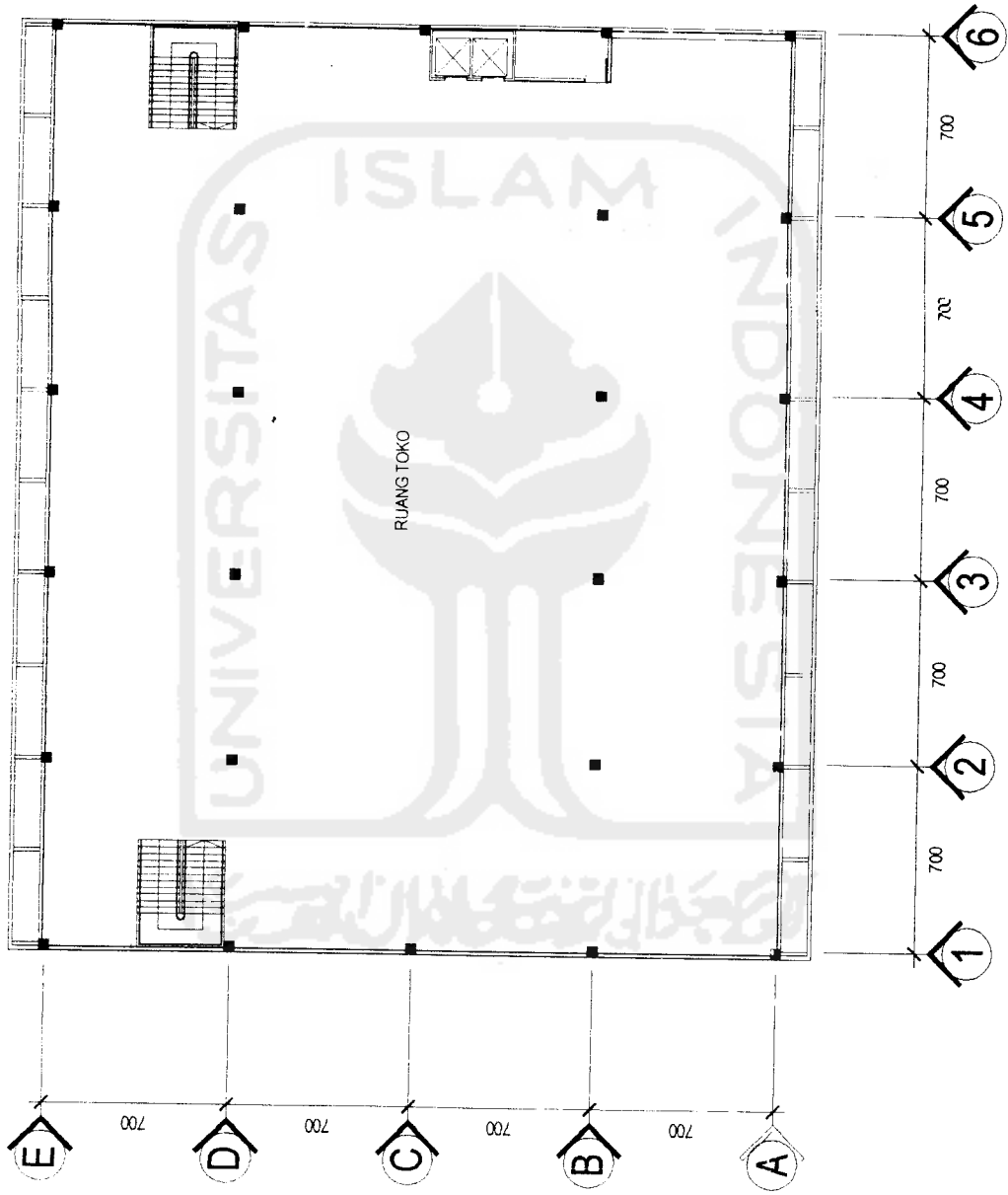


**DENAH LANTAI DASAR**



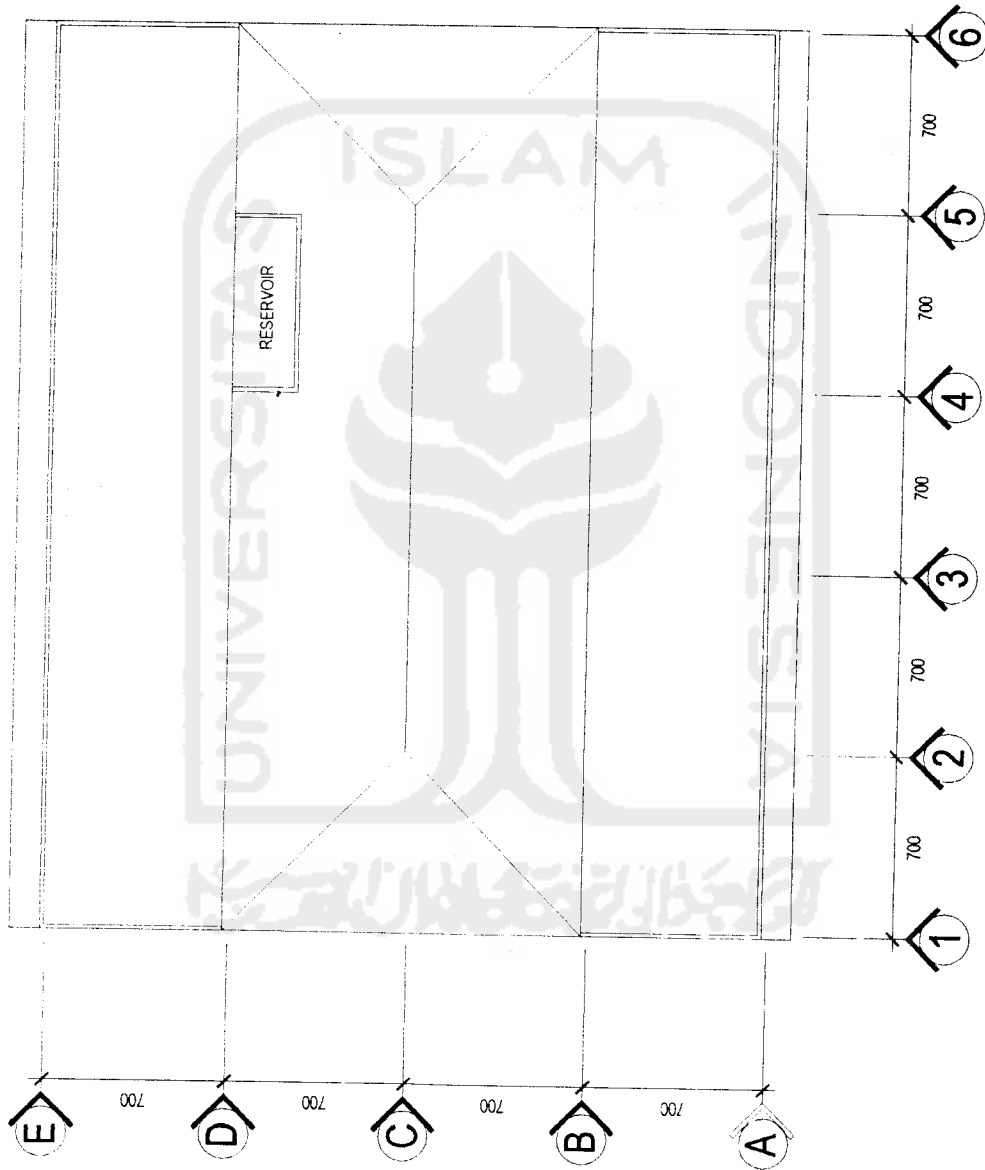
**DENAH LANTAI 2-3**

SKALA 1 : 300



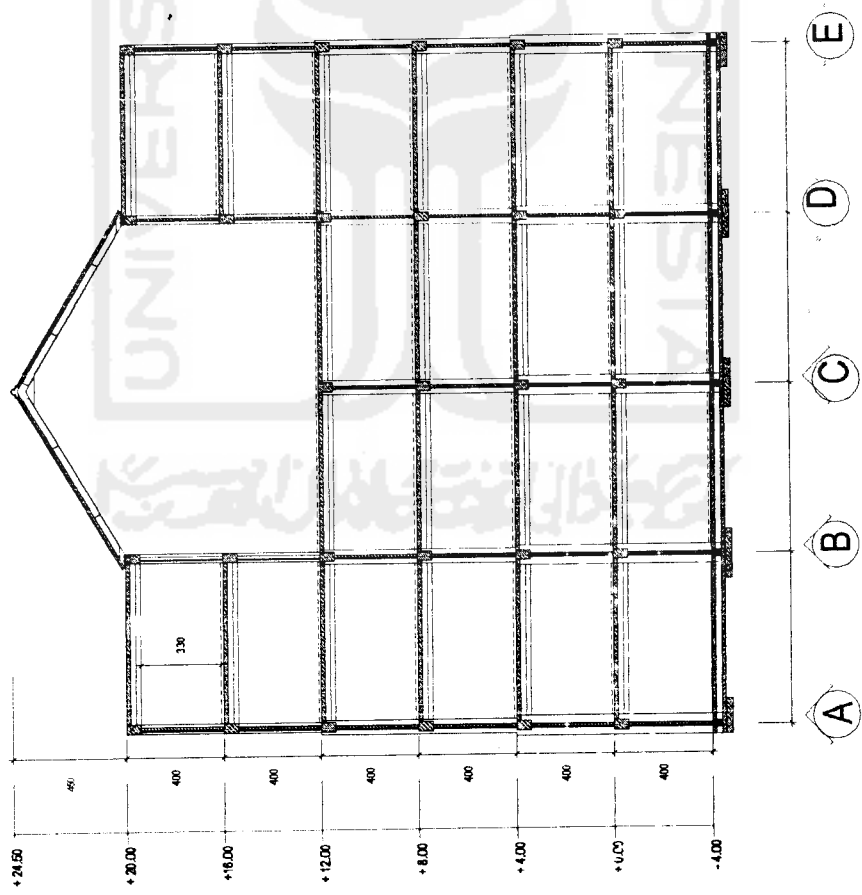
**DENAH LANTAI 4-5**

SKALA 1 : 300

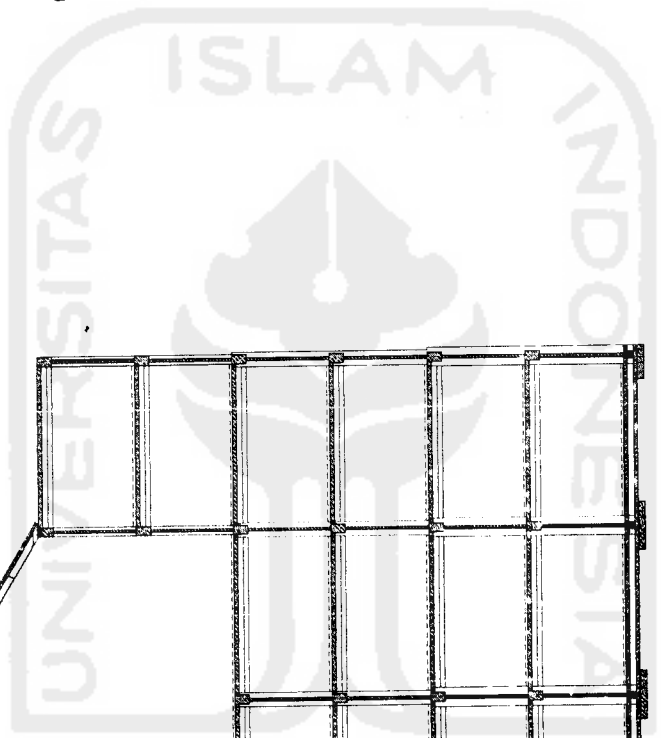
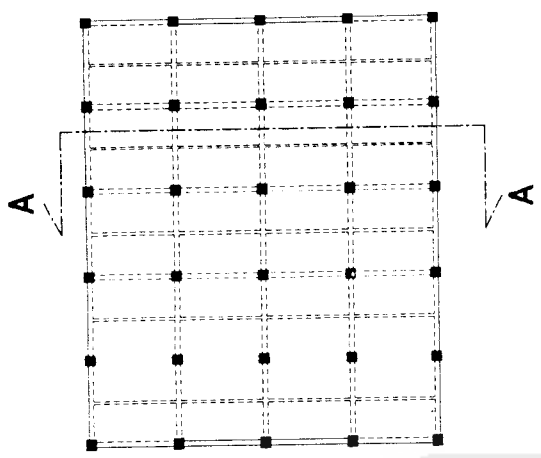


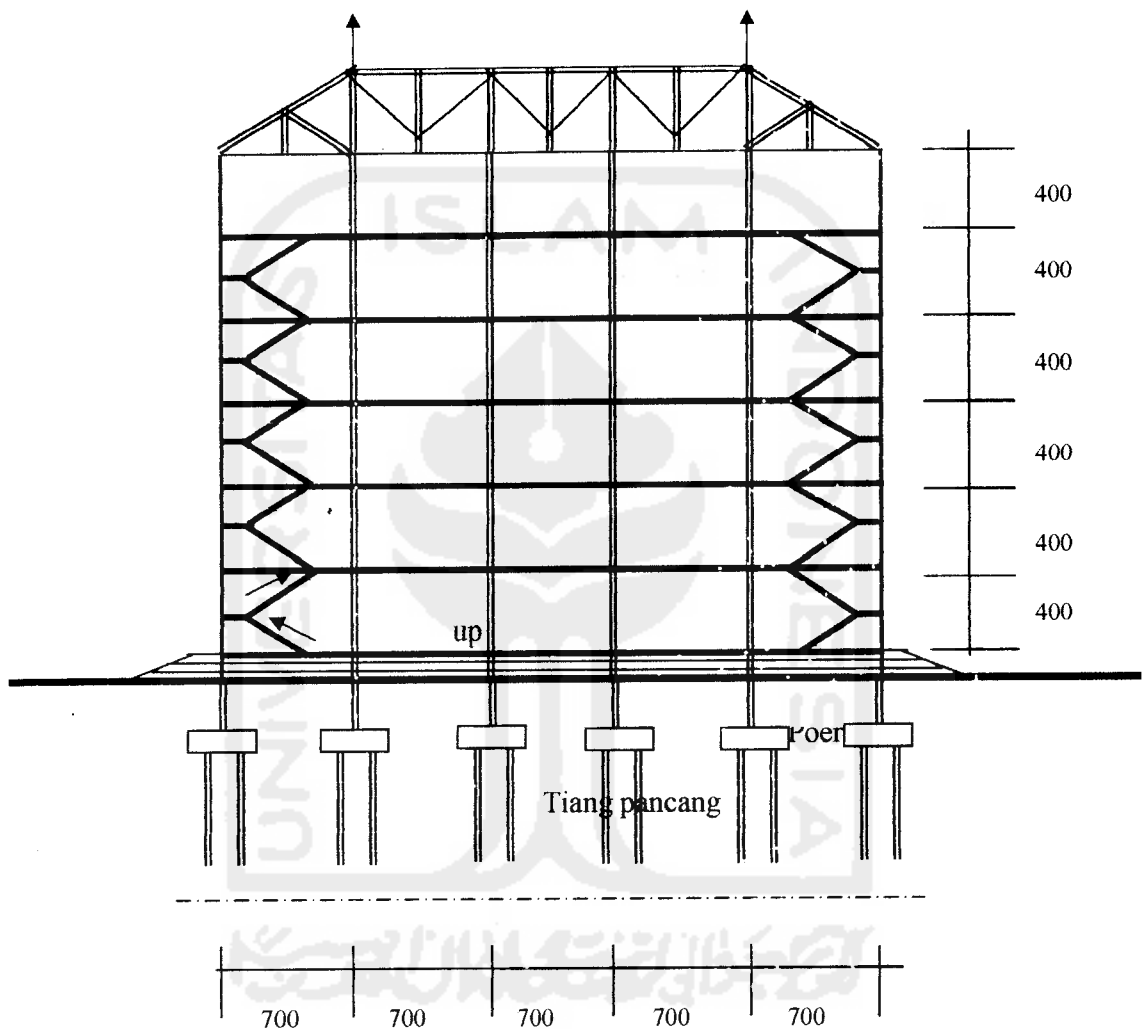
**DENAH ATAP**

SKALA 1 :



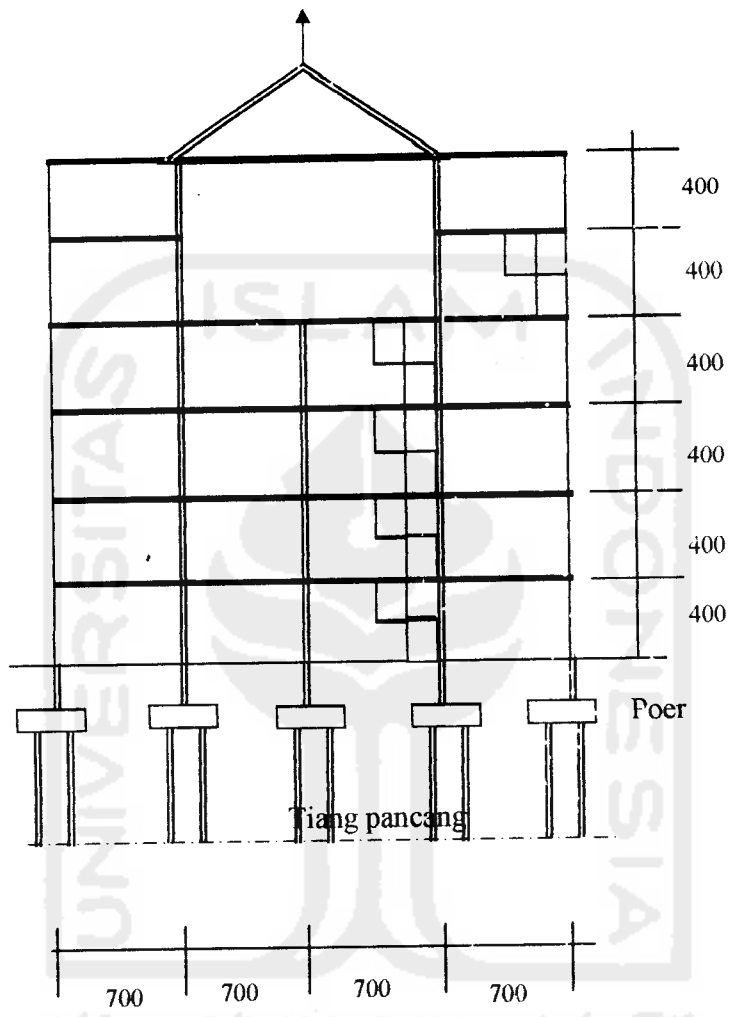
**POTONGAN A-A**  
SKALA 1 : 200



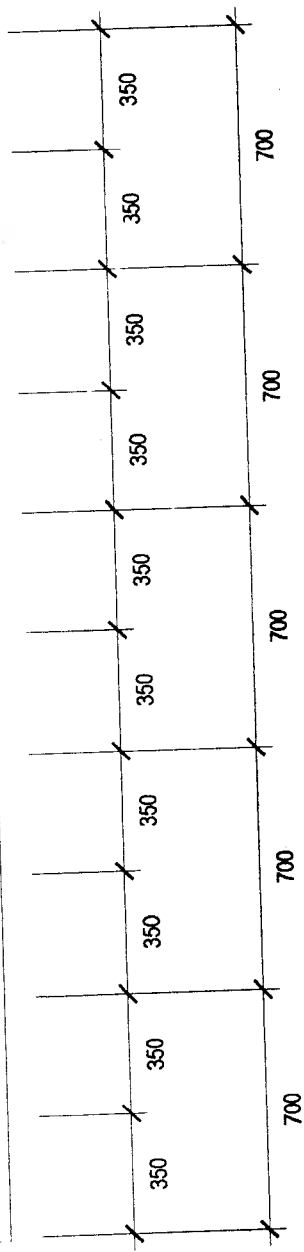
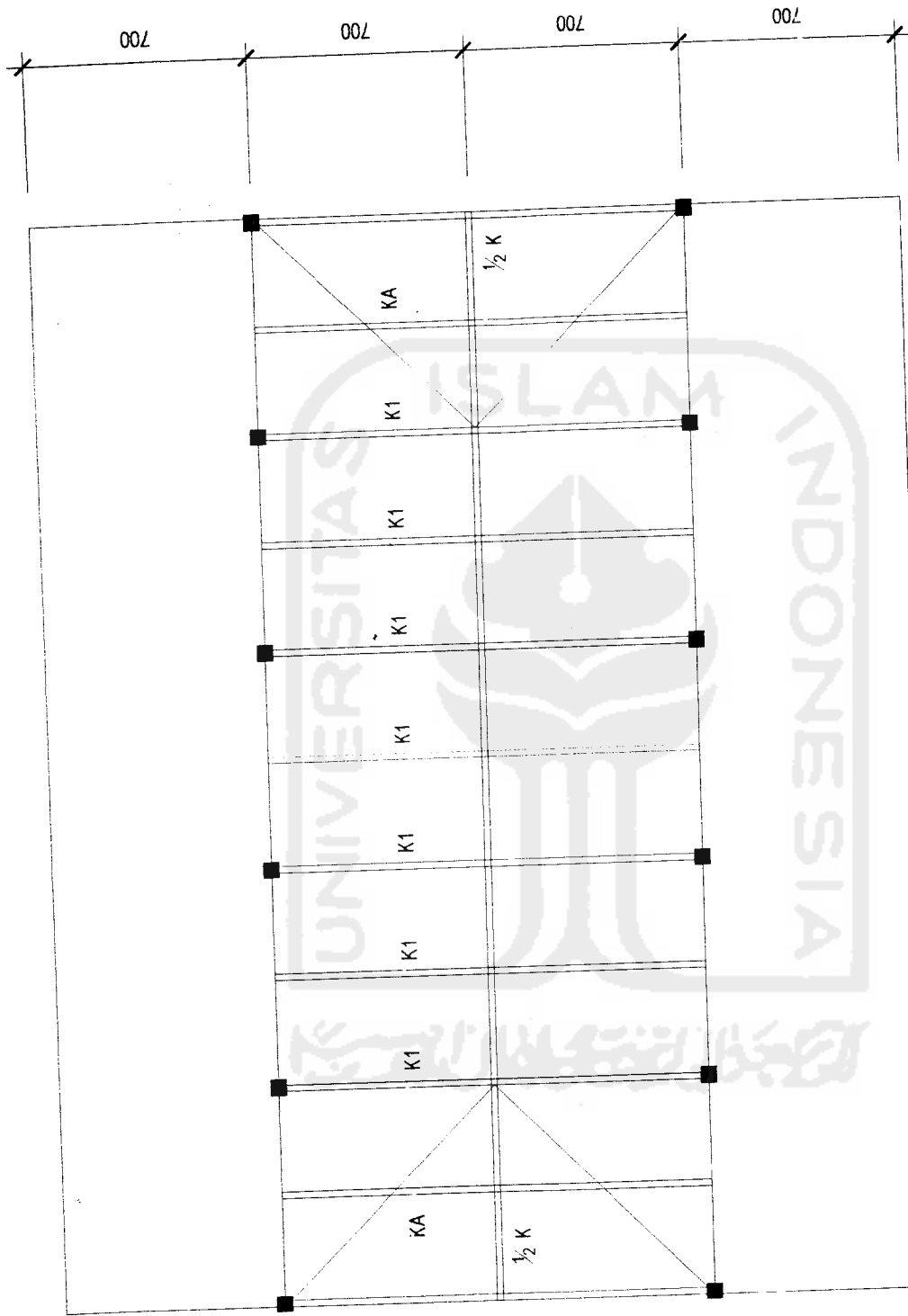


**Potongan Memanjang A - A**



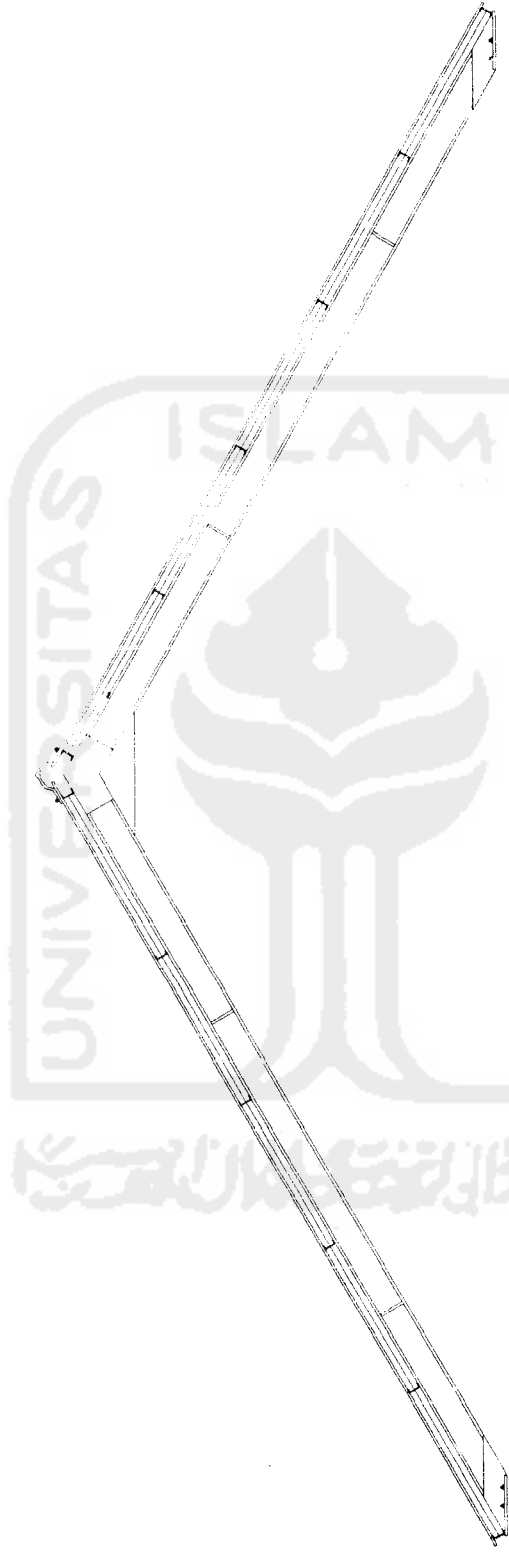


**Potongan Melintang B-B**



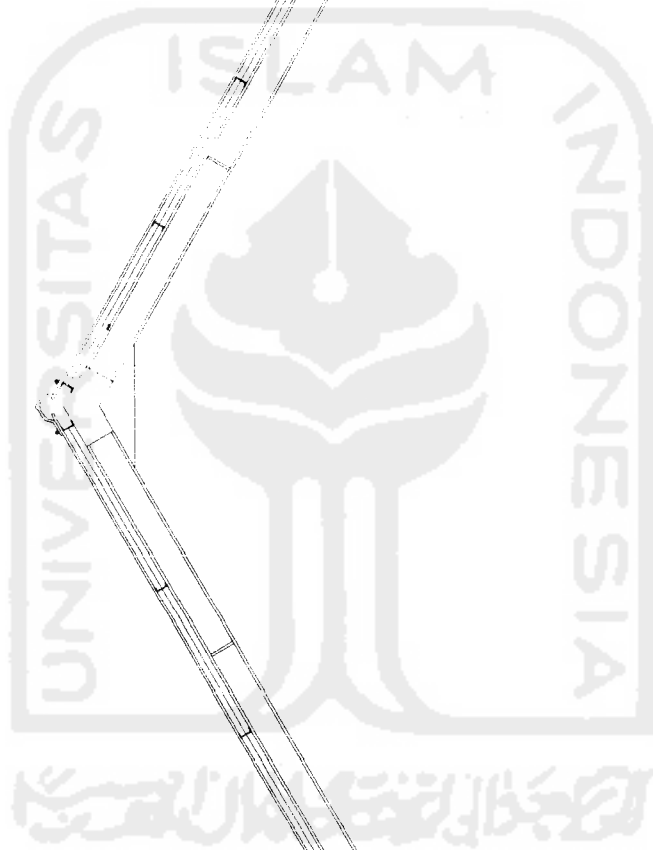
**RENCANA ATAP**





**RENCANA KUDA-KUDA**

SKALA 1 : 200



**DETAIL A**

**DETAIL B**

**DETAIL C**

155

155

155

155

155

Plat Sambung

Plat Kopel (Lateral)

Sagrod  $\varnothing$  12 m

Profil WF 30

Gording Canal C<sub>12</sub>

Atap Polycarbonat

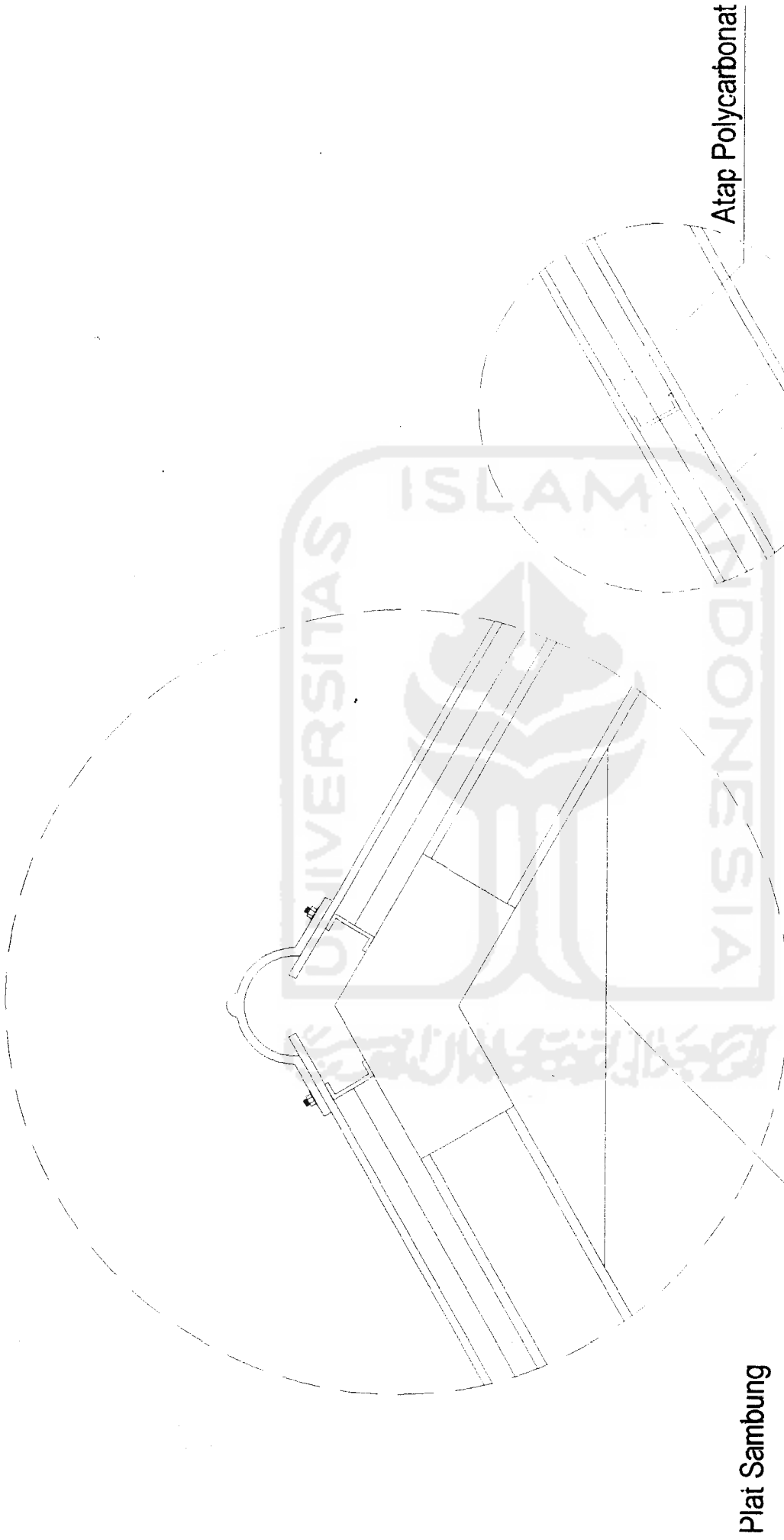
700

Plat Tumpu t = 1"

Baut Angkur  $\varnothing$  1"

Kolom

## **DETAIL KUDA-KUDA**



Atap Polycarbonat

Sagrod  $\varnothing$  12 m

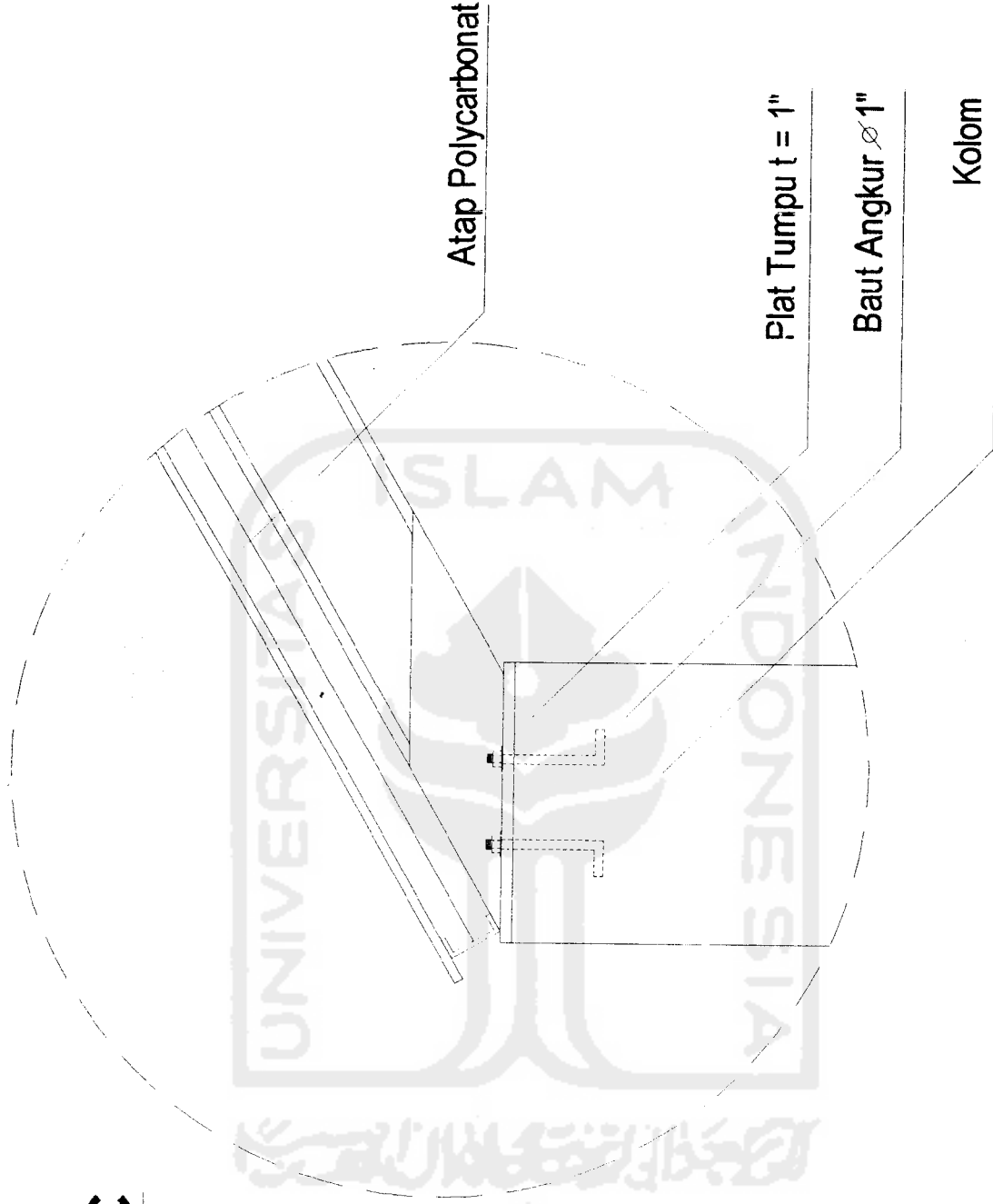
Profil WF 30

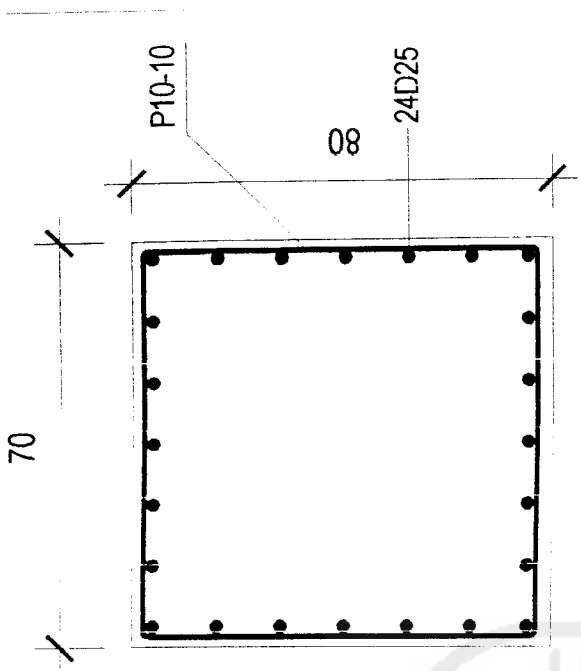
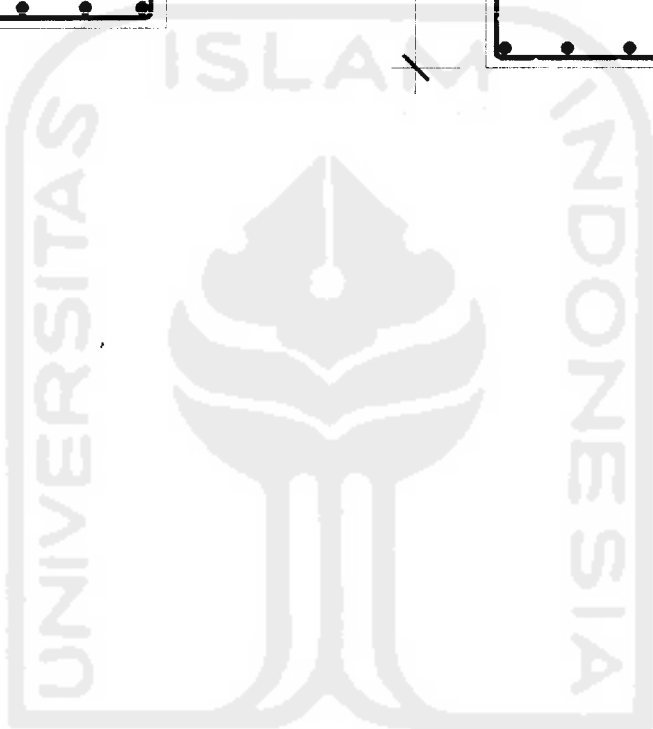
Plat Sambung

**DETAIL A**

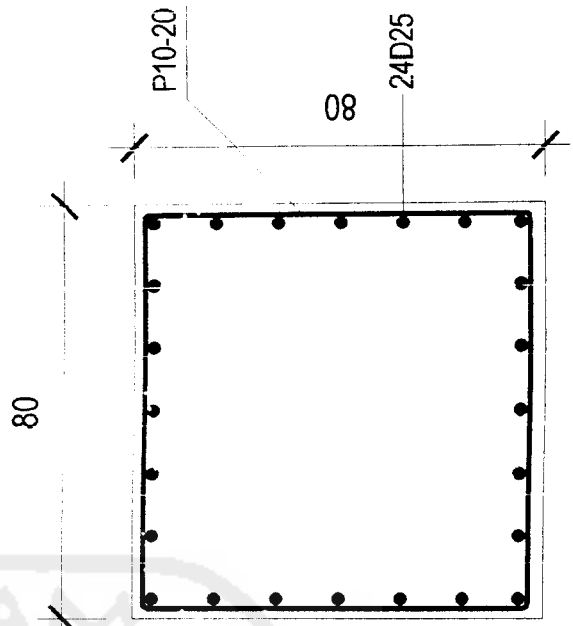
**DETAIL B**

# DETAIL C

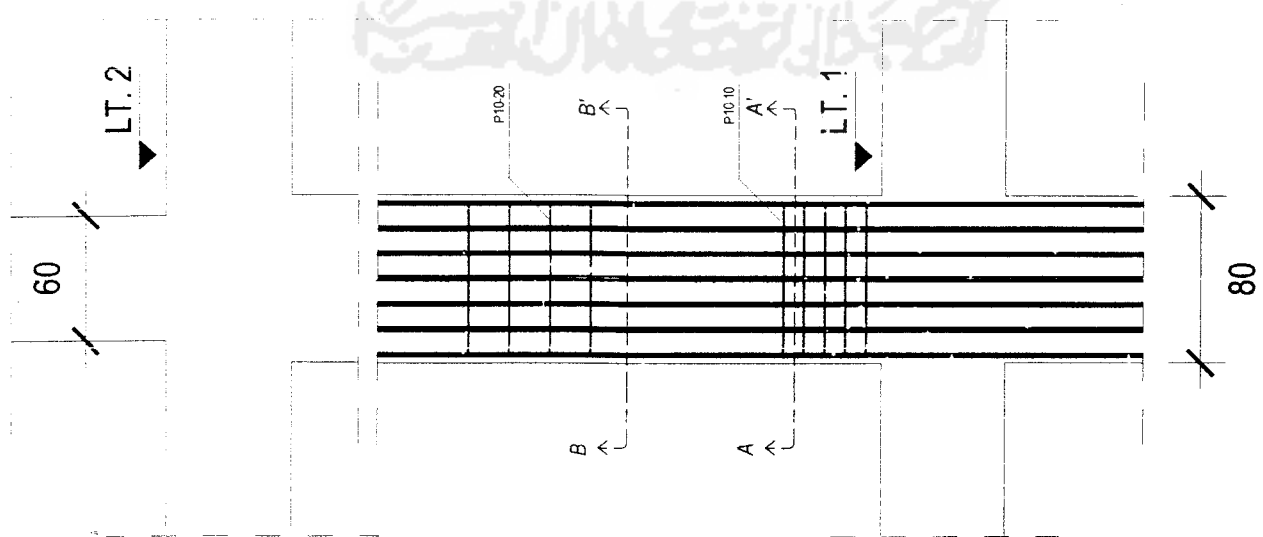




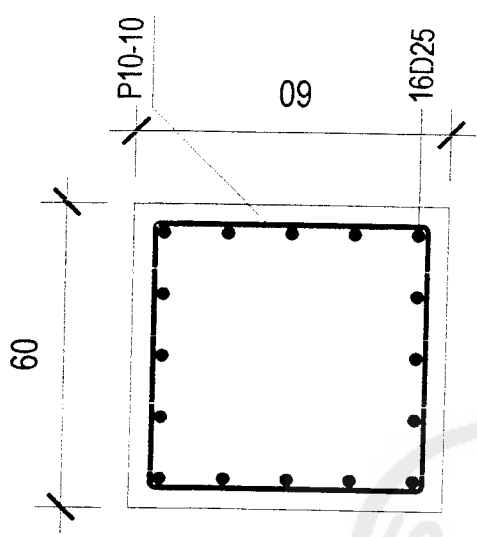
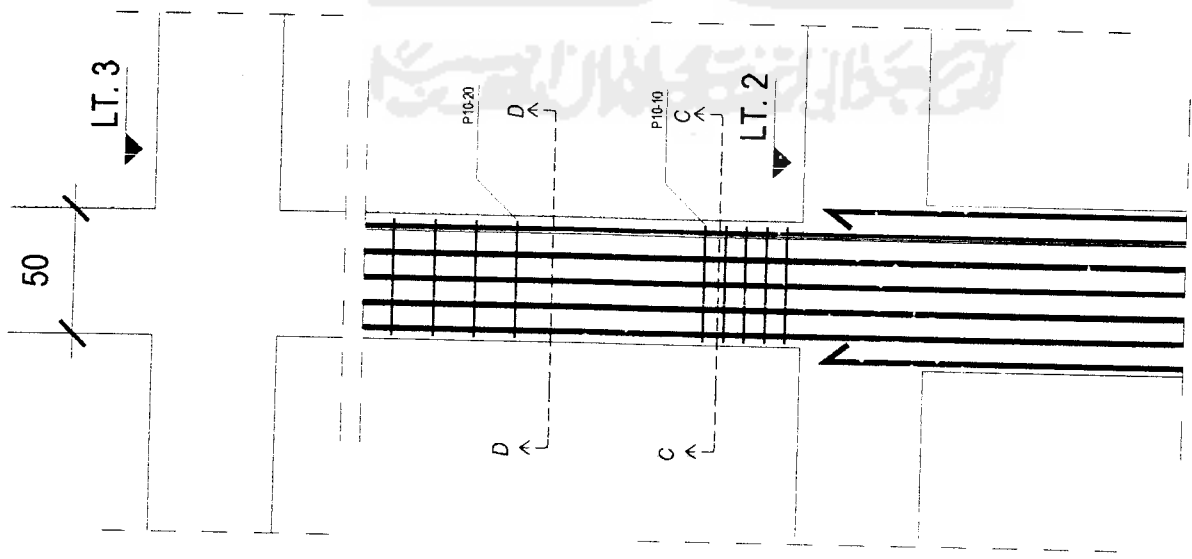
TAMPANG KOLOM A-A



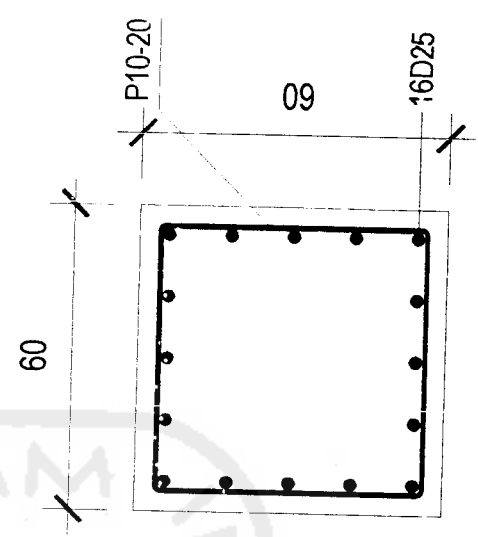
TAMPANG KOLOM B-B



PENULANGAN KOLOM LT. BASEMENT-LT. 1



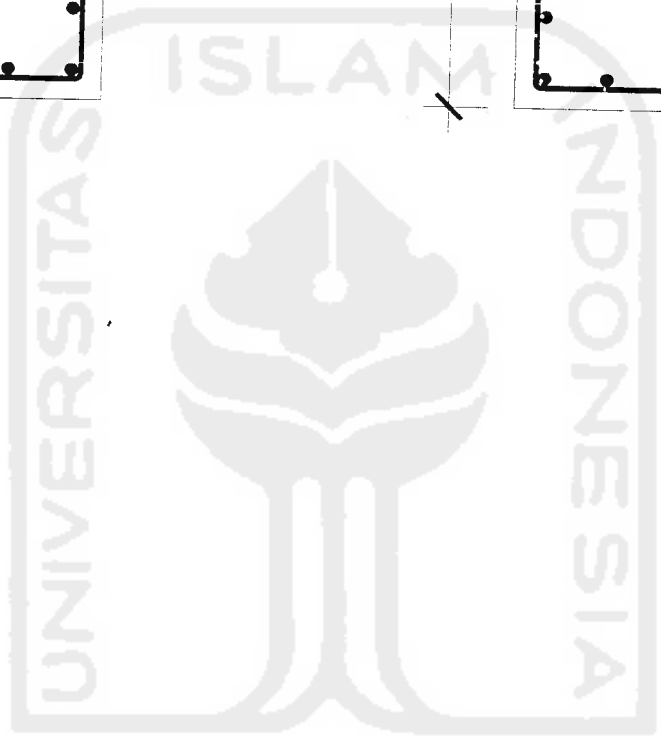
**TAMPANG KOLOM C-C**



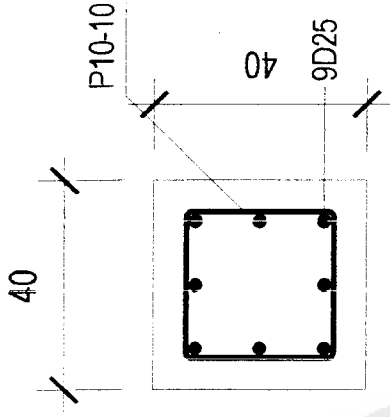
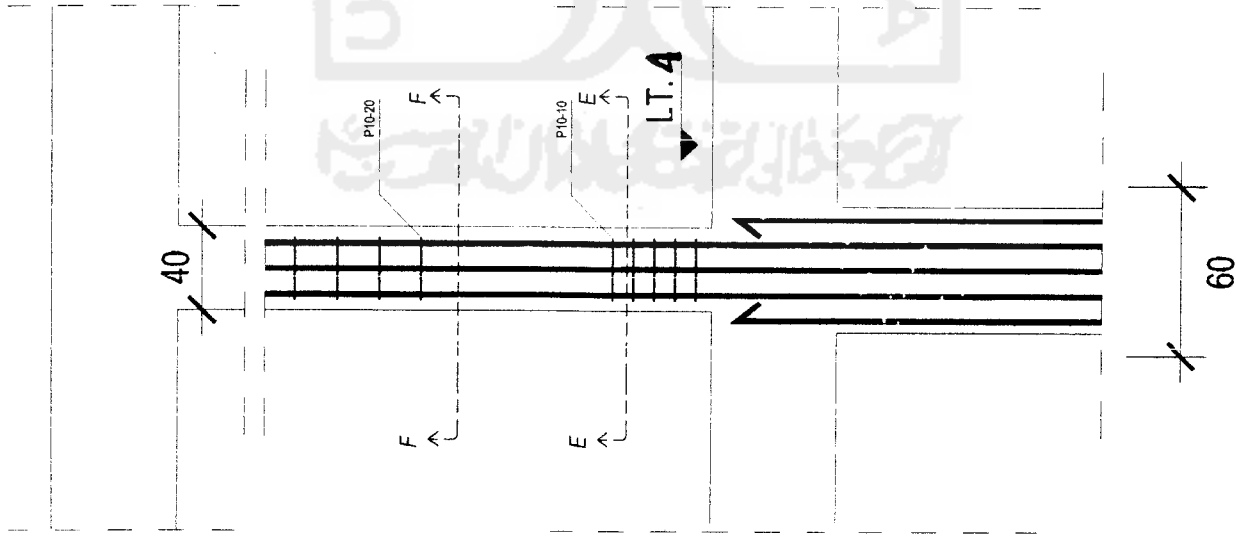
**TAMPANG KOLOM D-D**

**PENULANGAN KOLOM LT.2-LT.3**

SKALA 1 : 25

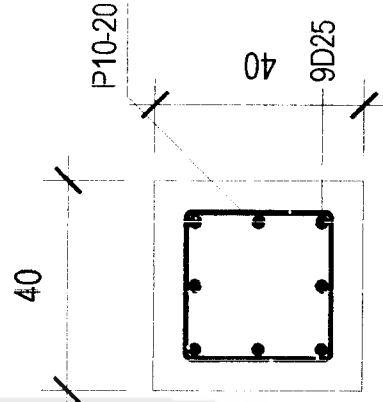






**TAMPANG KOLOM E-E**

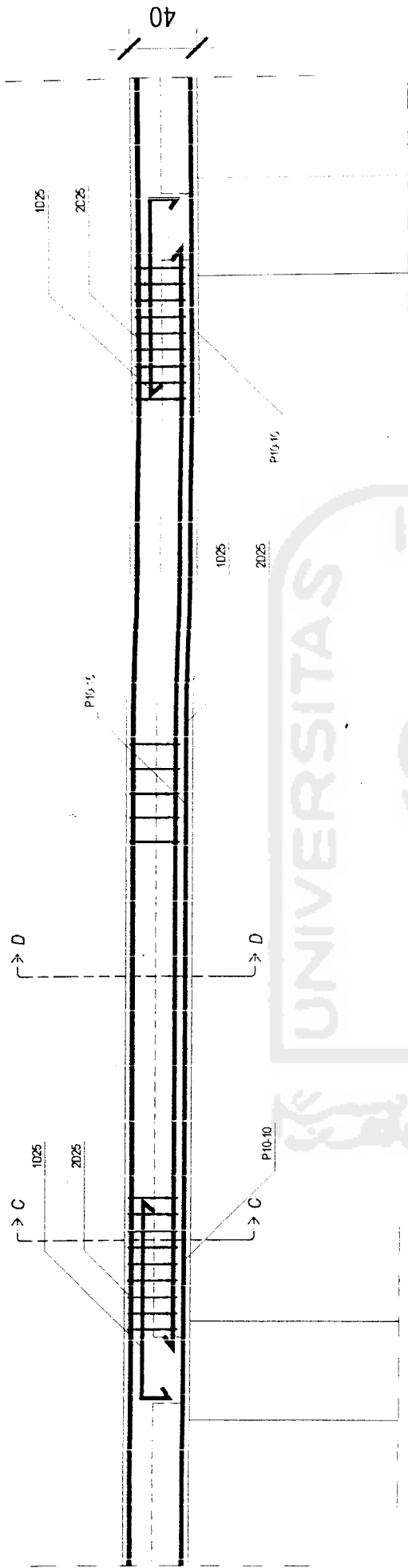
SKALA 1 : 10



**TAMPANG KOLOM F-F**

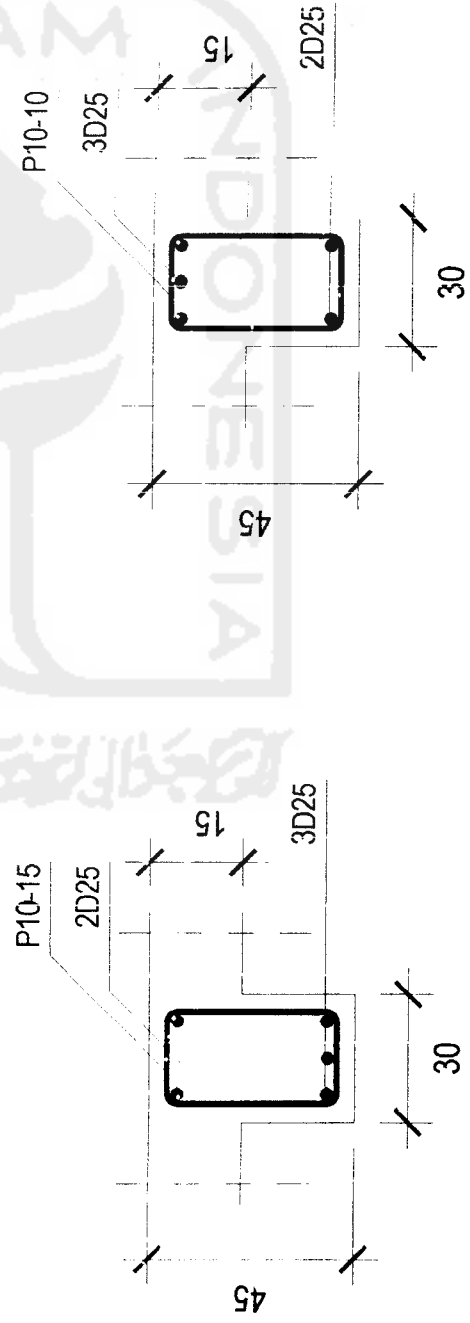
SKALA 1 : 10





**PENULANGAN BALOK ANAK**

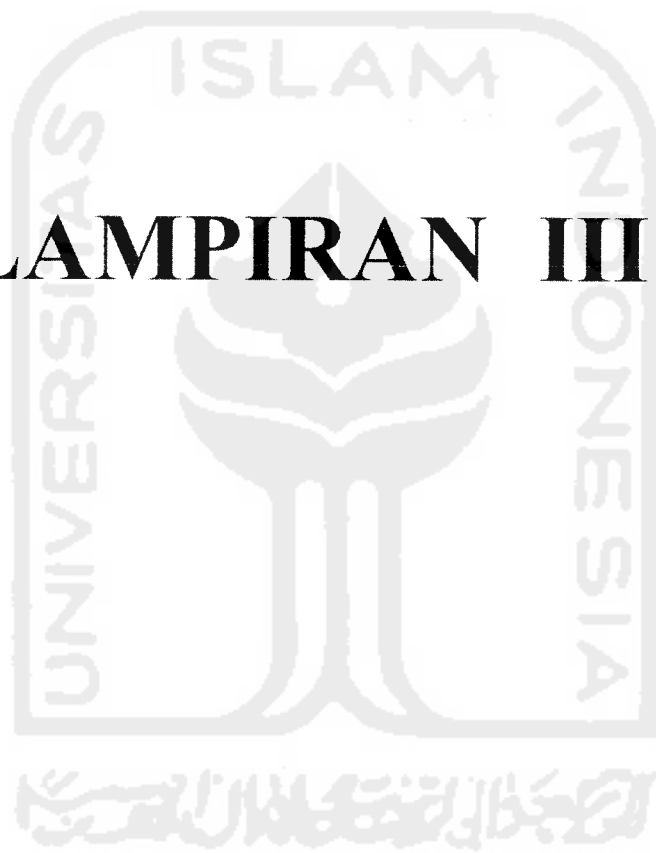
SKALA 1 : 25

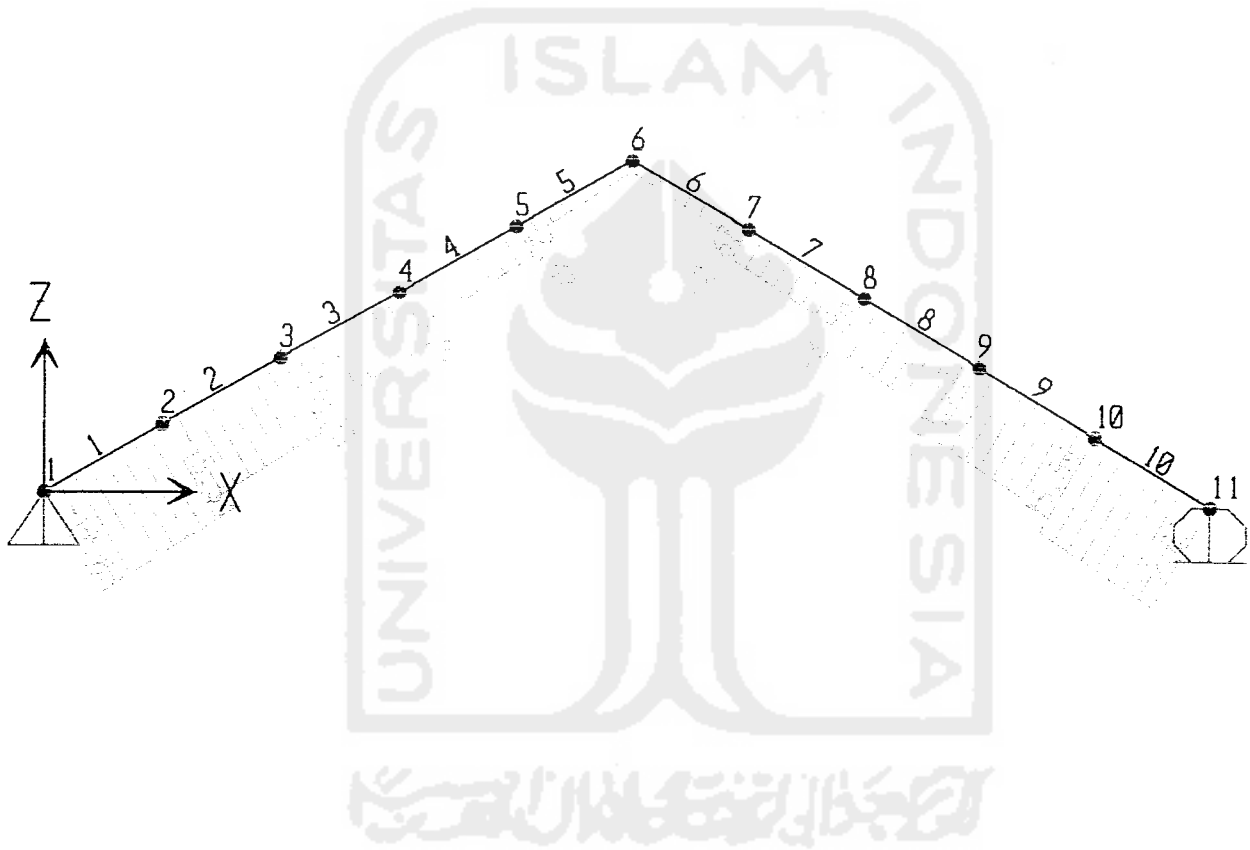


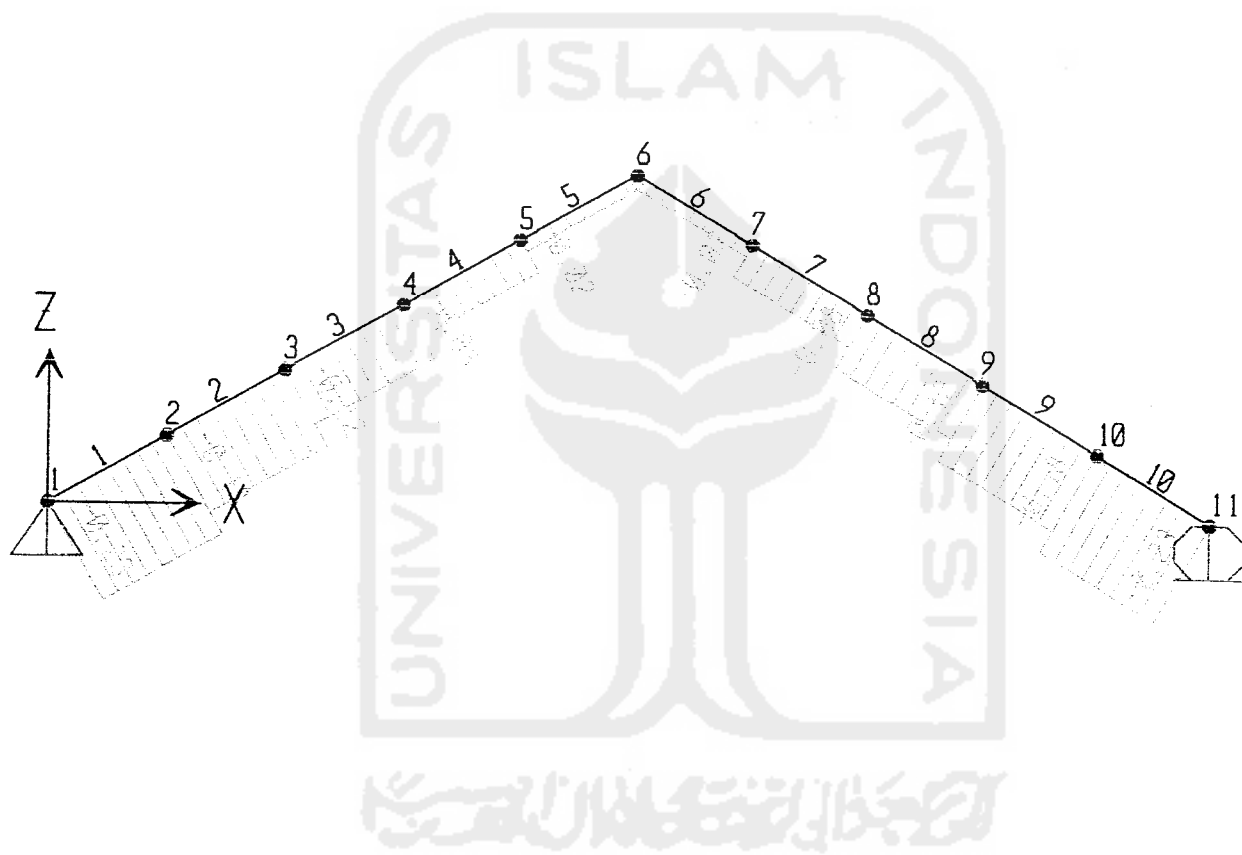
**POTONGAN D-D**

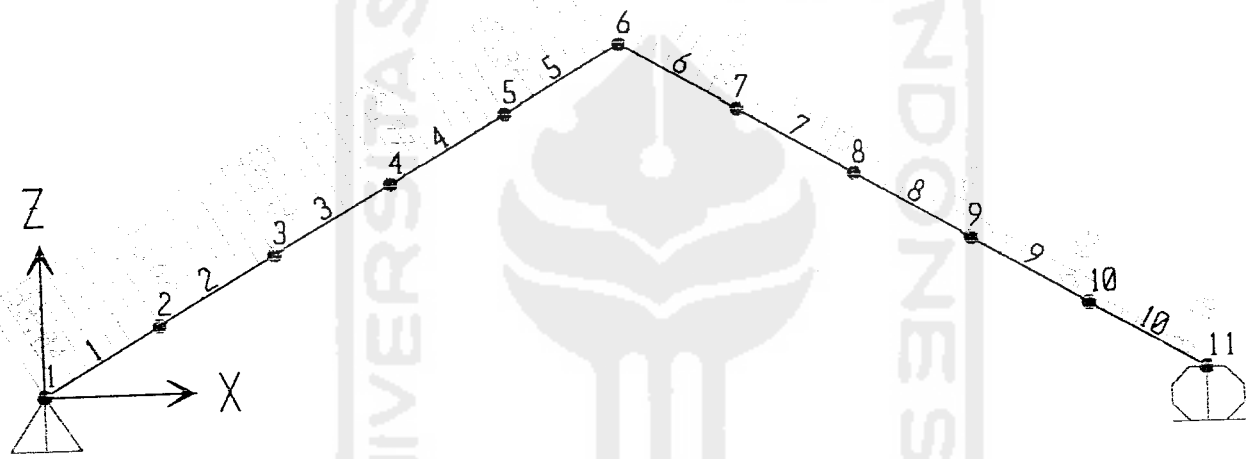
**POTONGAN C-C**

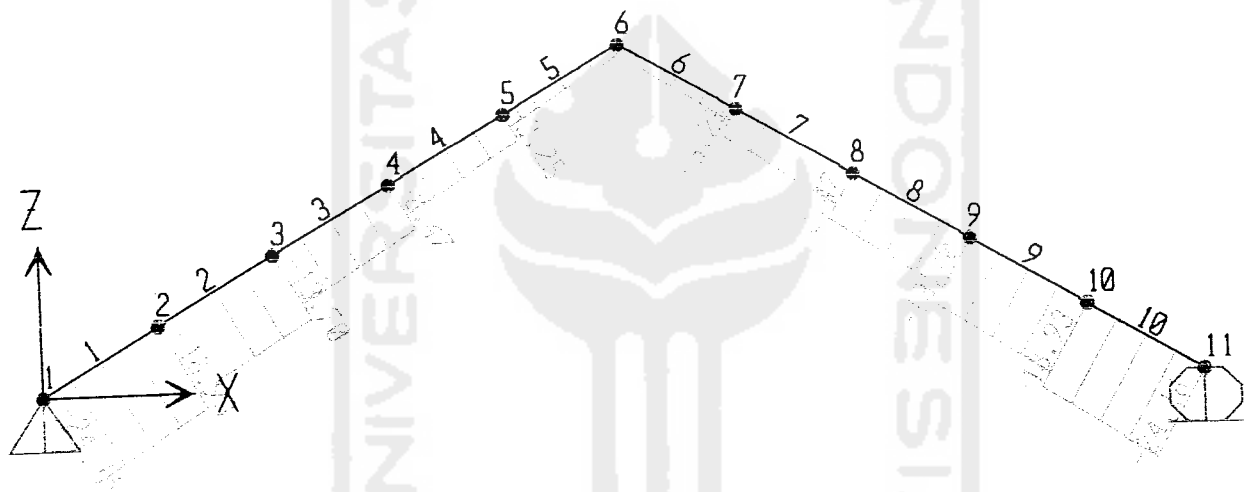
# LAMPIRAN III



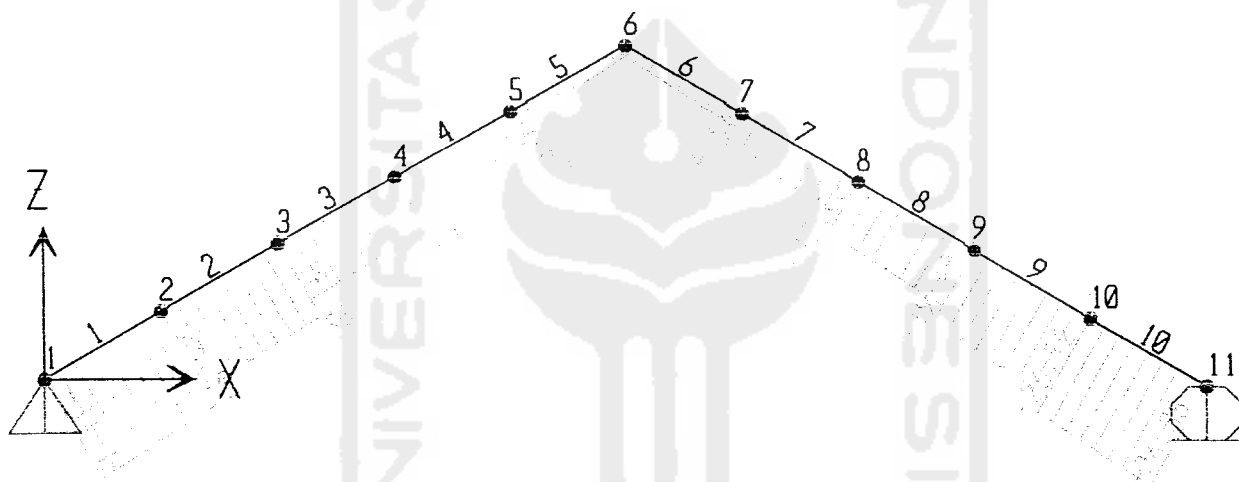


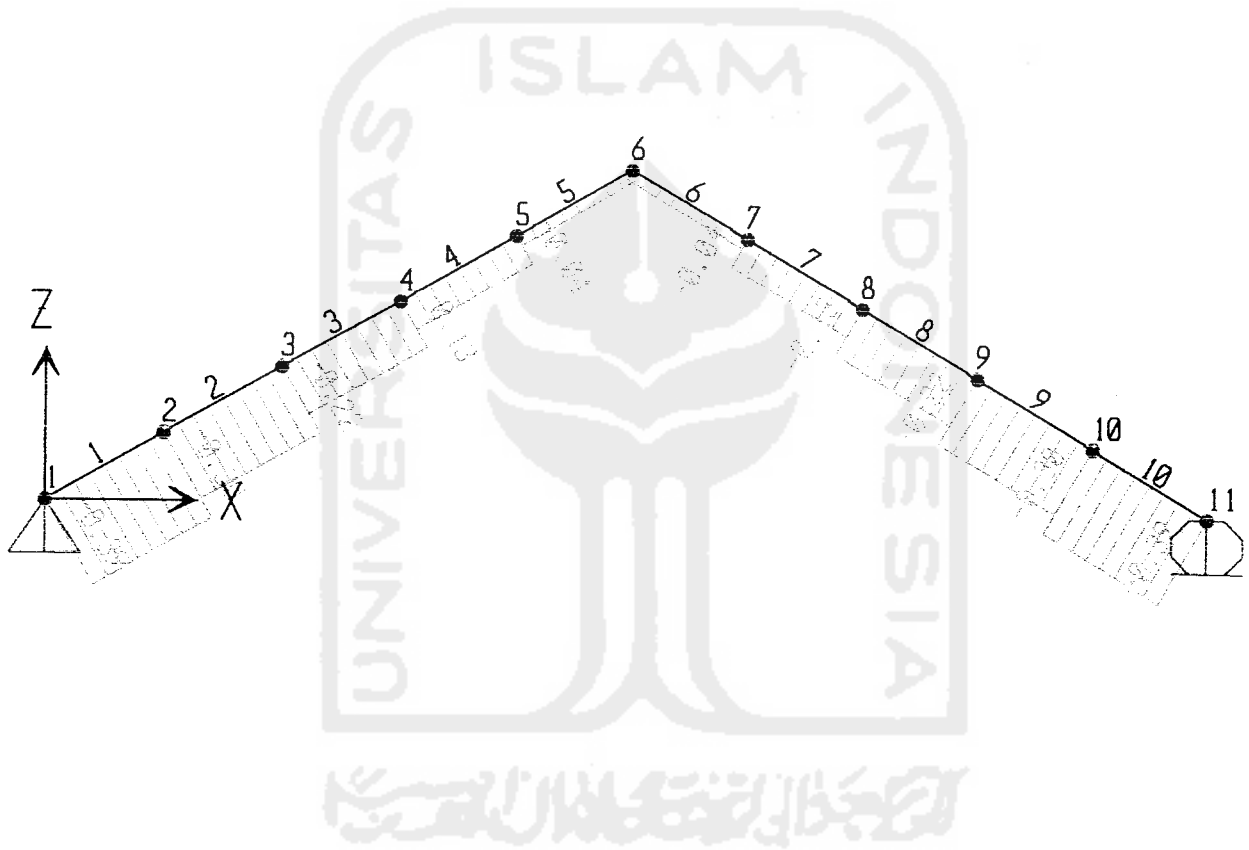


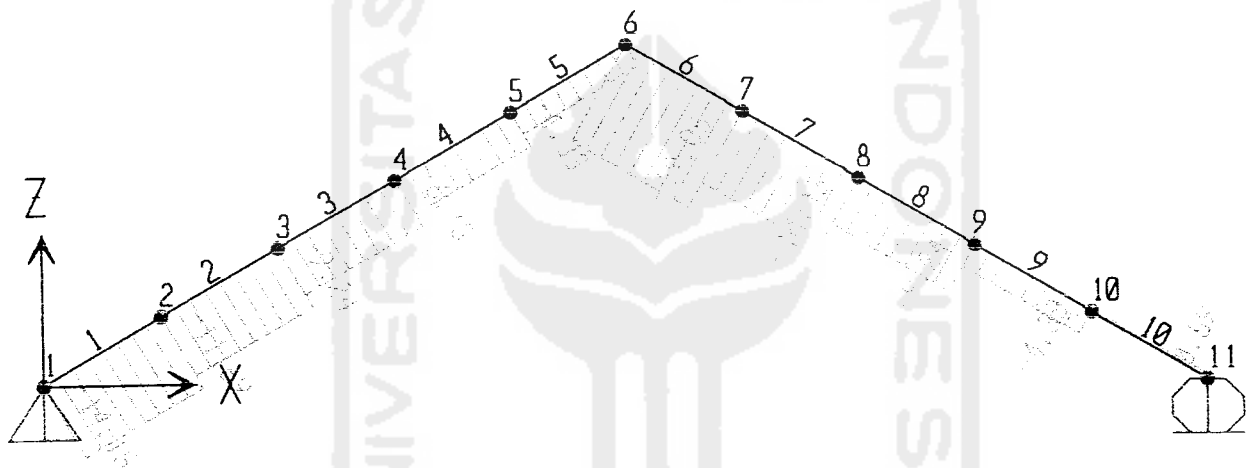


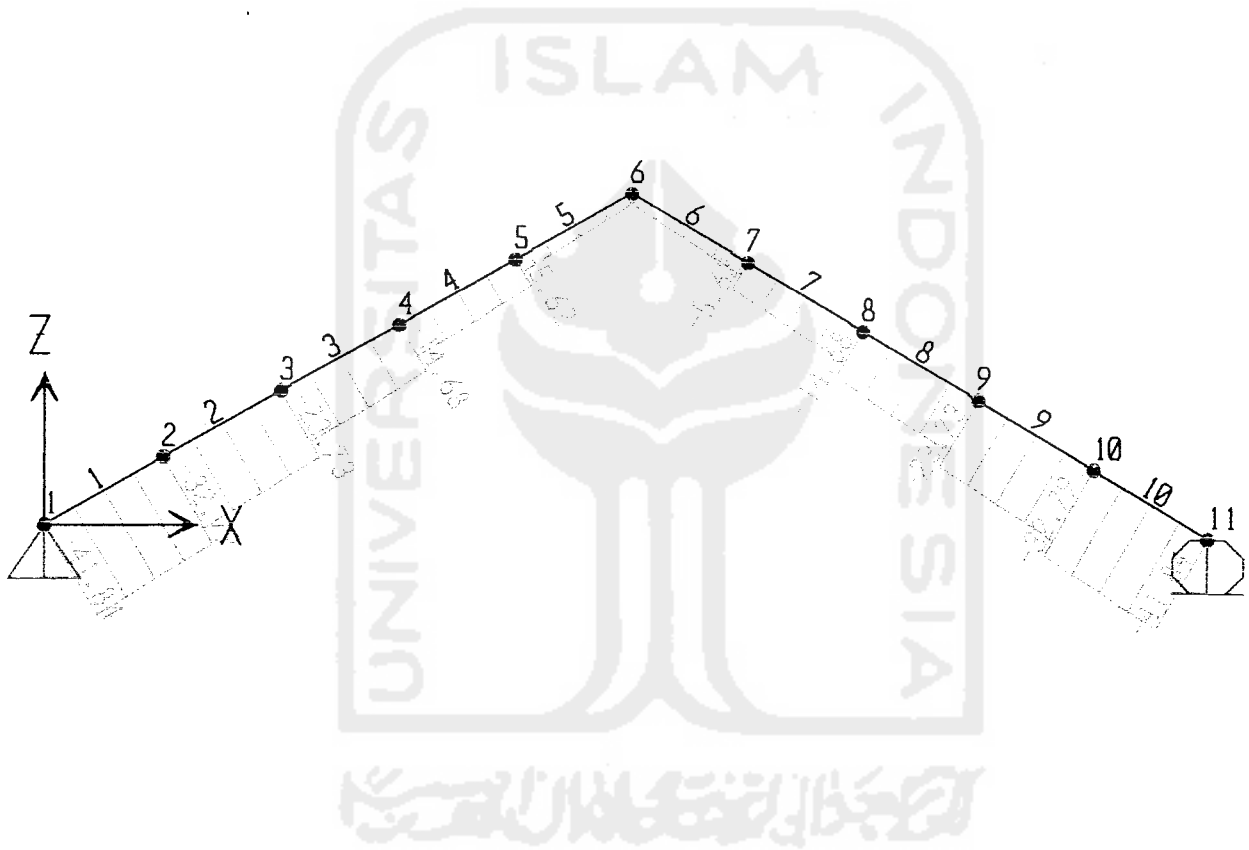


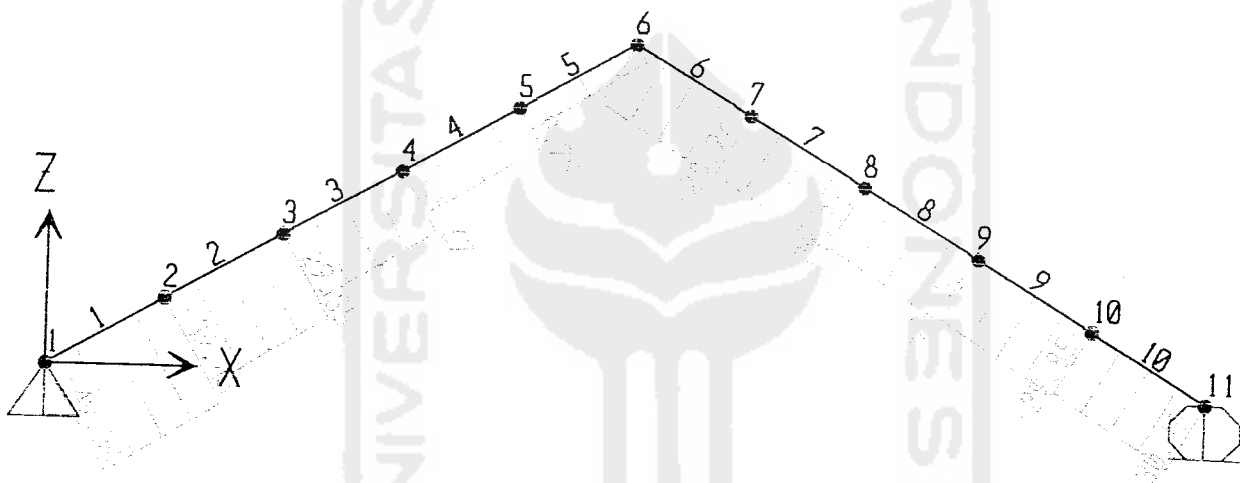


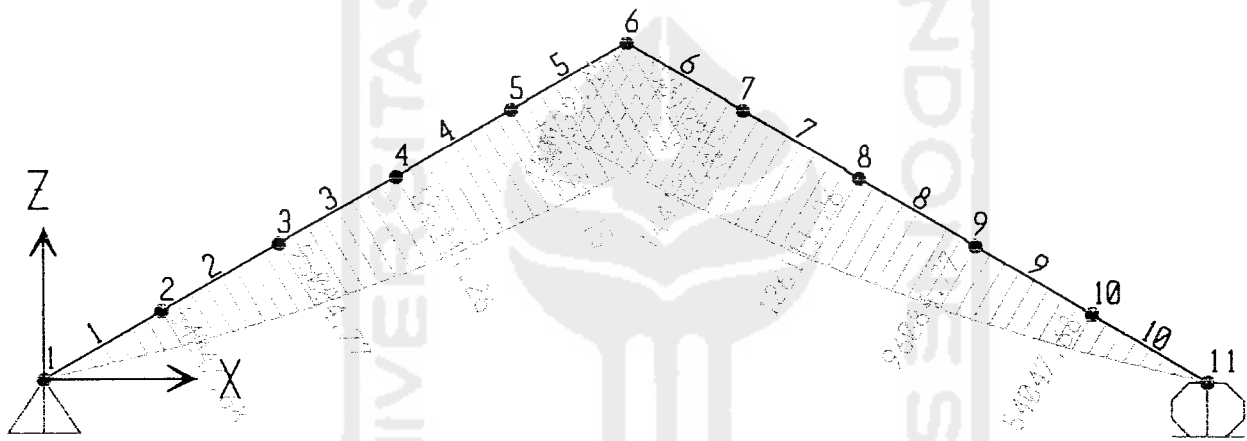


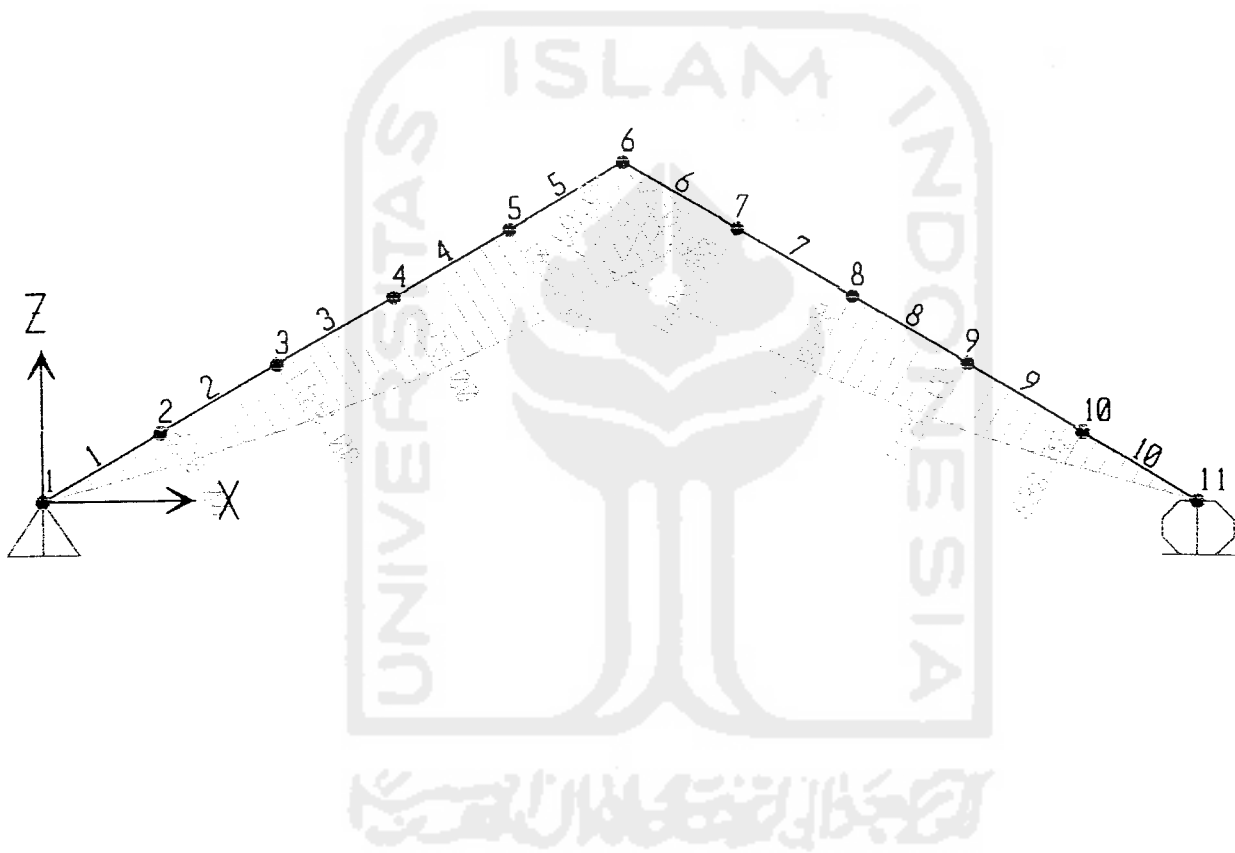


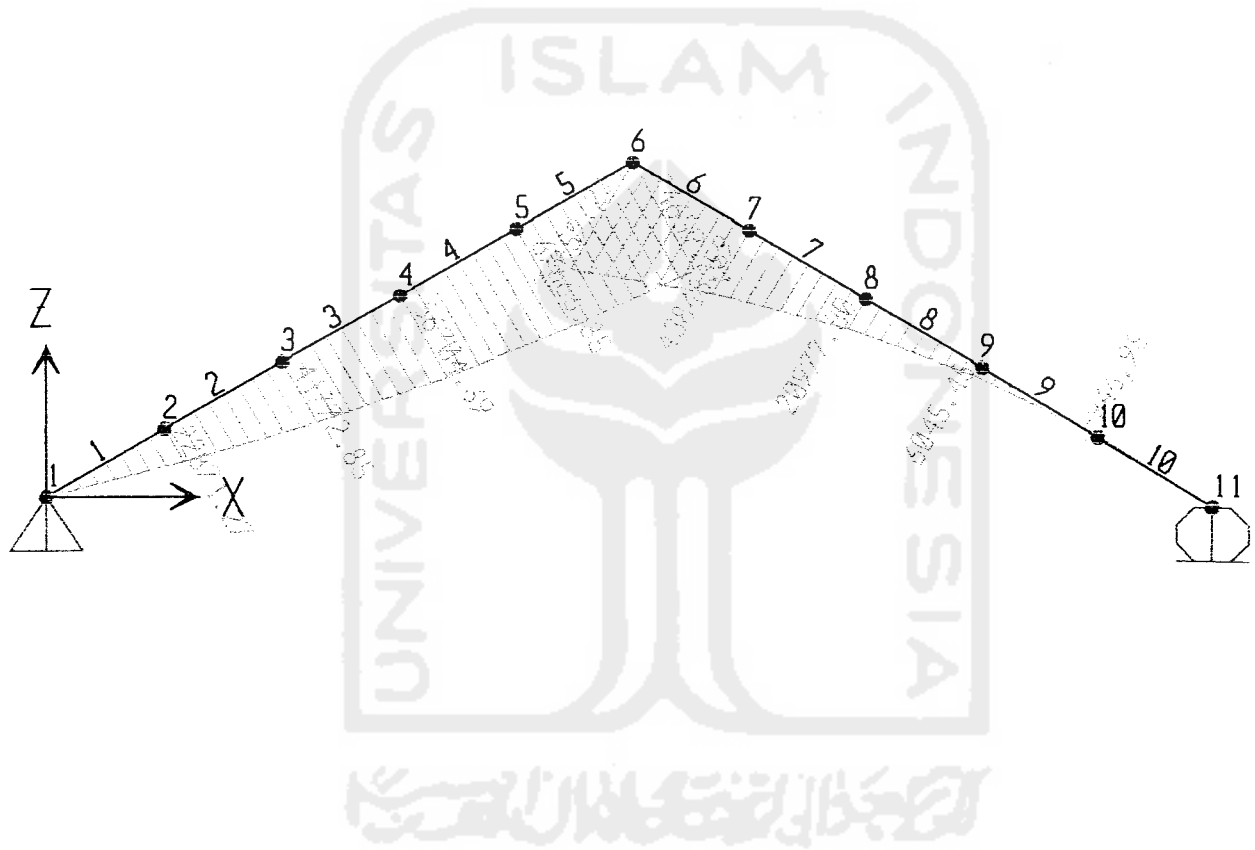






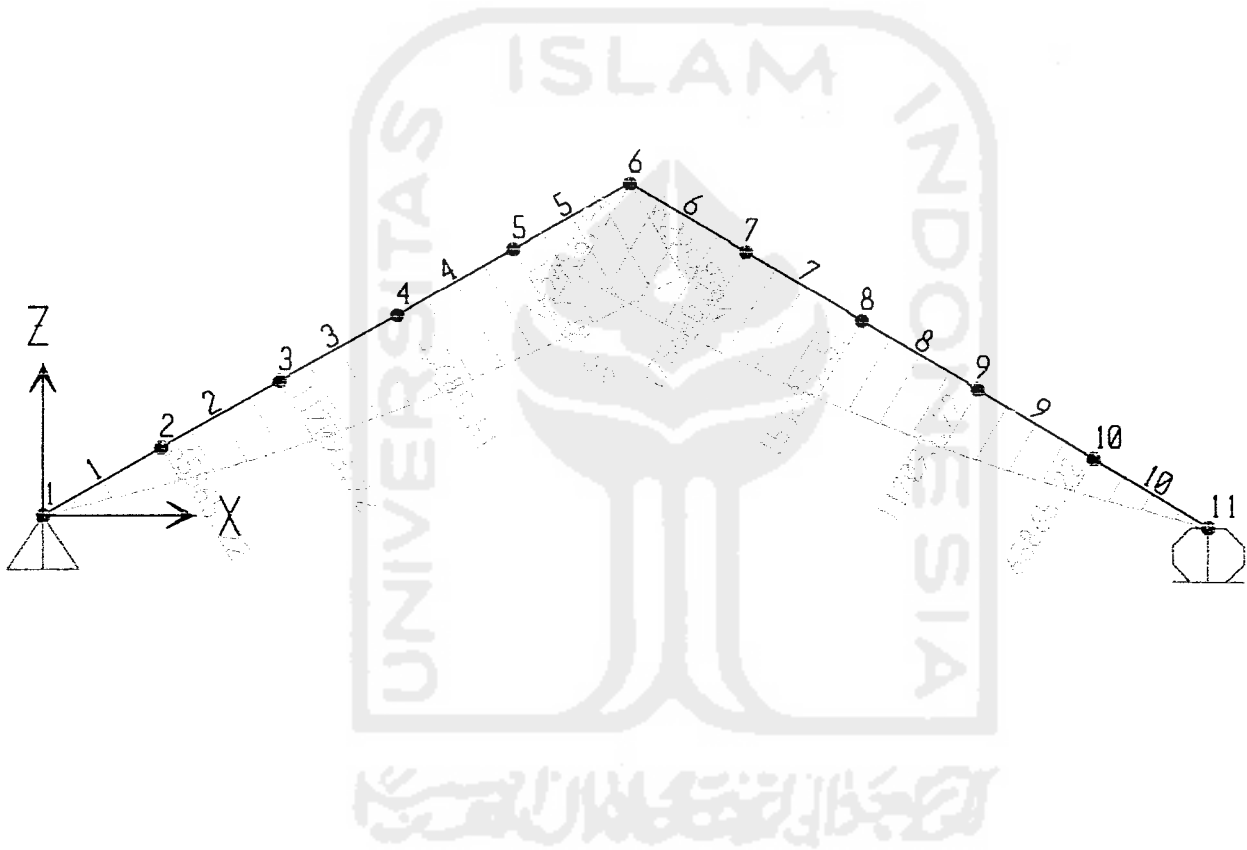


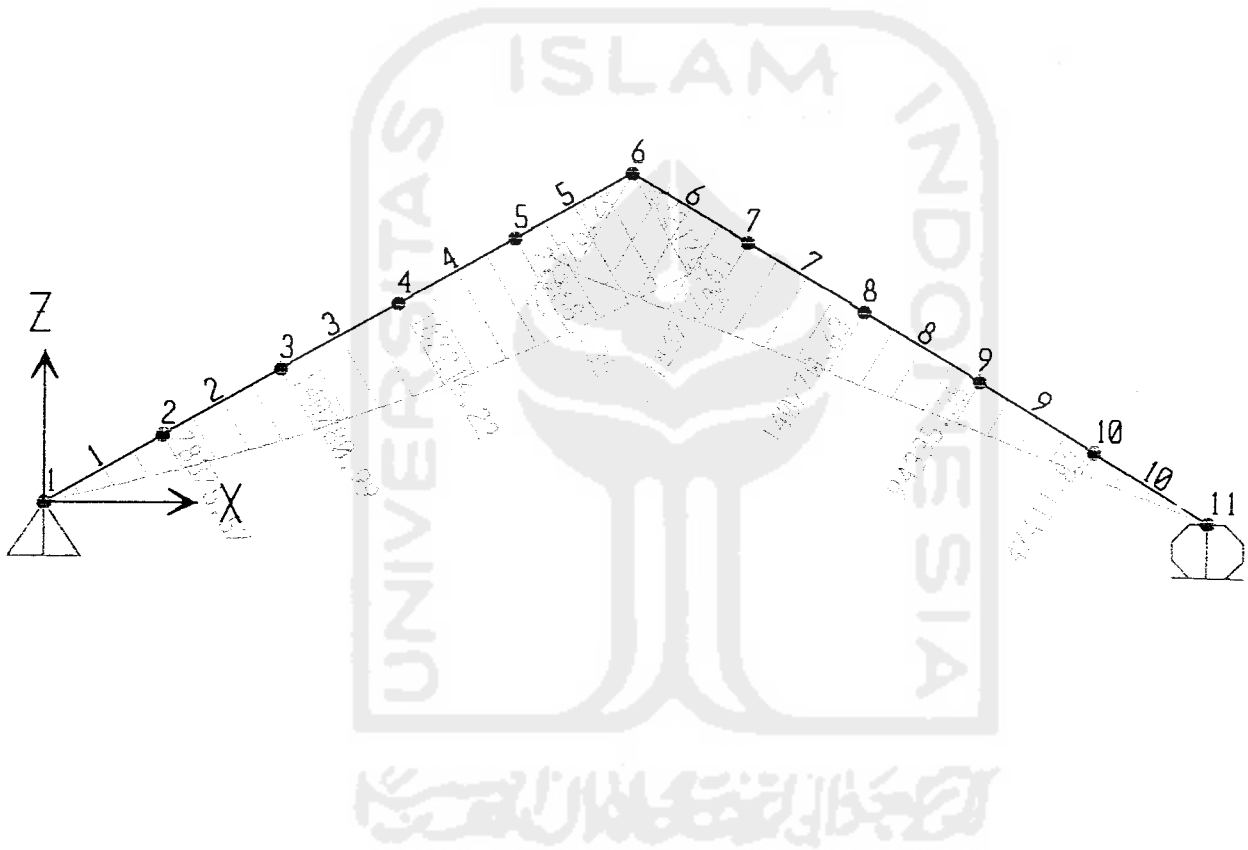


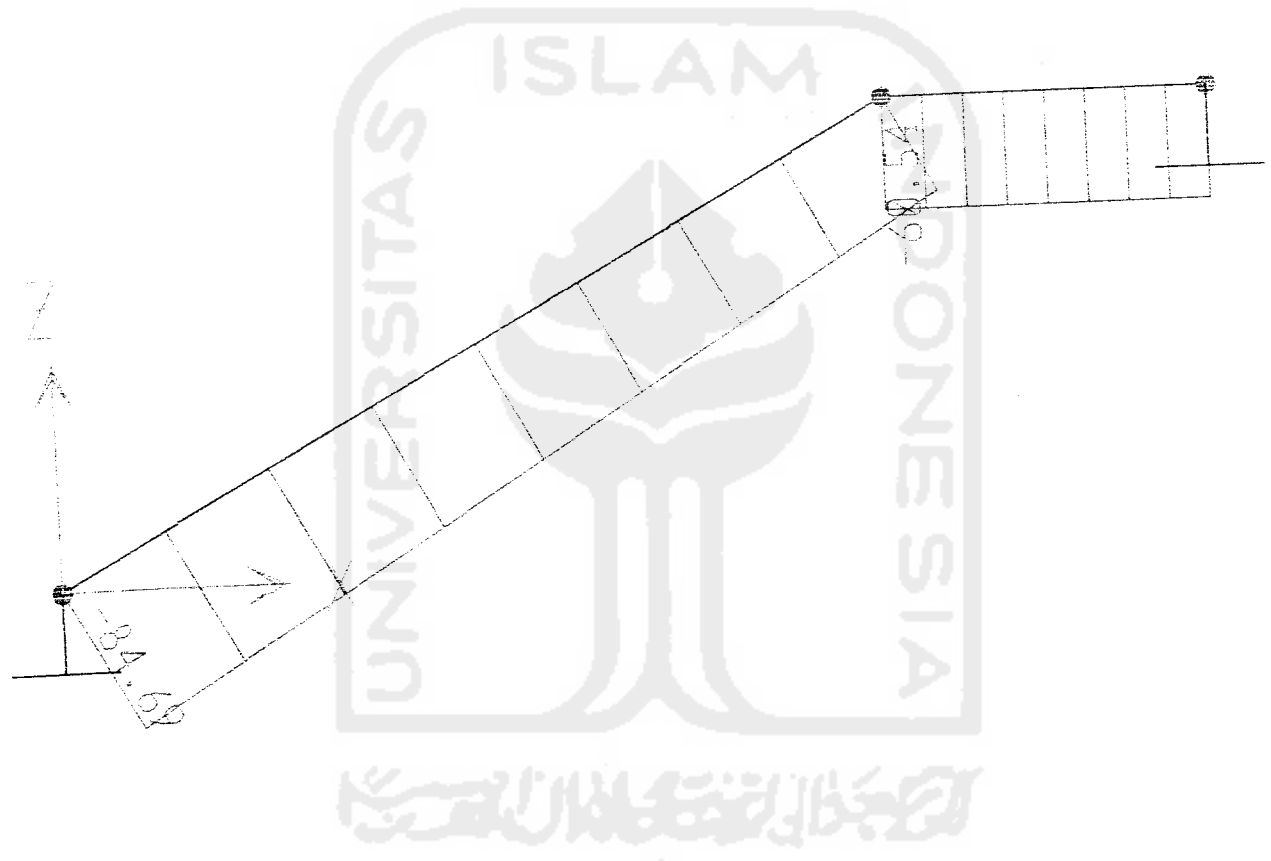


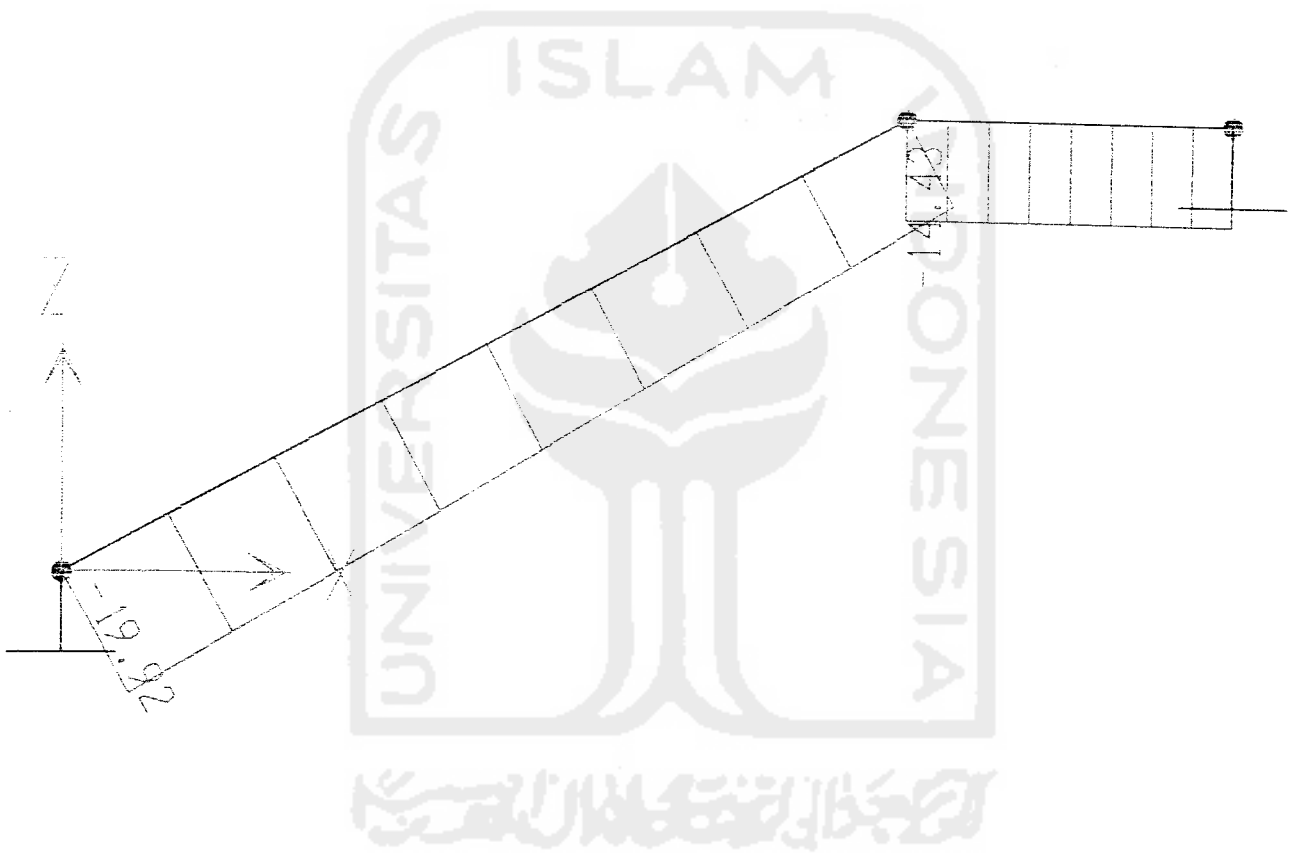
SAP2000 v7.42 - File:rafter - Moment 3-3 Diagram (W) - KN-mm Units

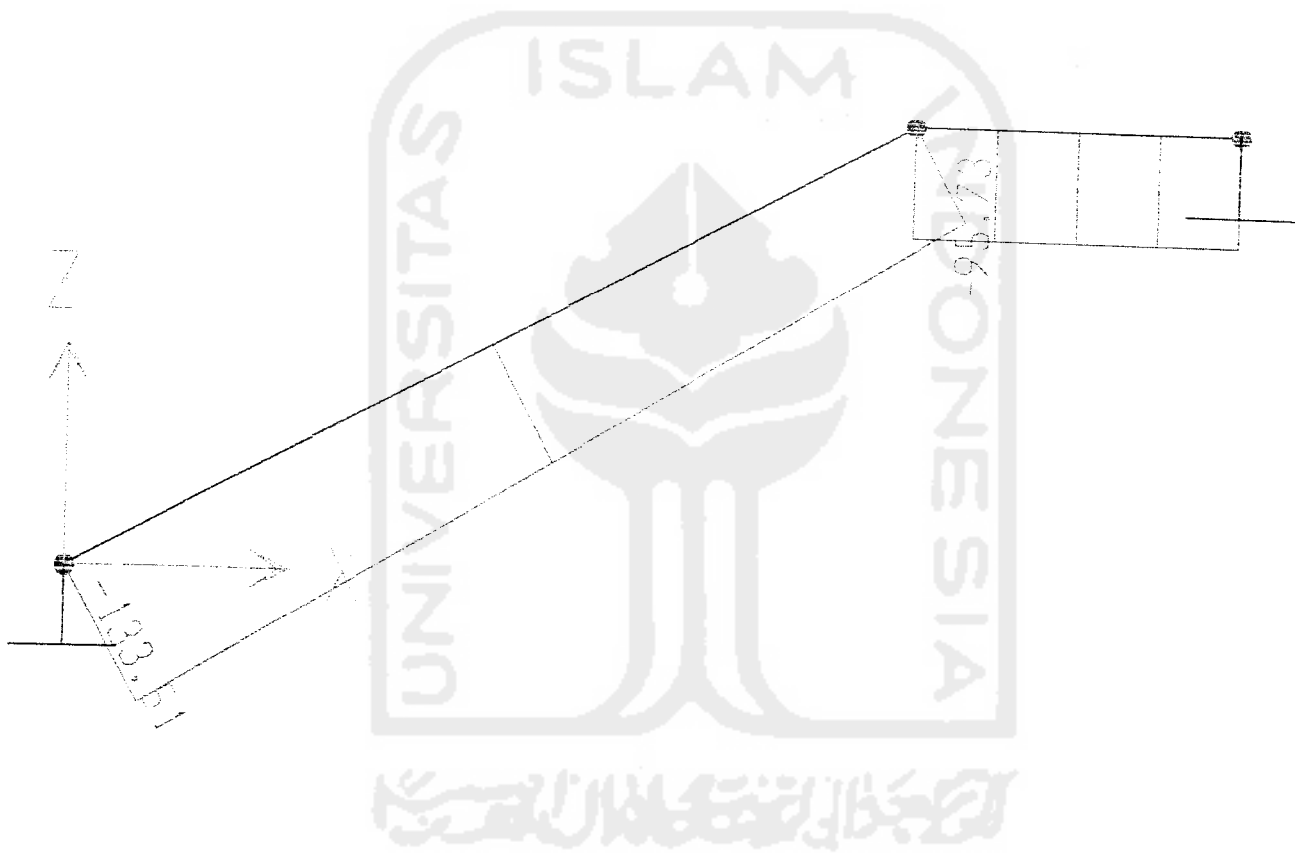


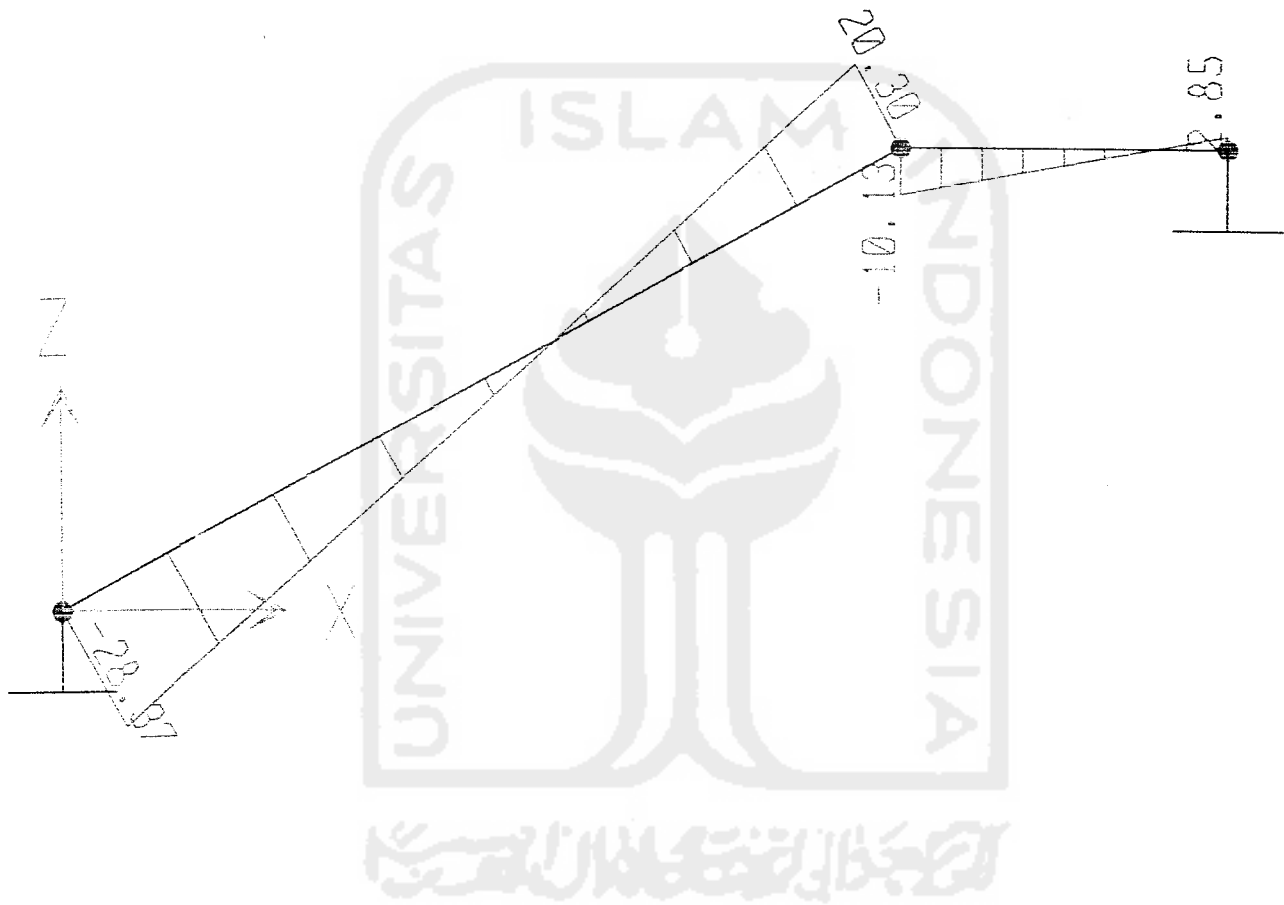


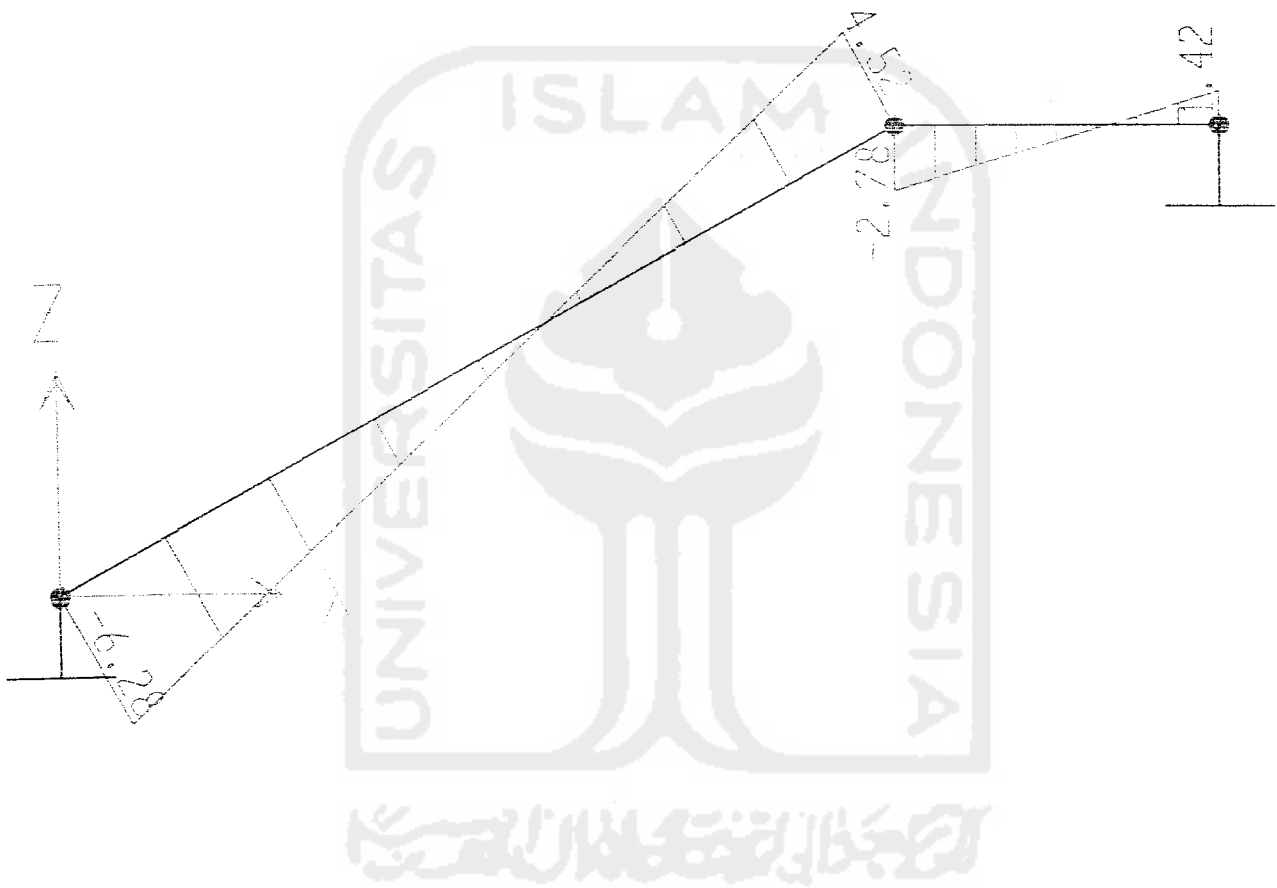


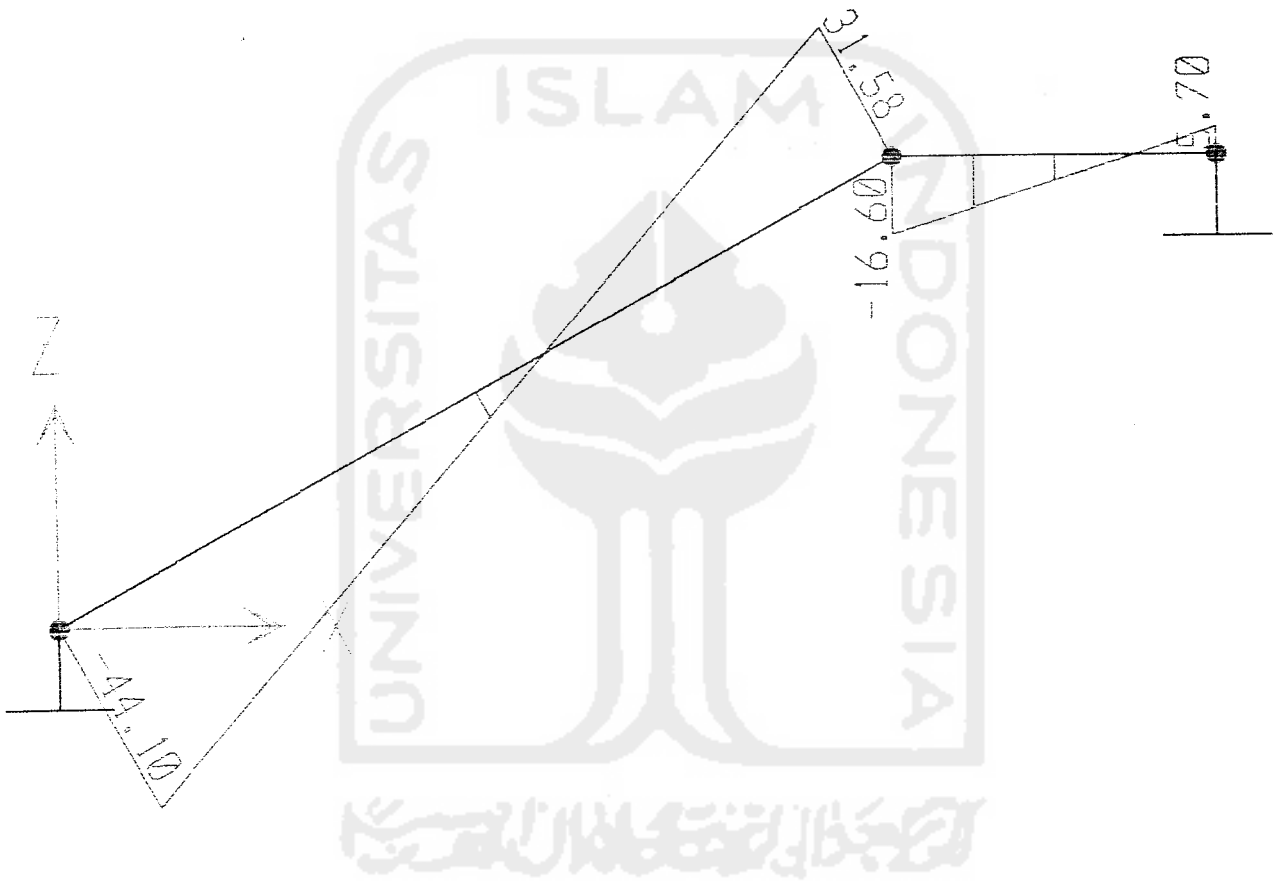




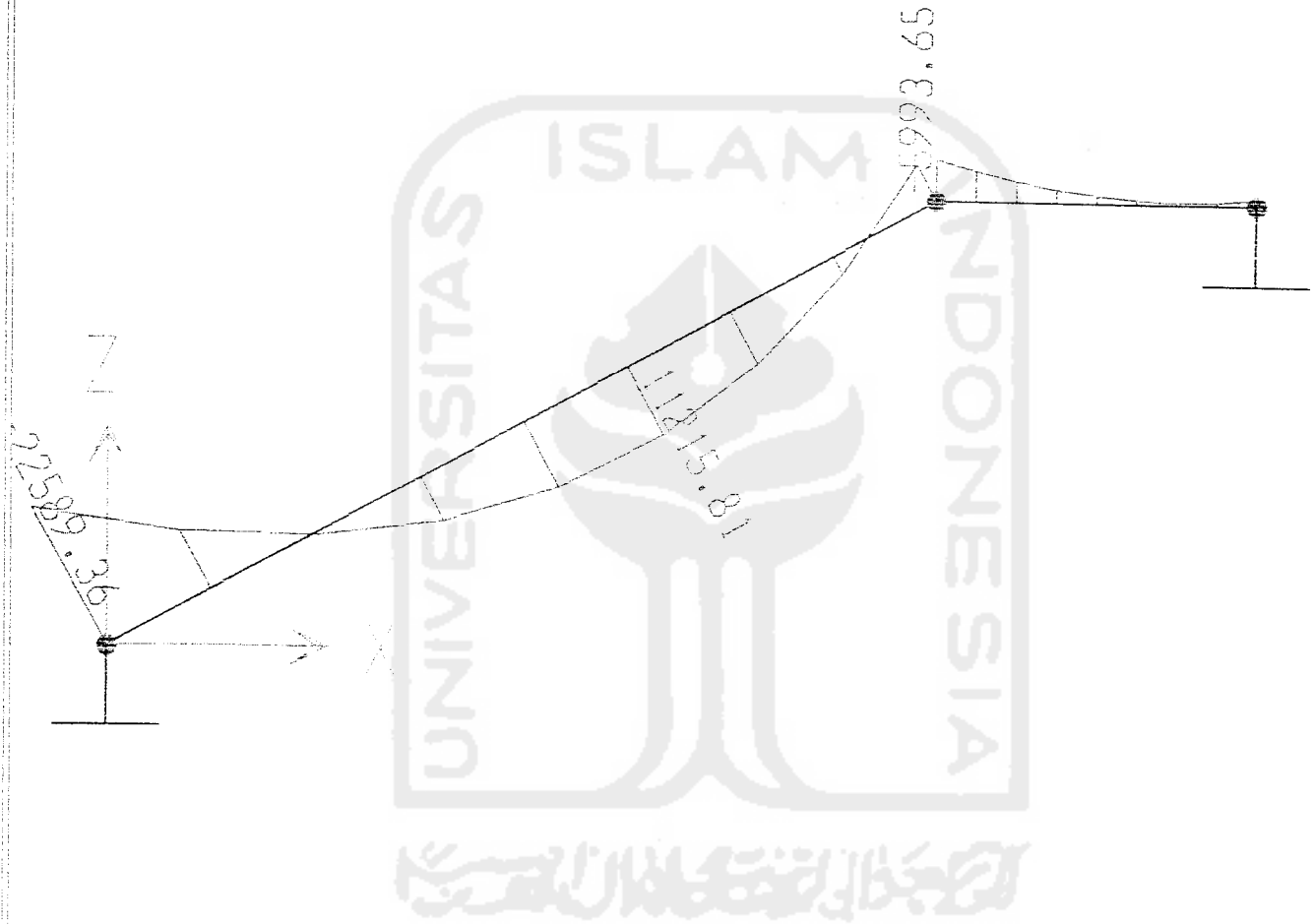


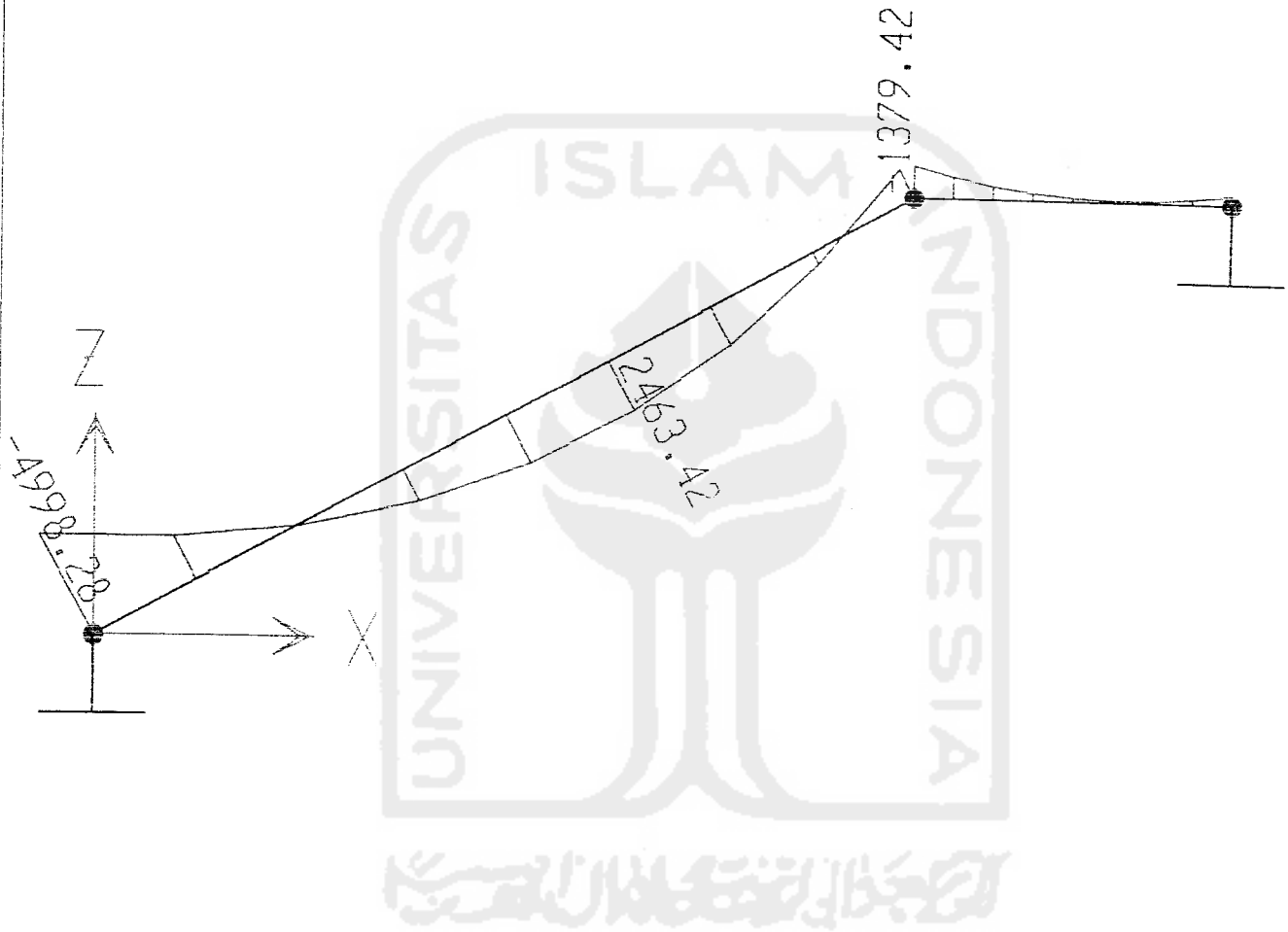


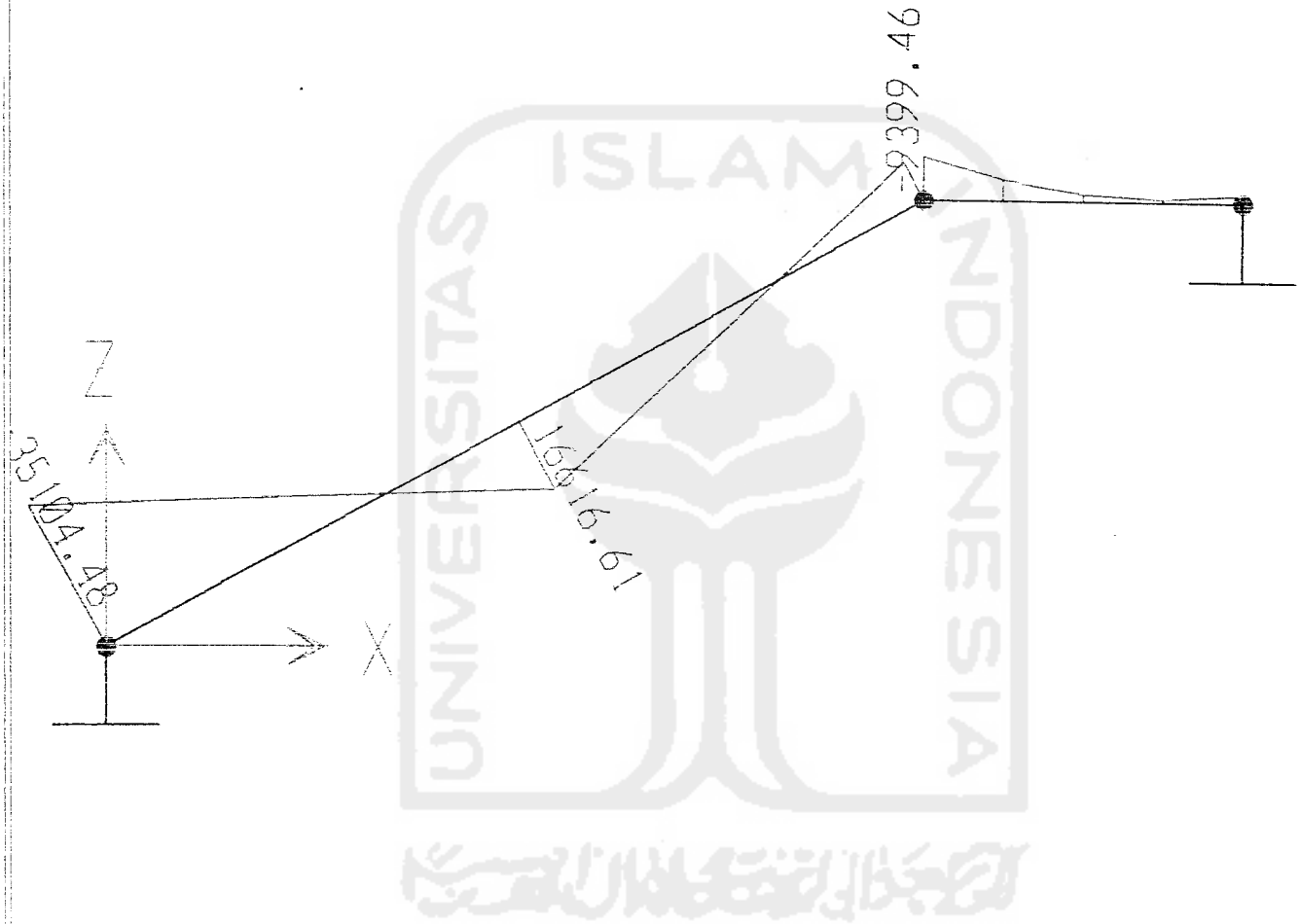


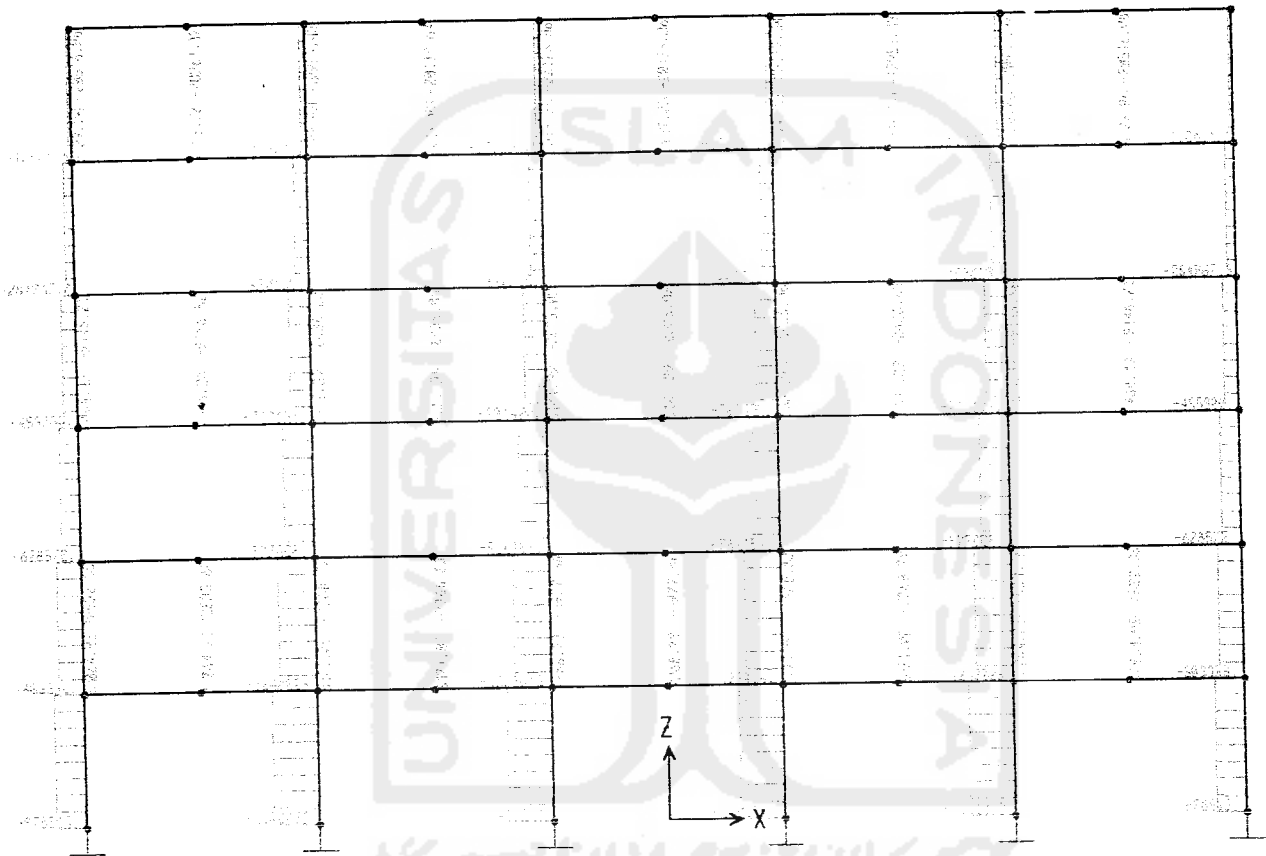






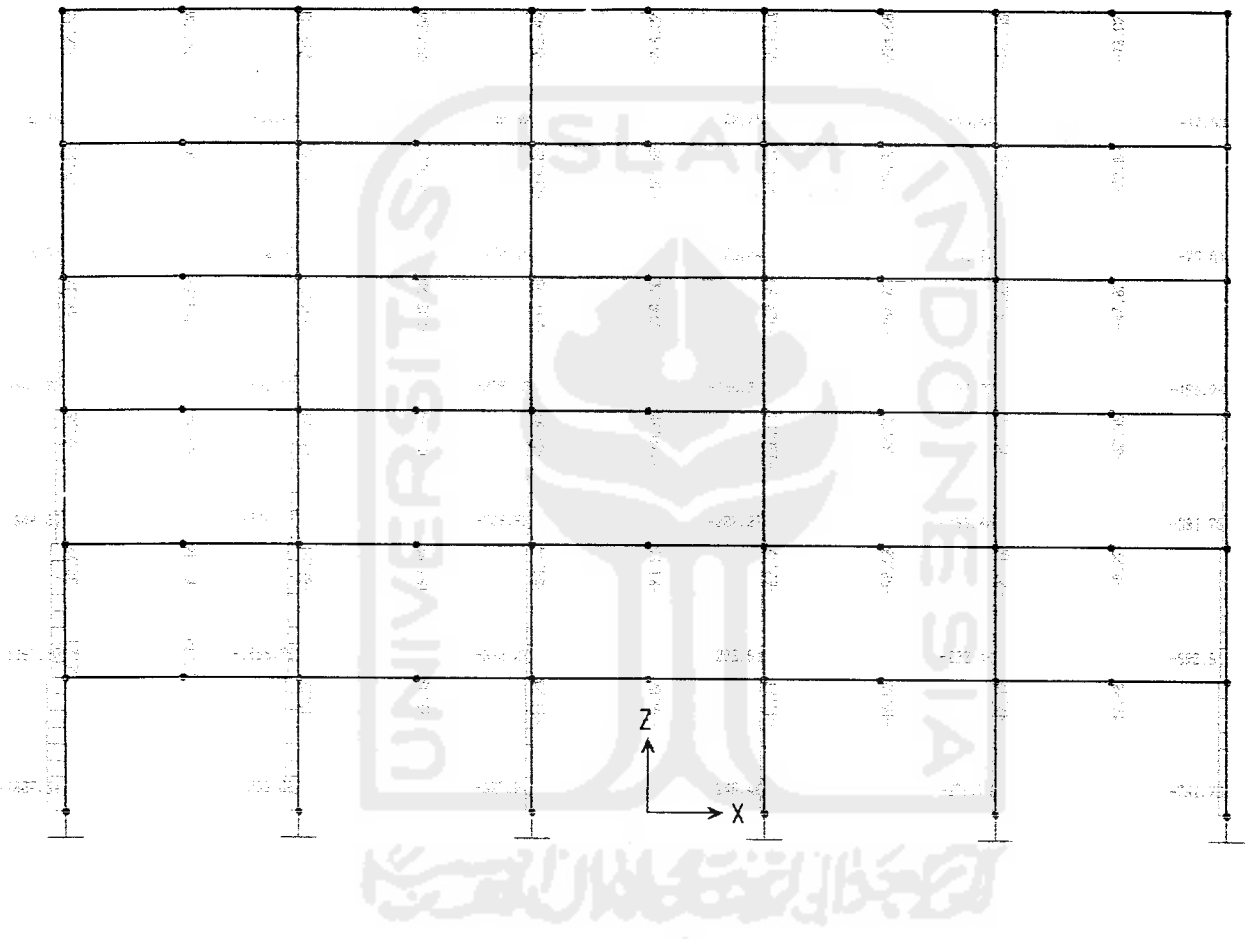


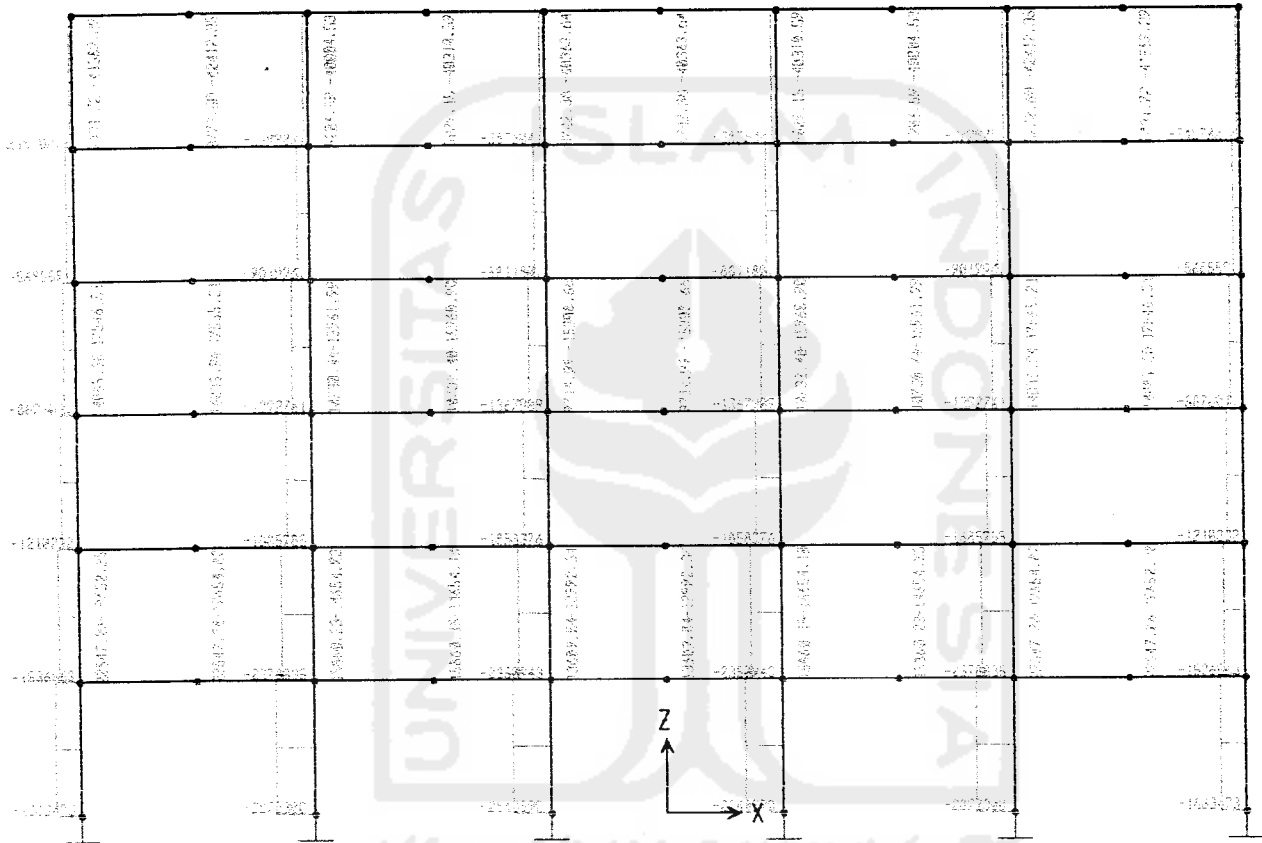


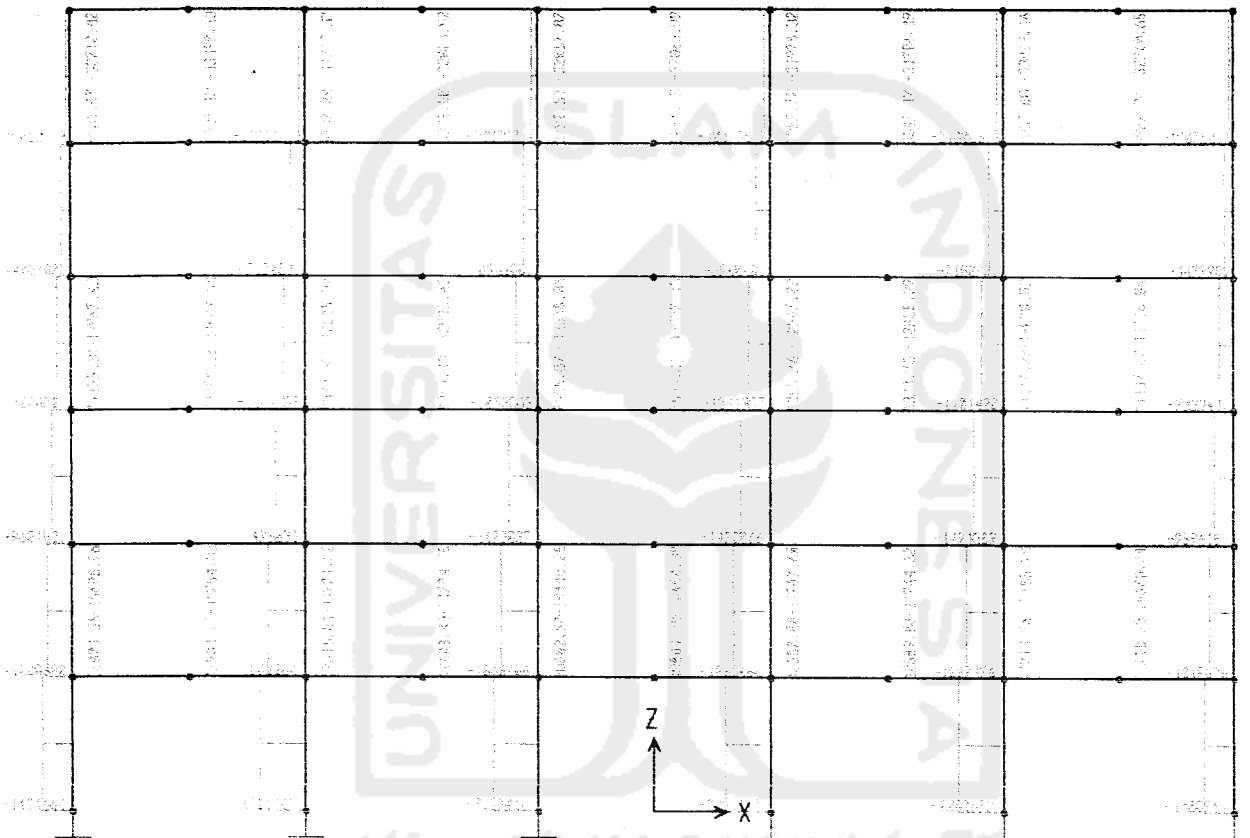




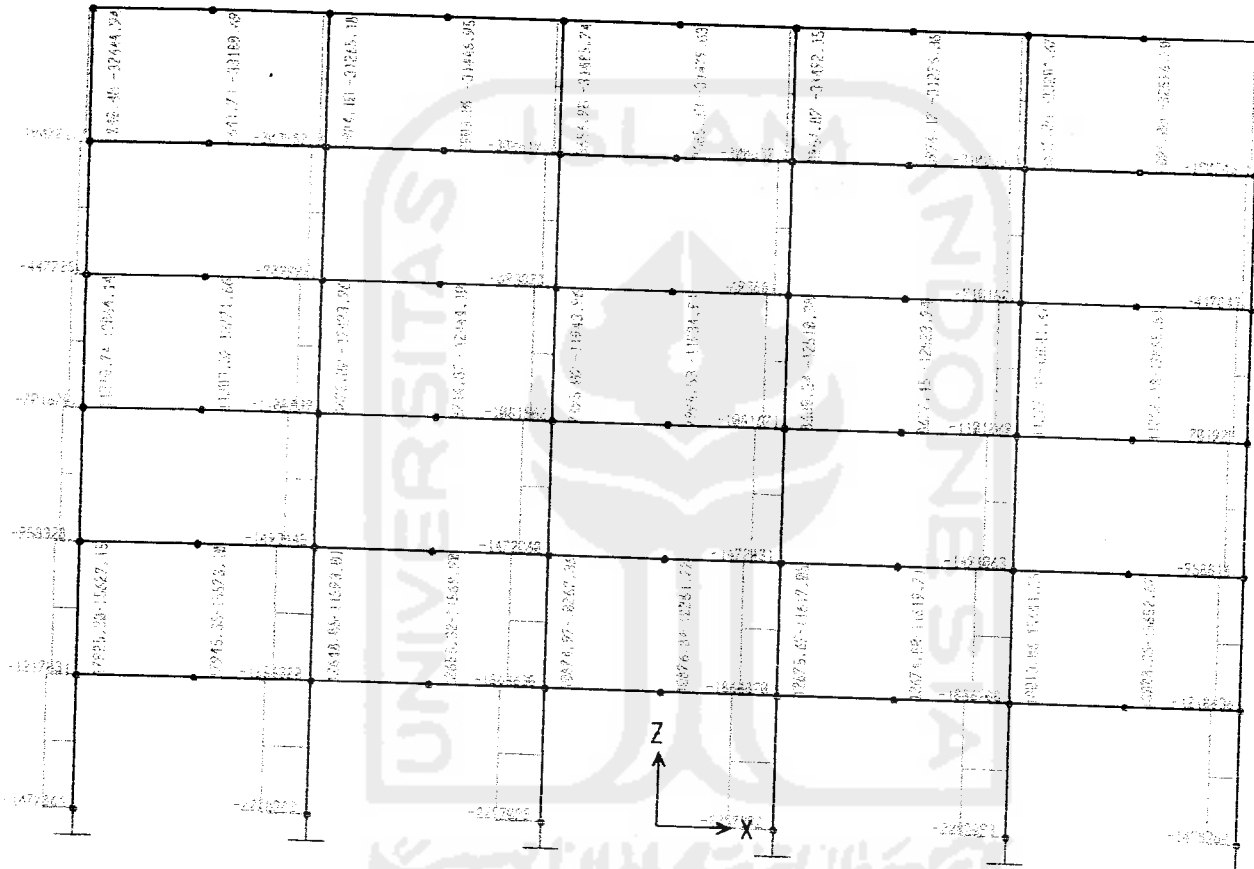
SAP2000 v7.42 - File:sap - Axial Force Diagram (LL) - KN-mm Units

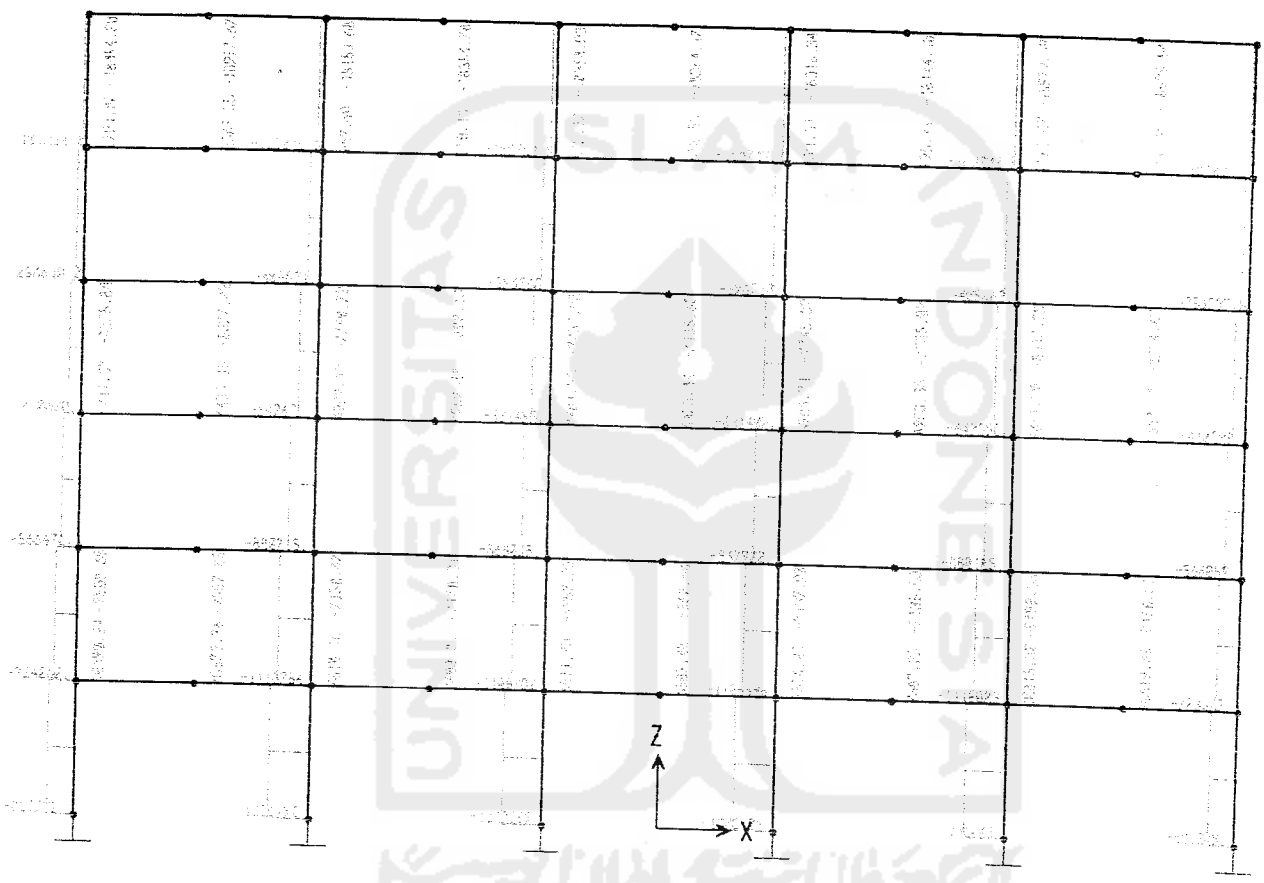


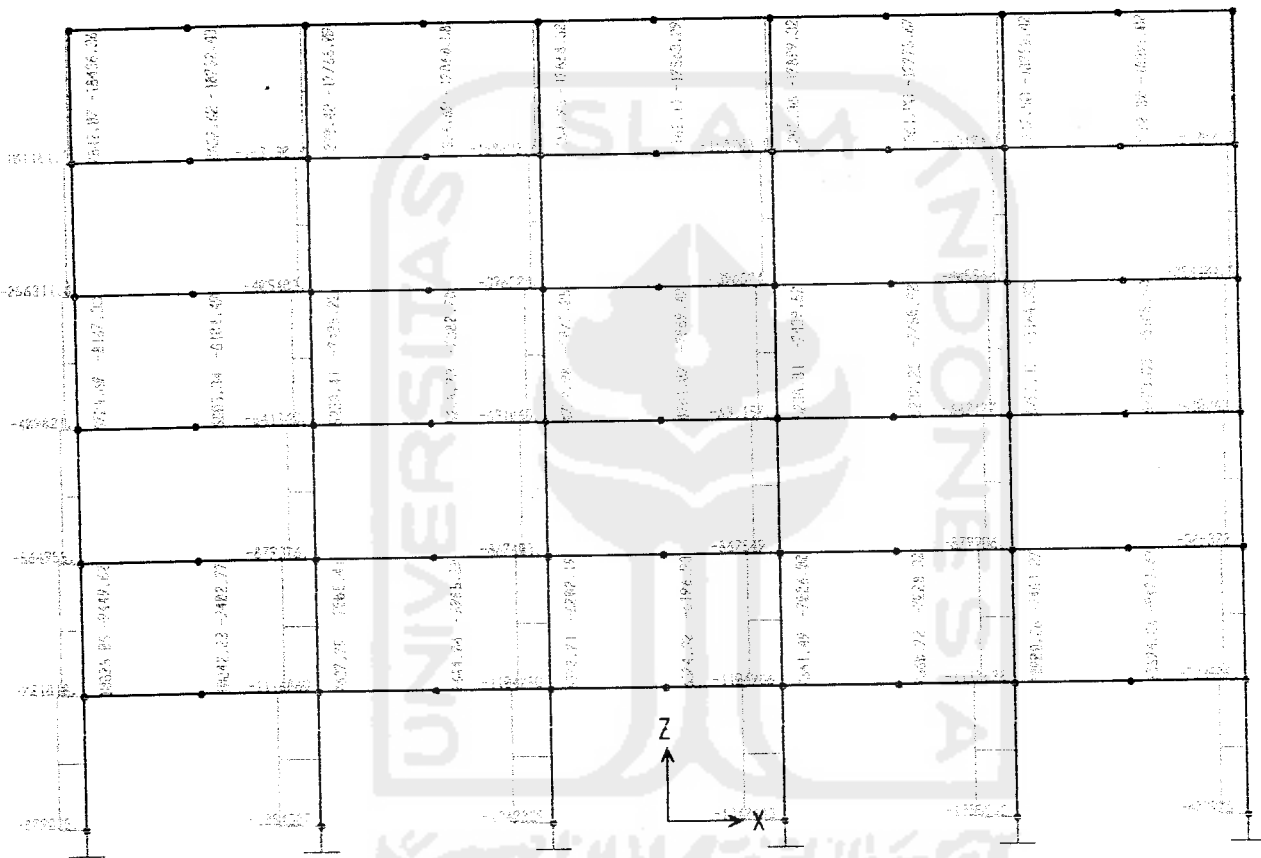


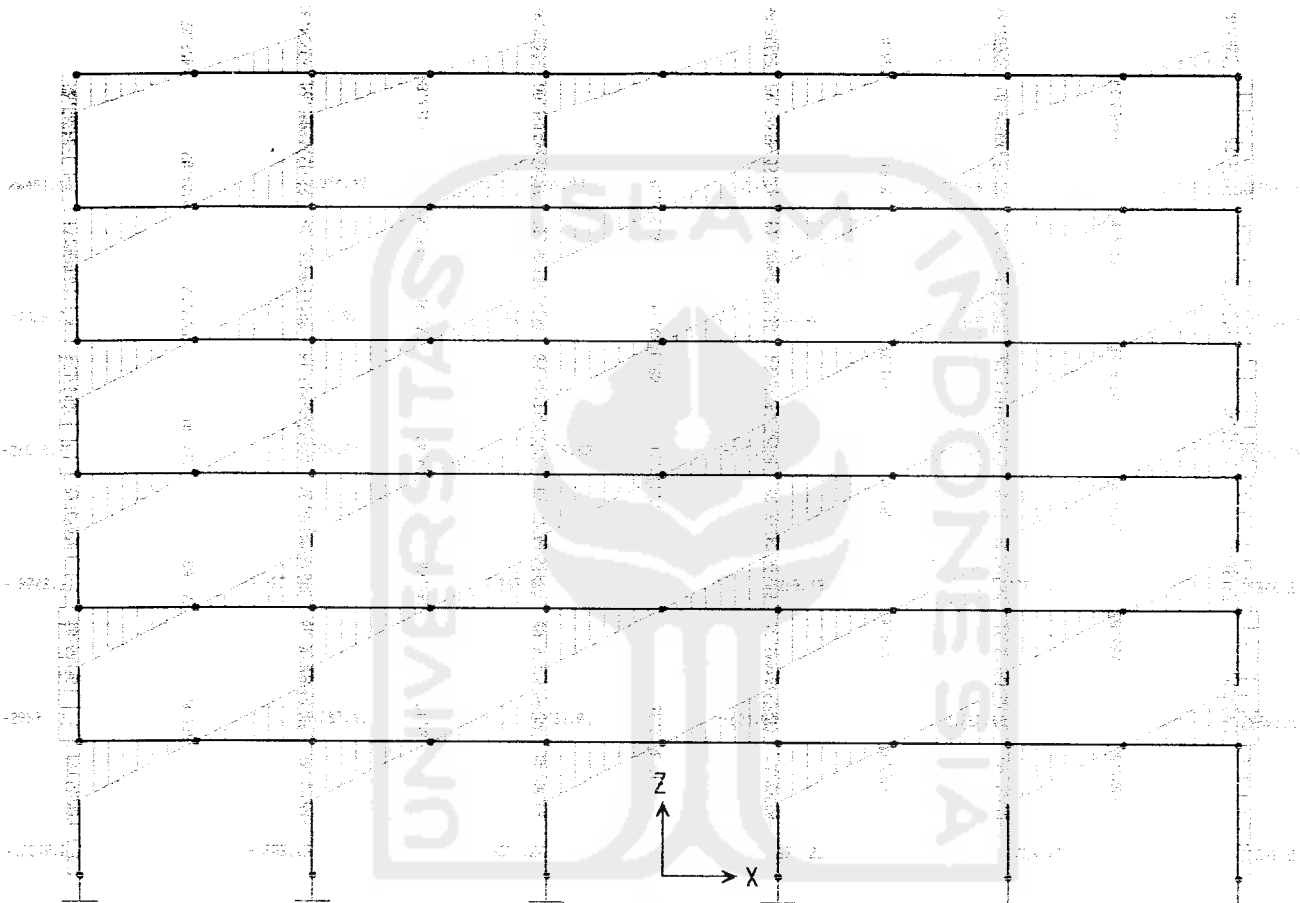


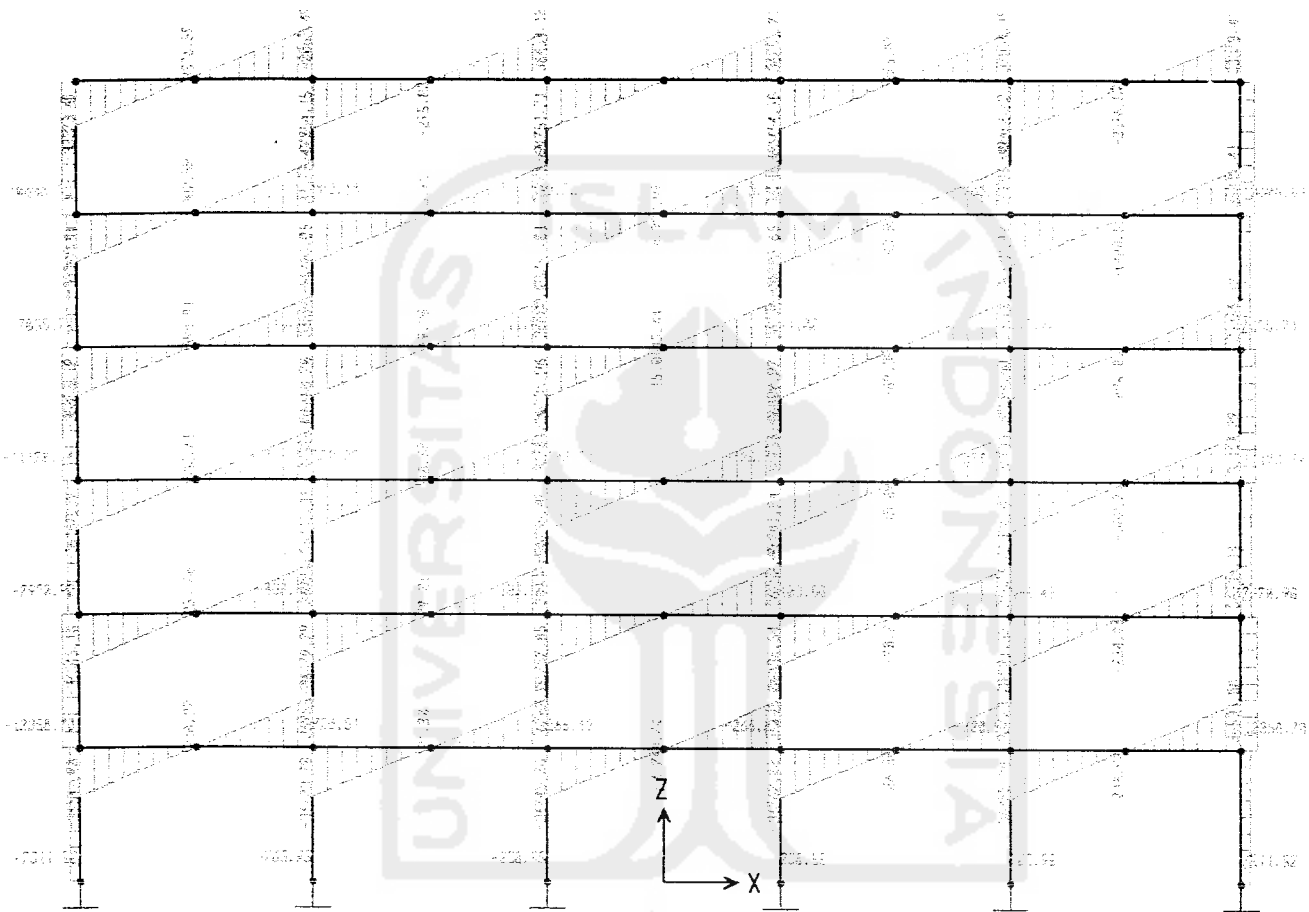


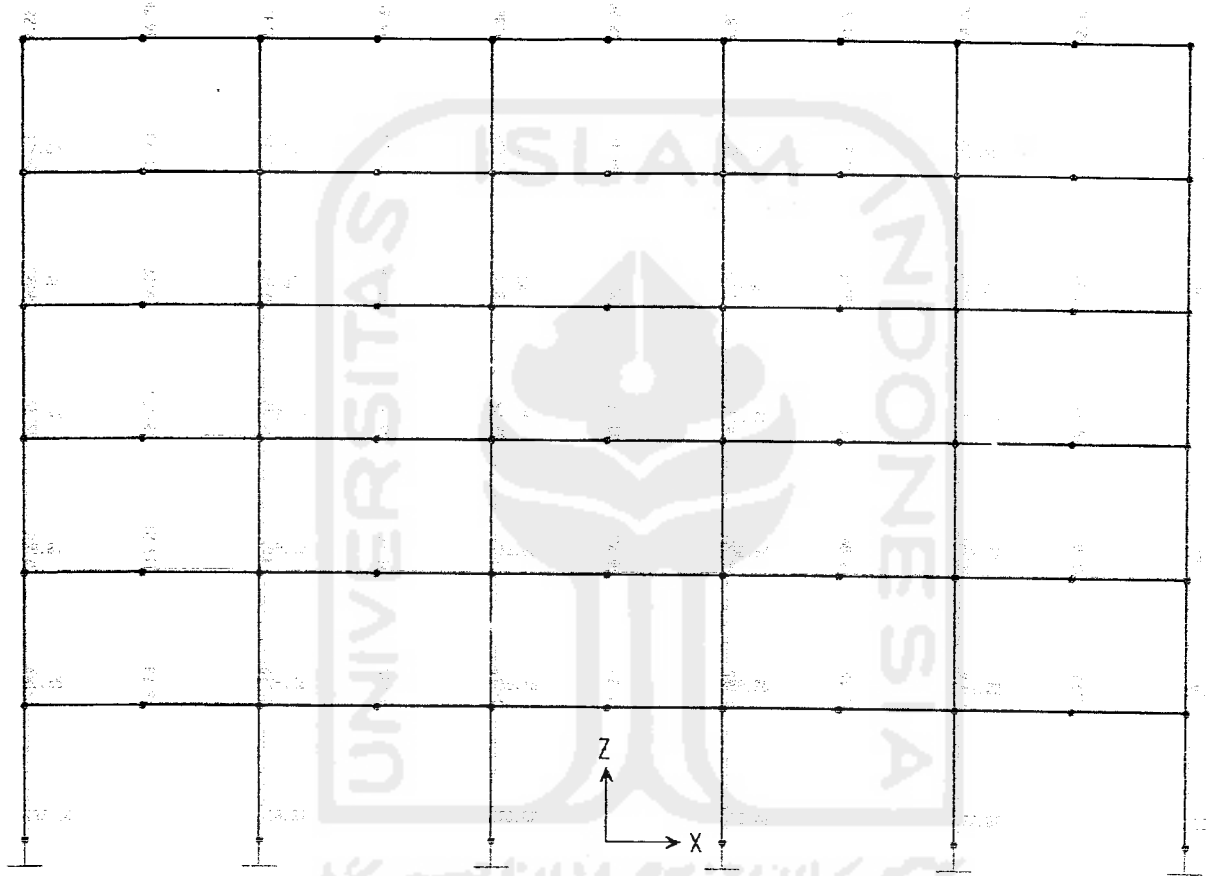


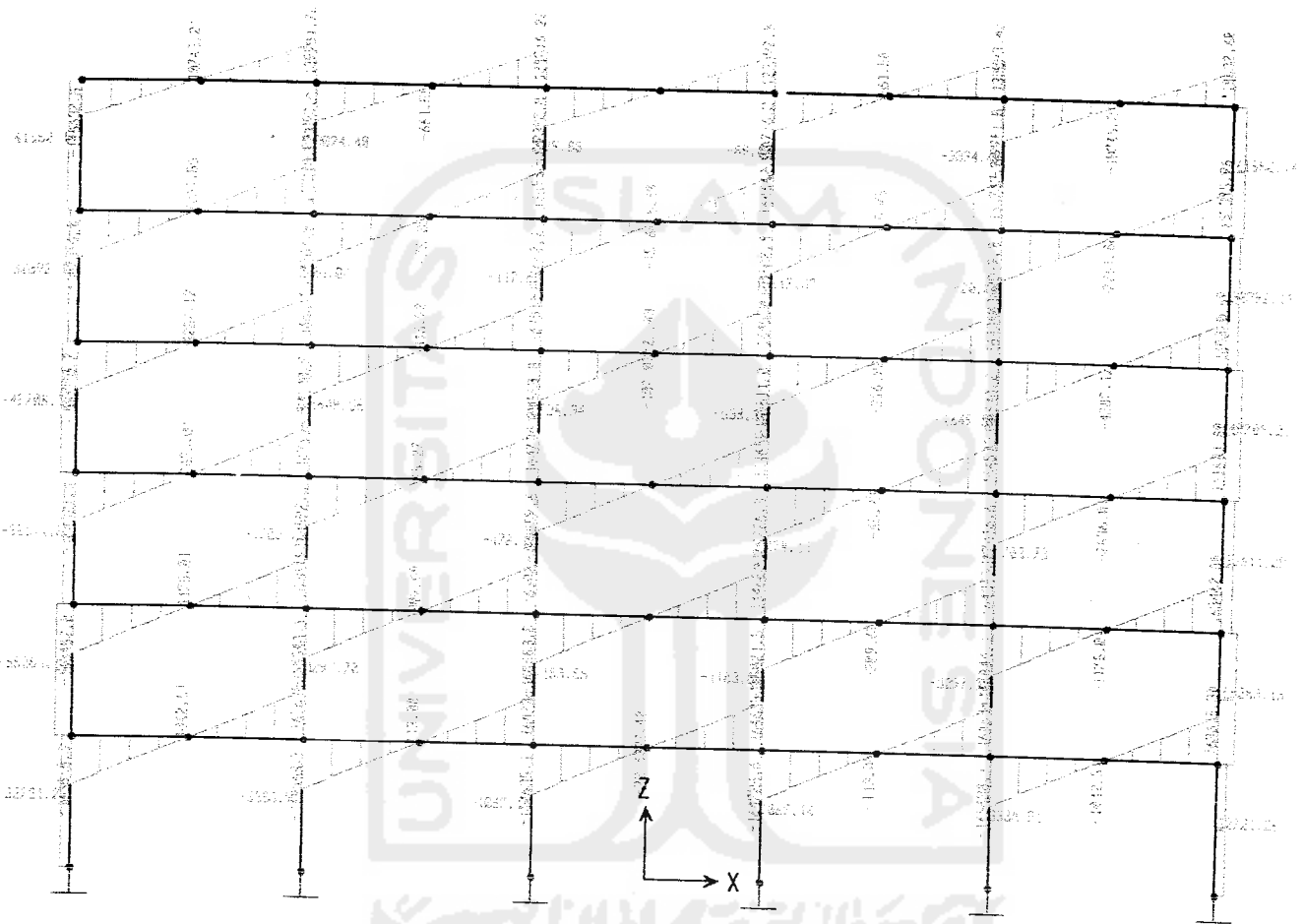




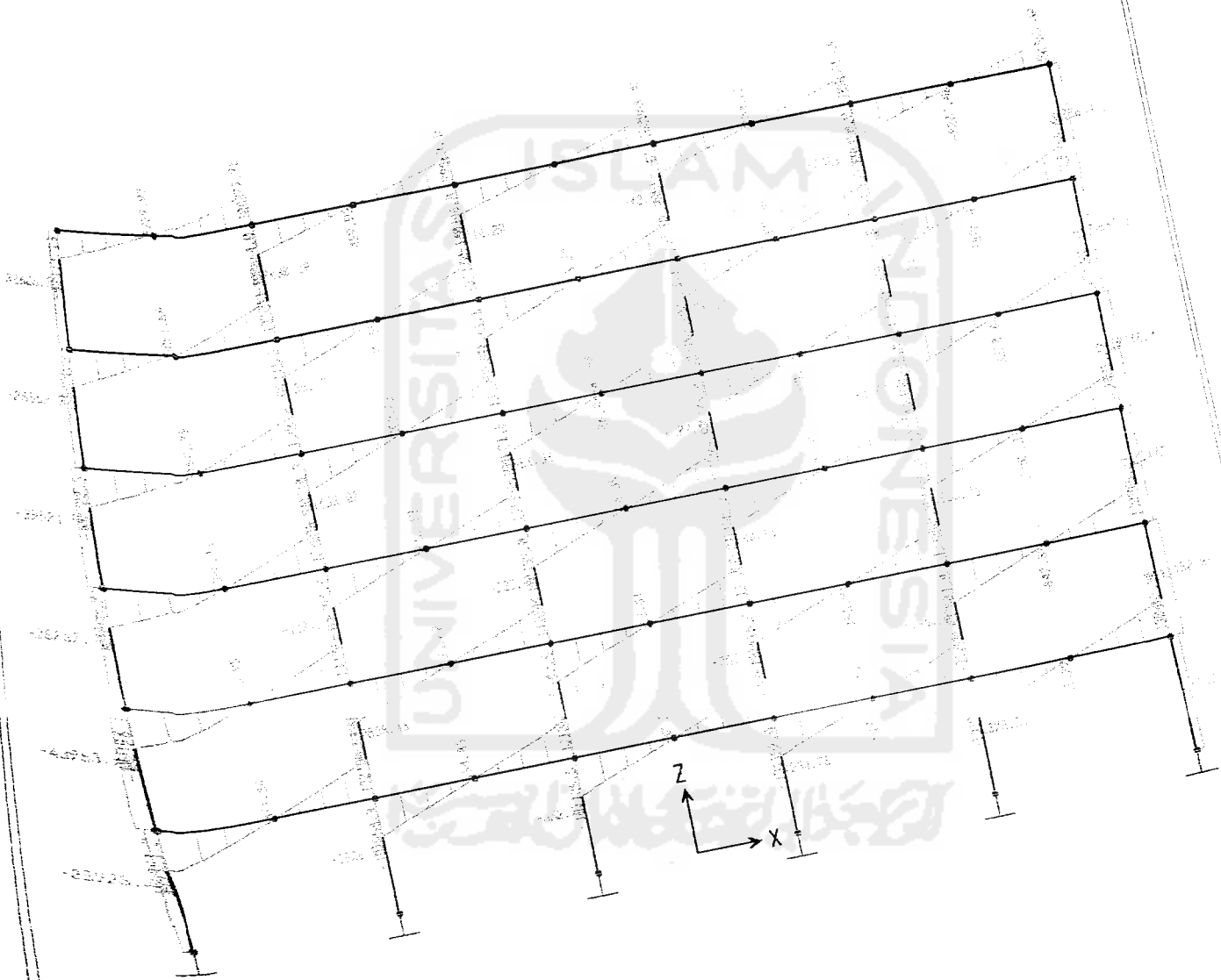




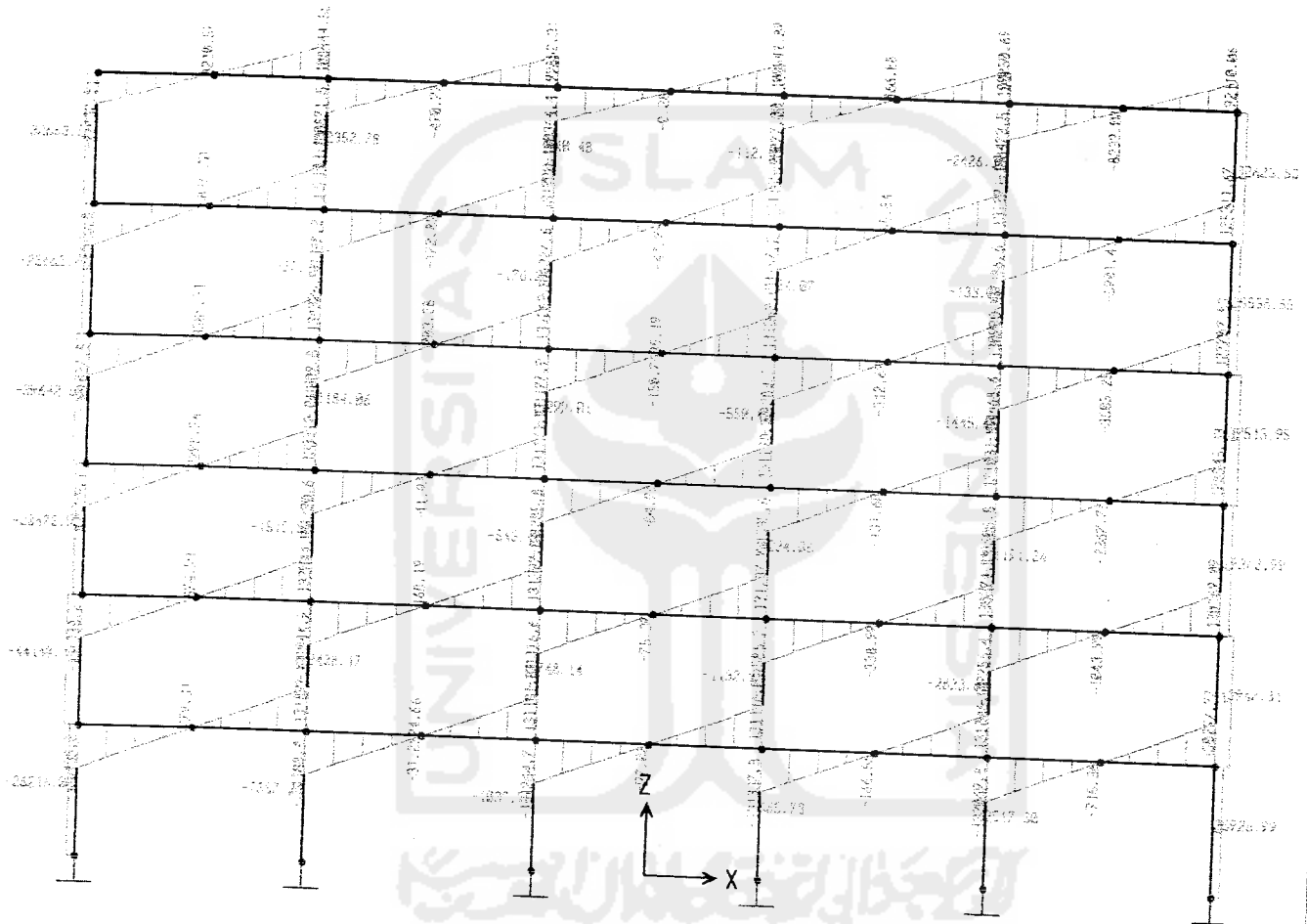


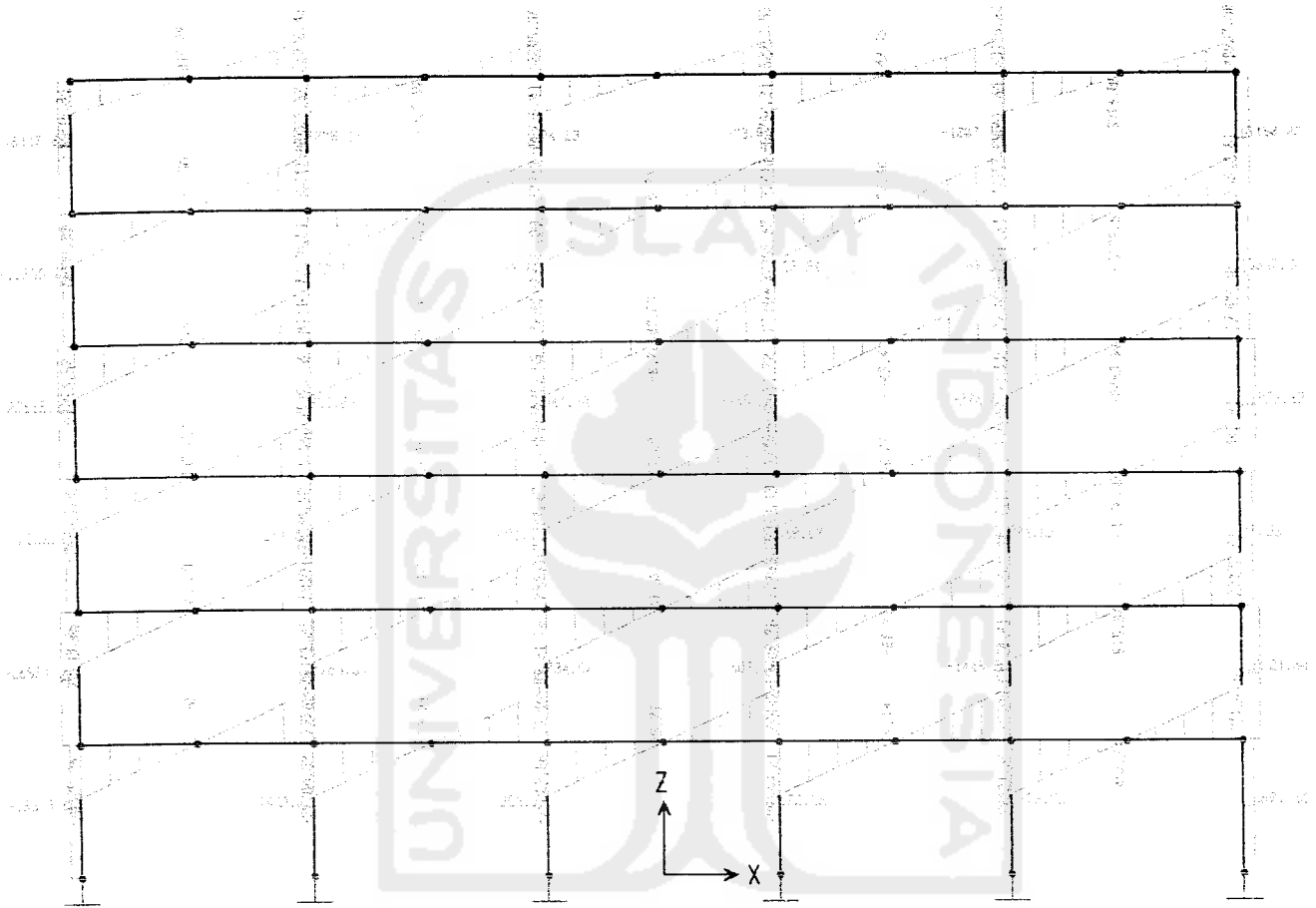


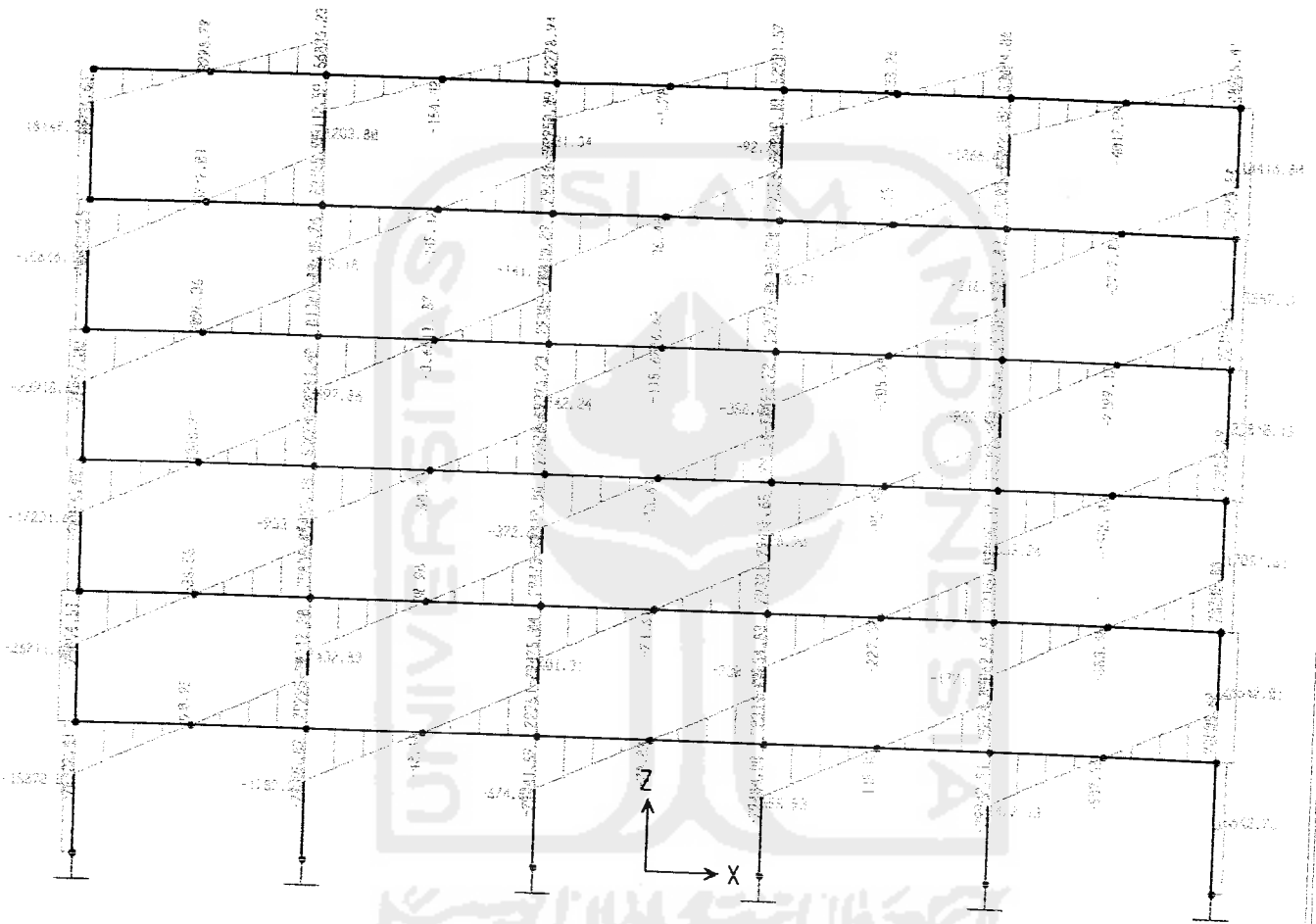
SAP2000

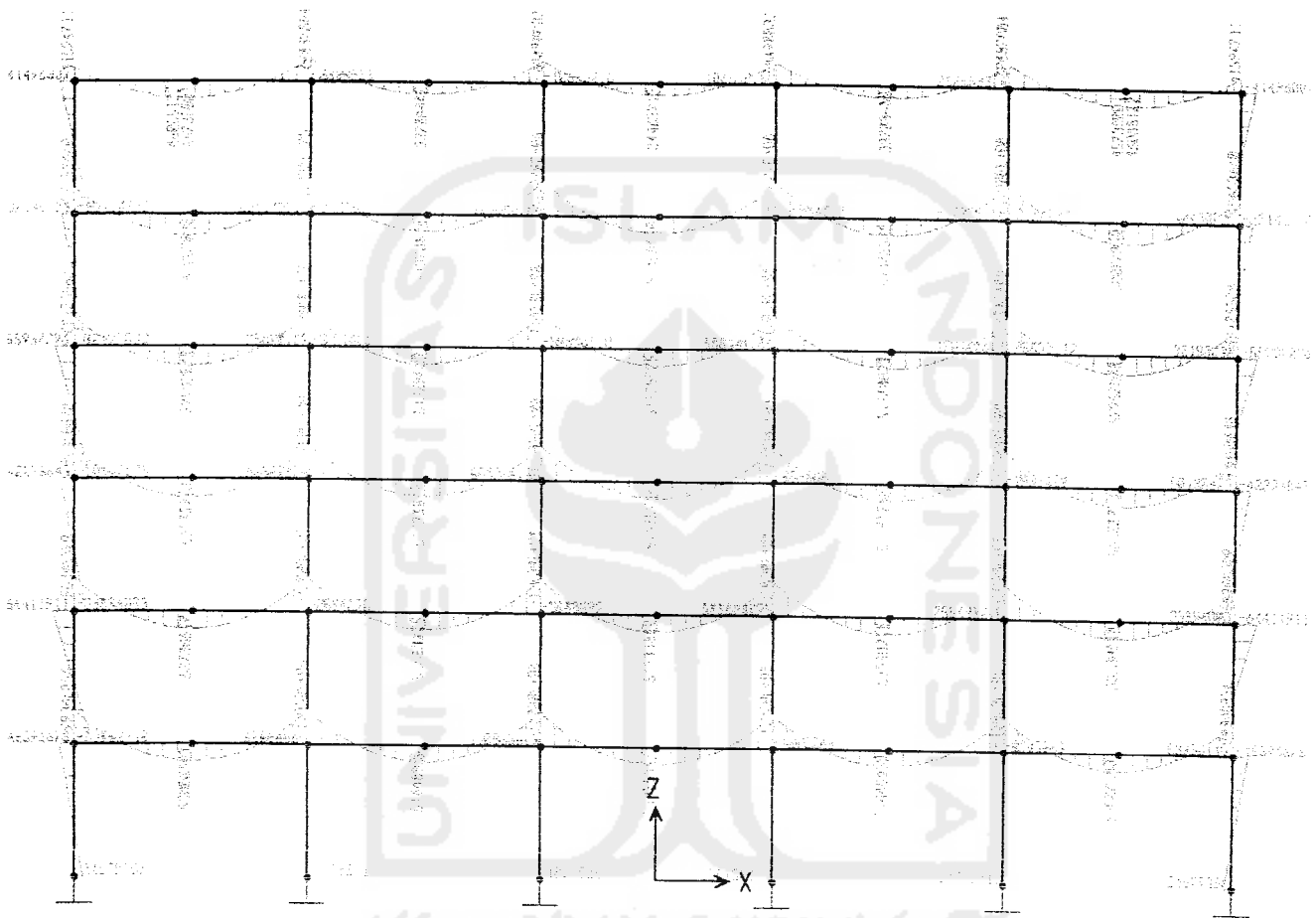


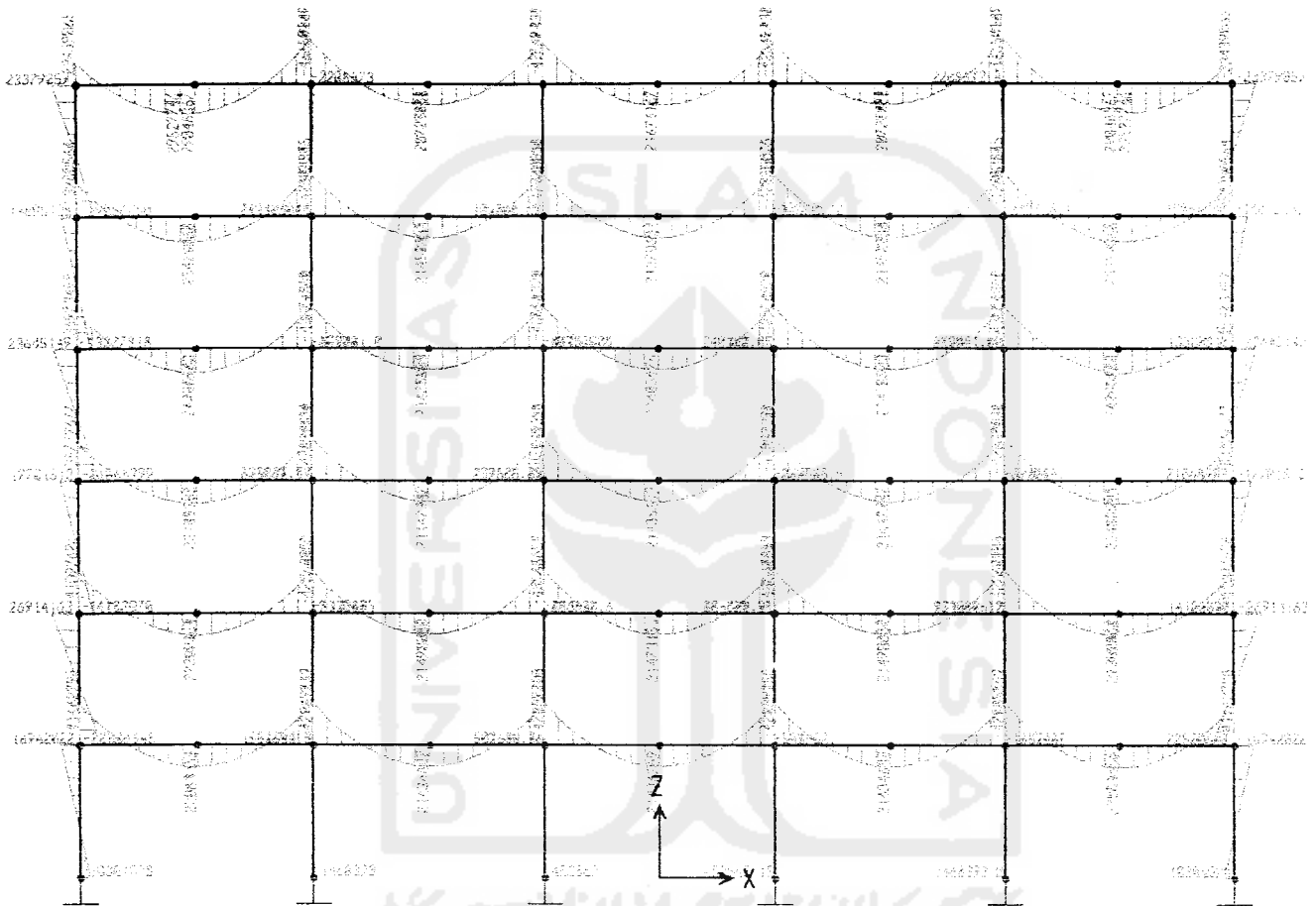


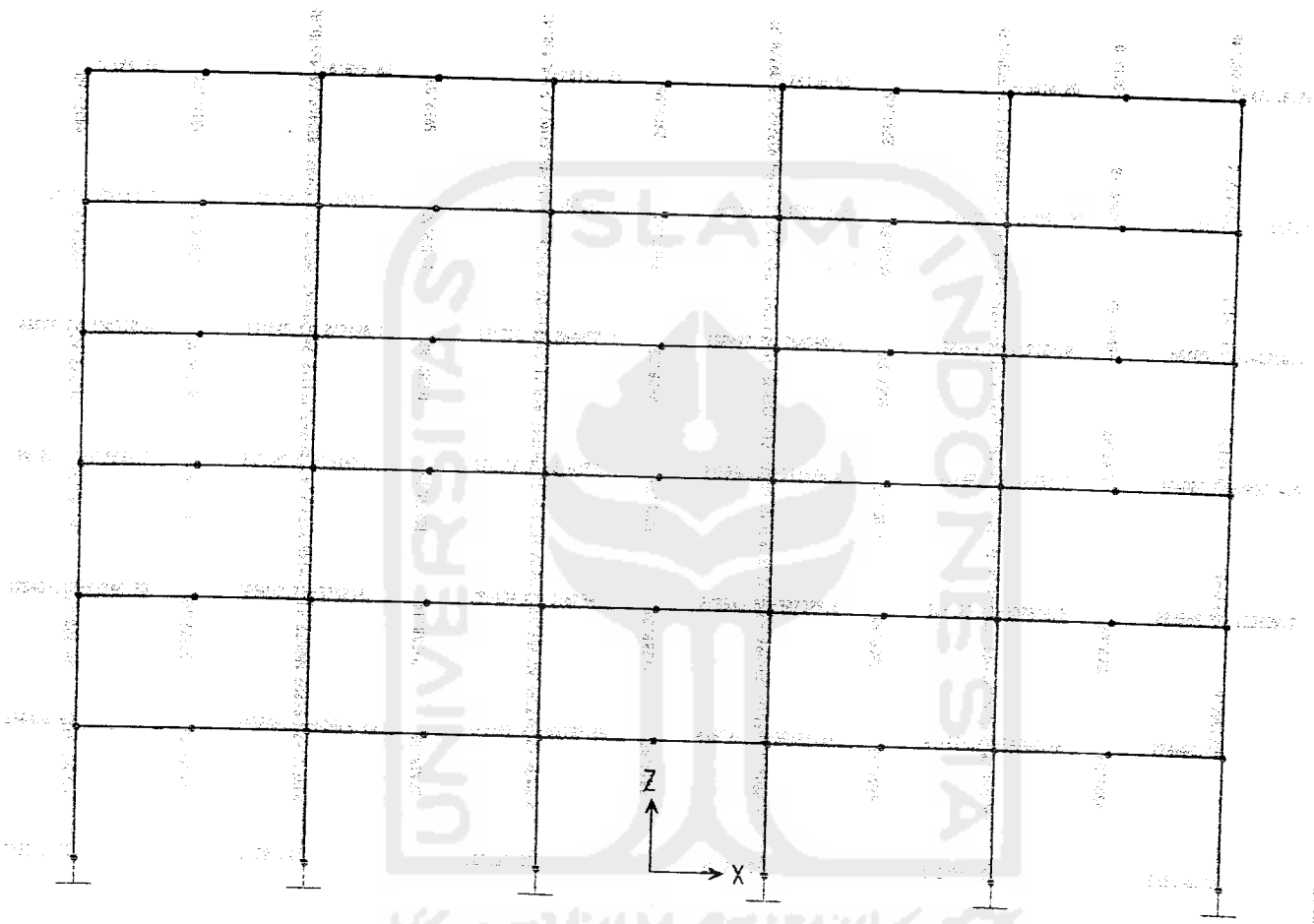


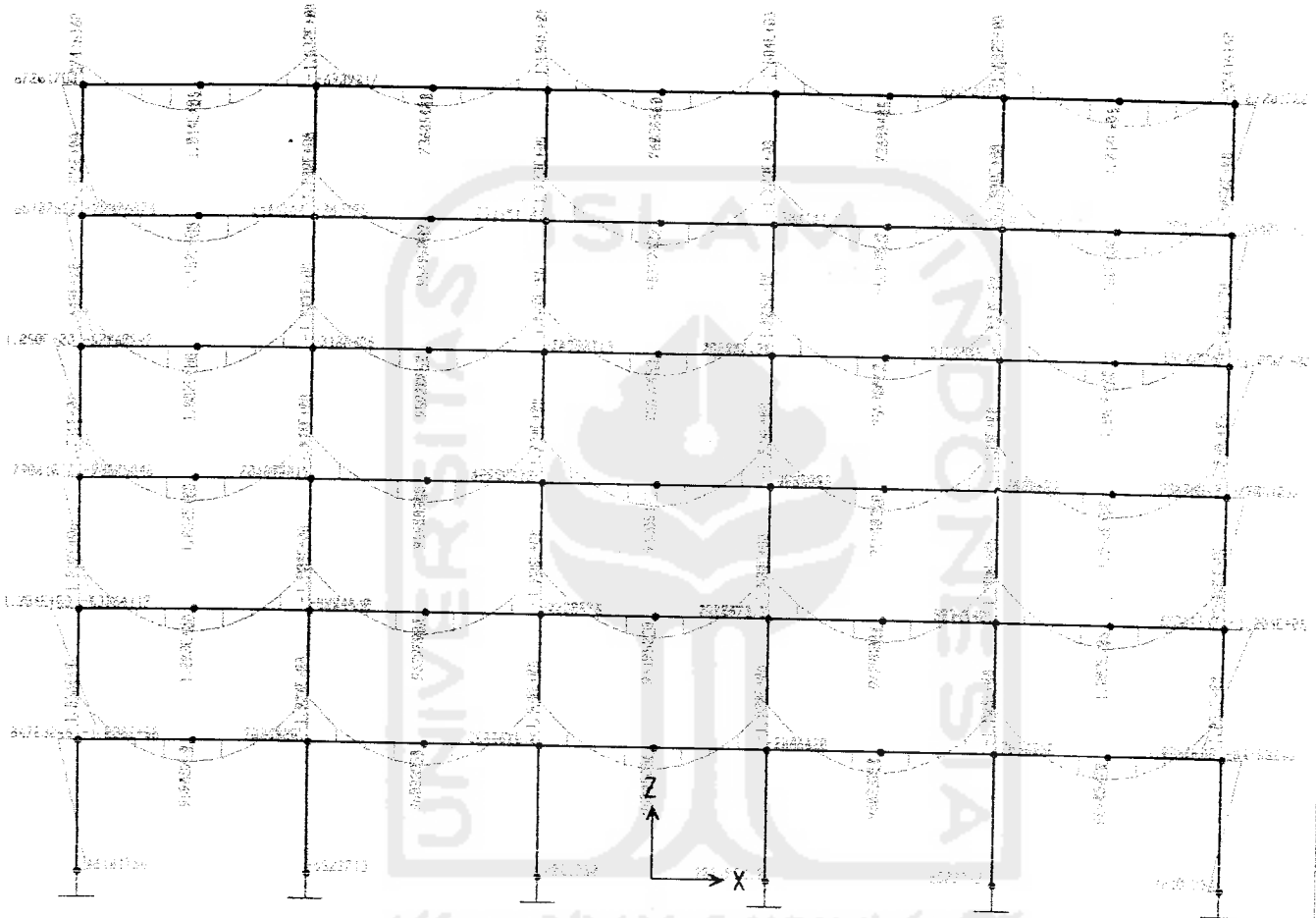


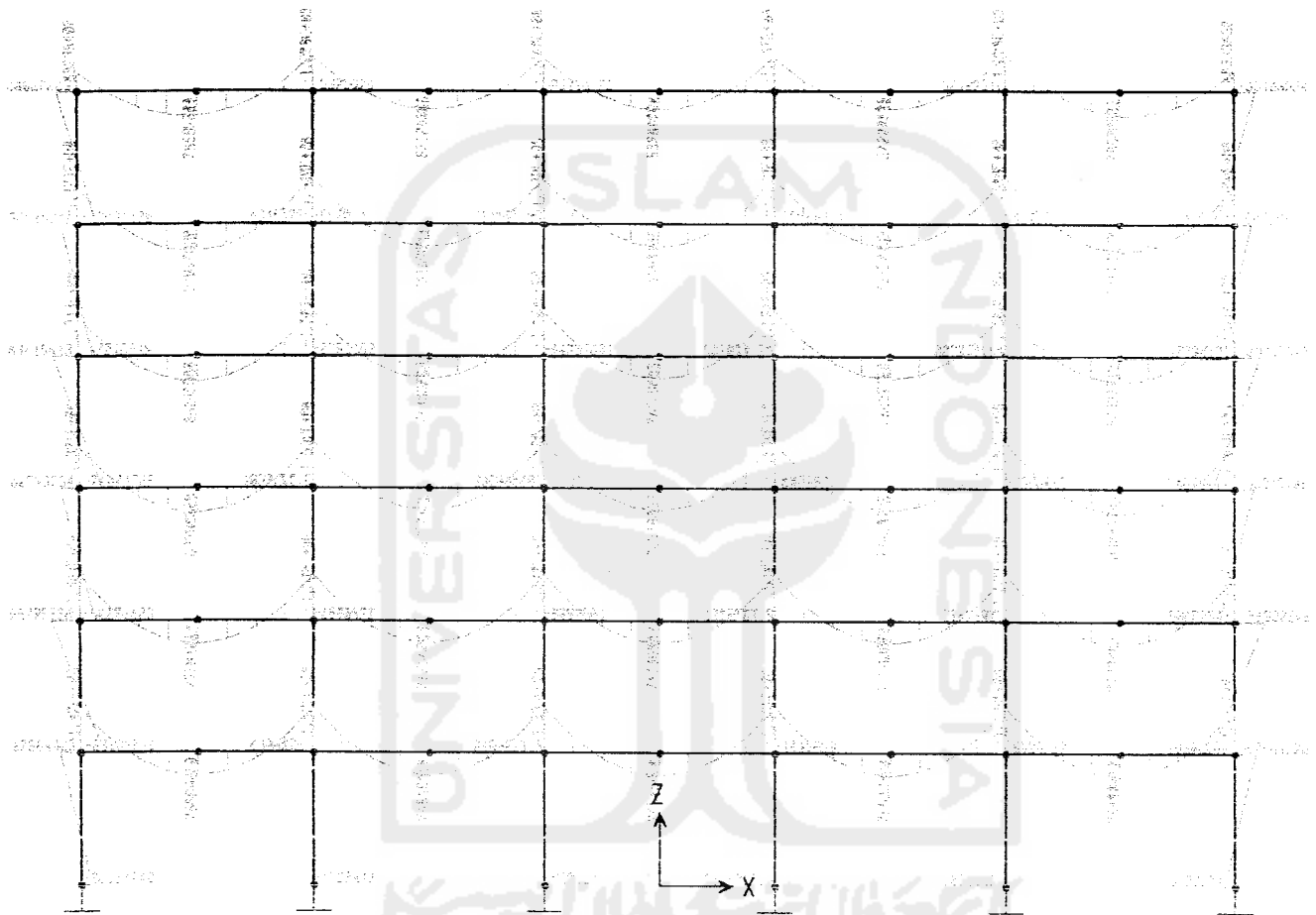




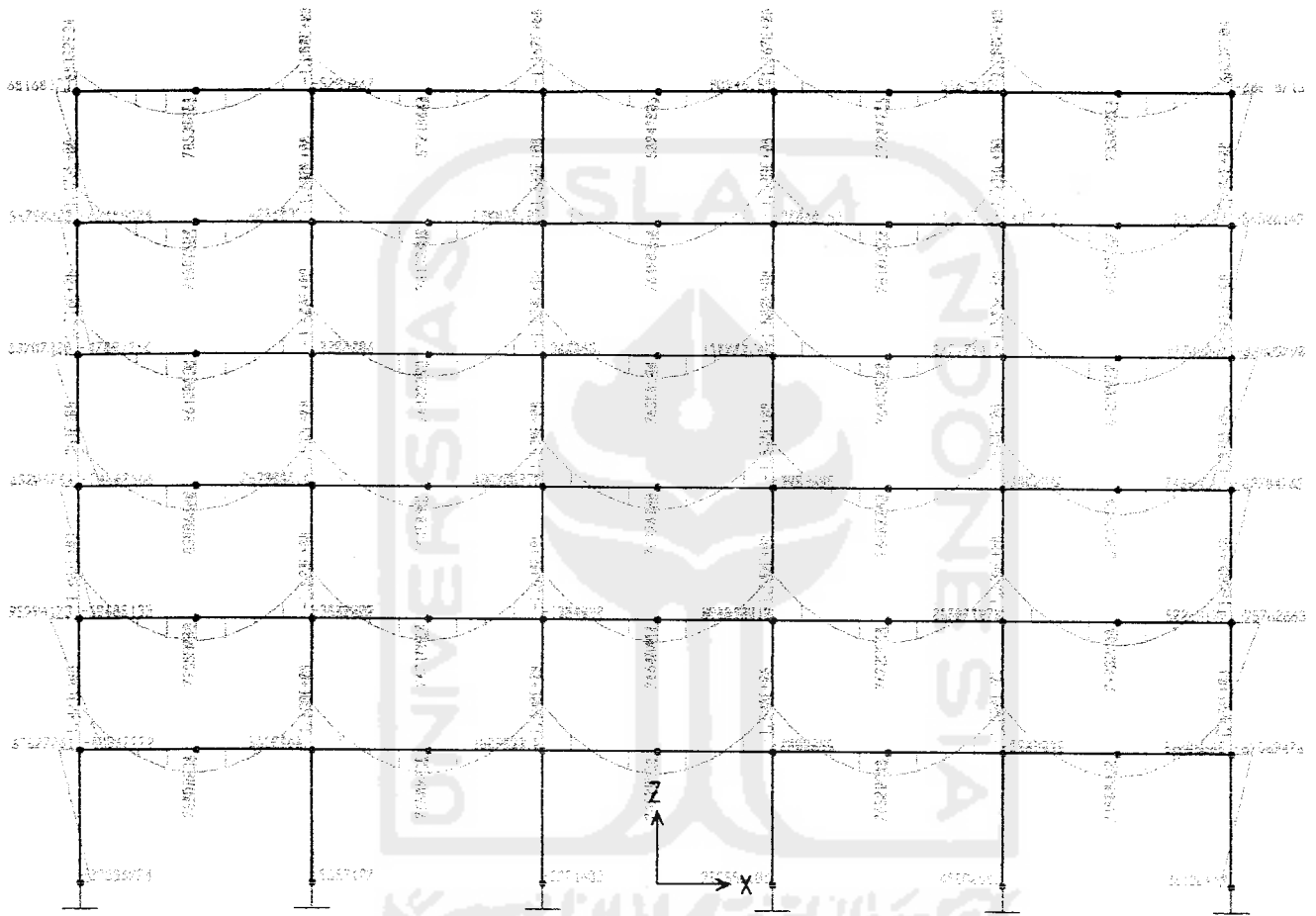


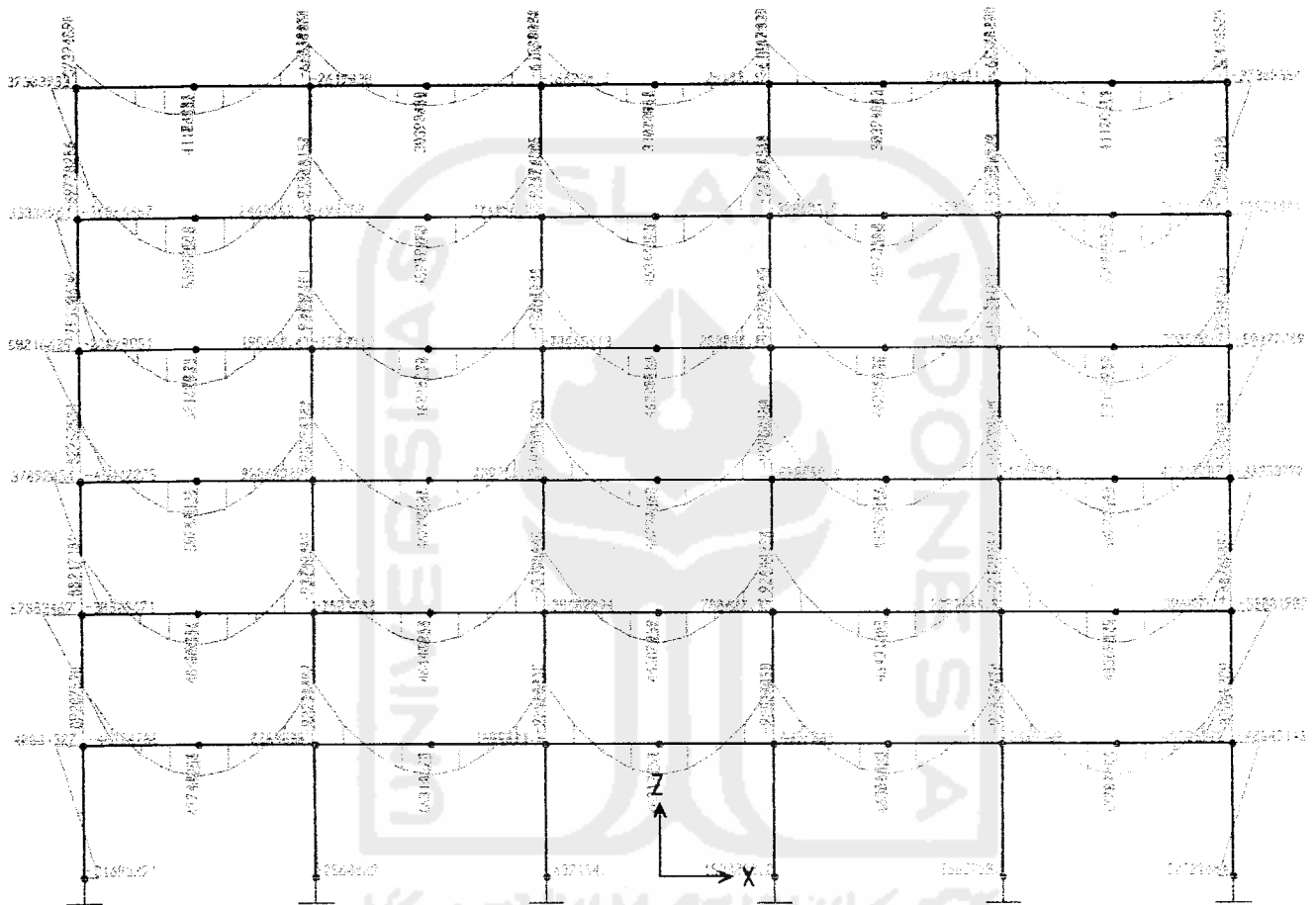




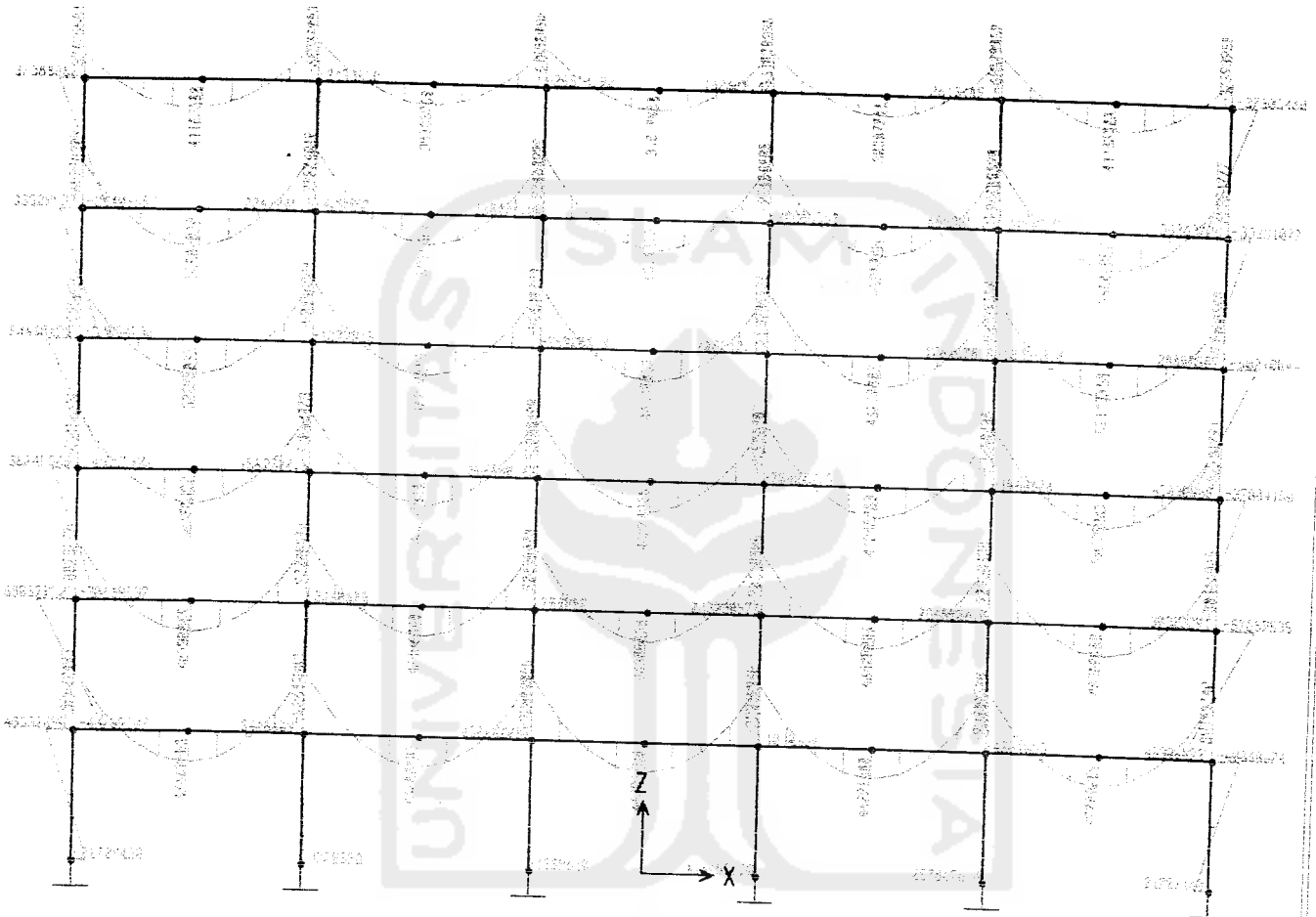


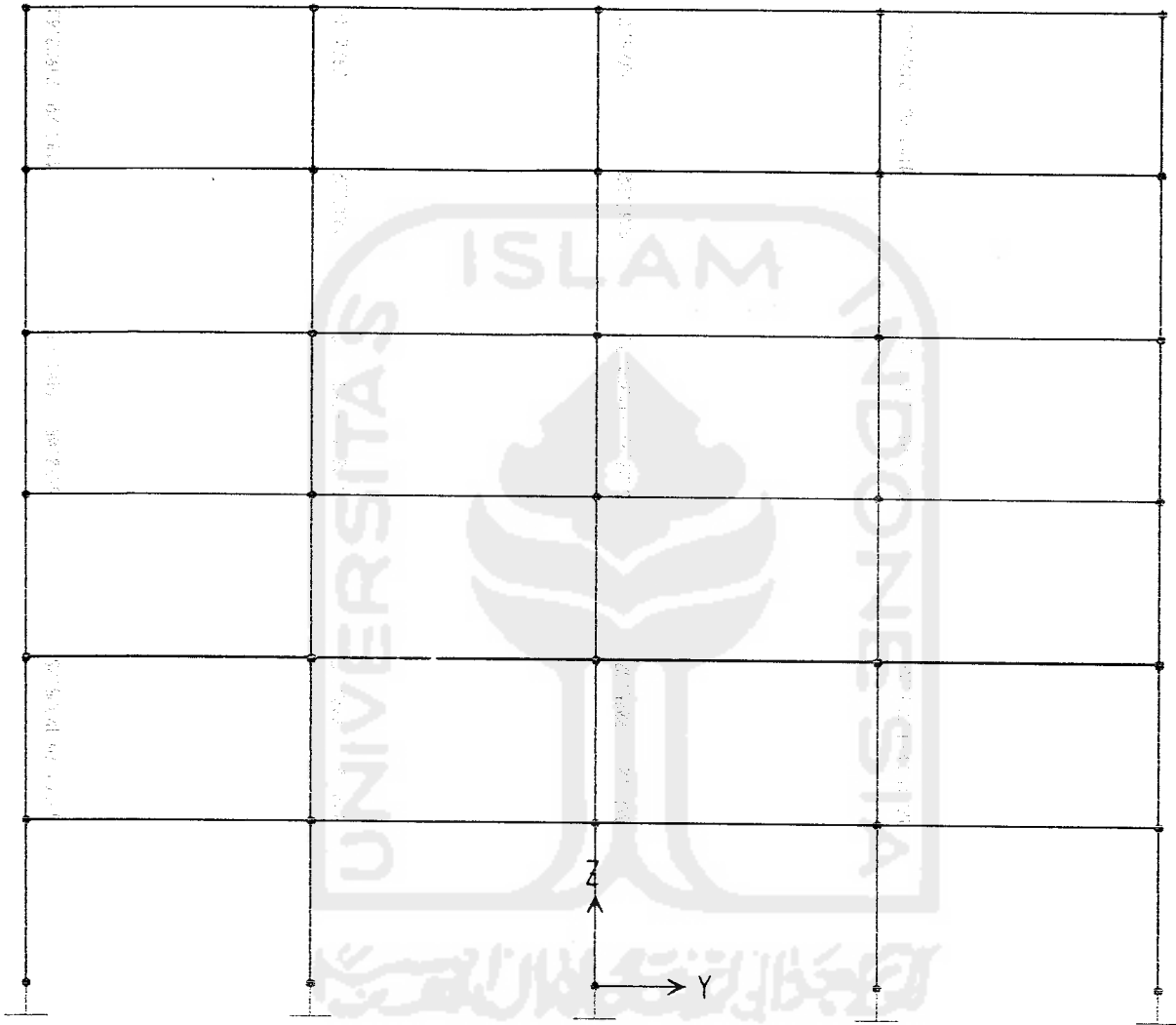


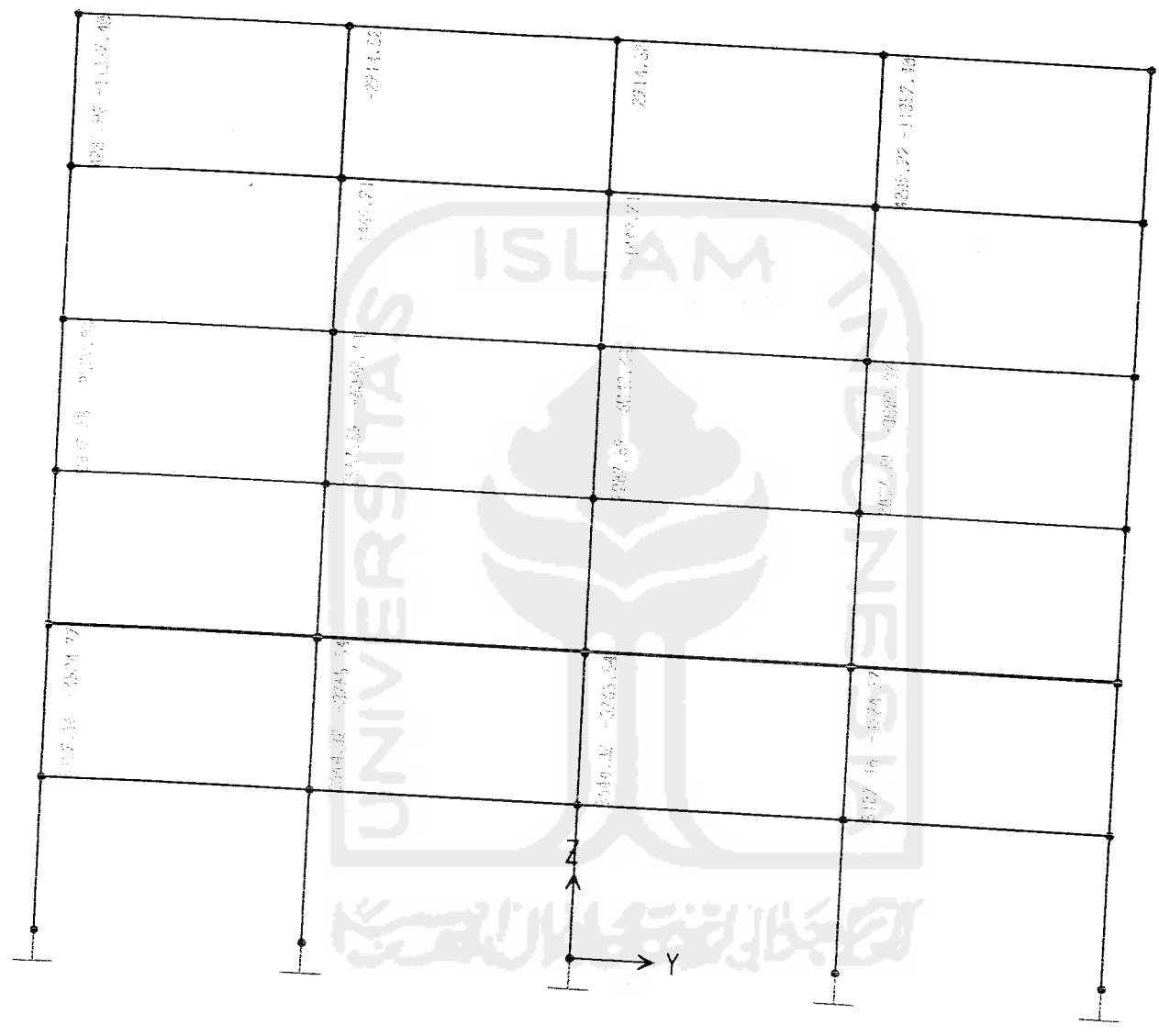


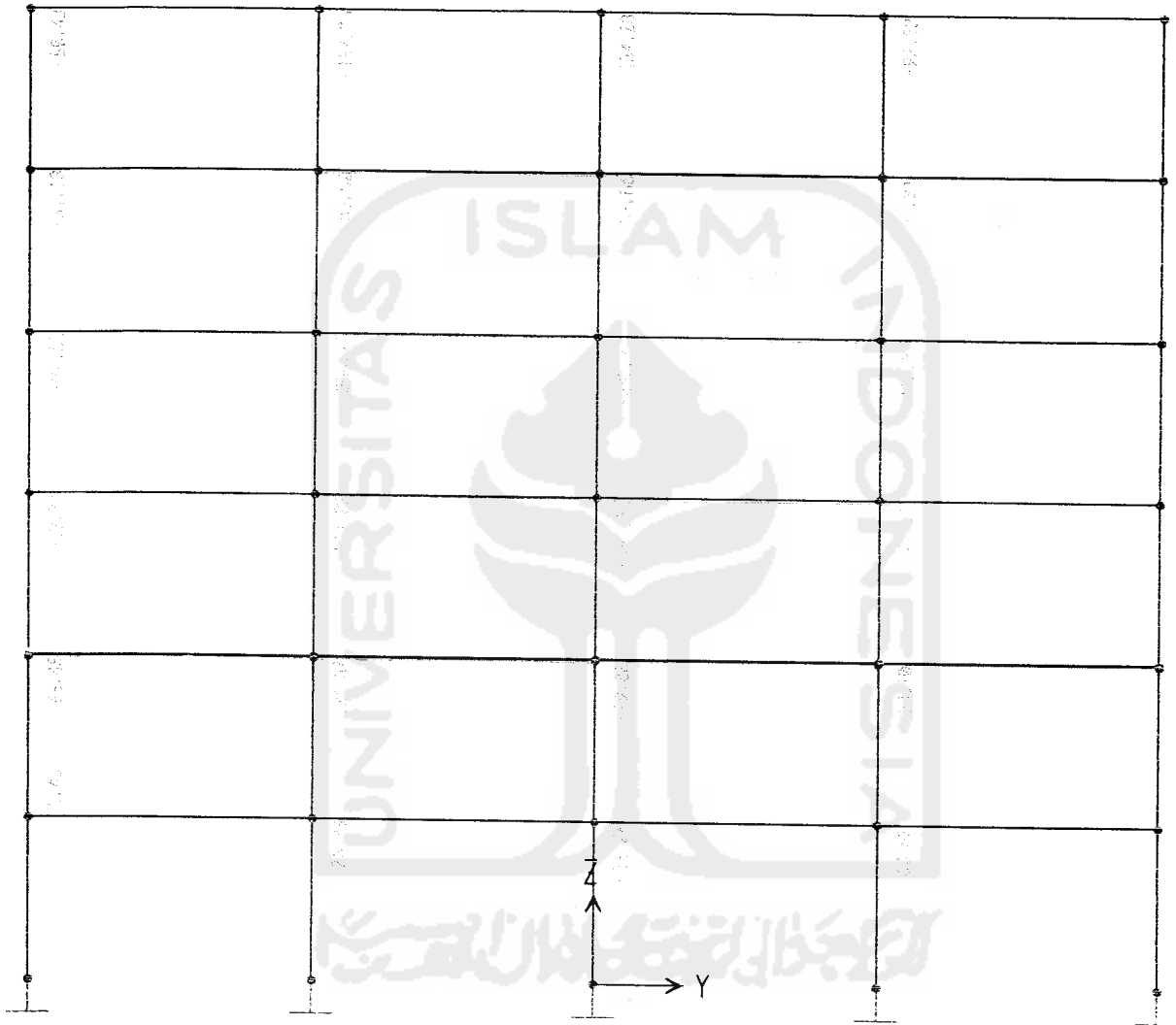


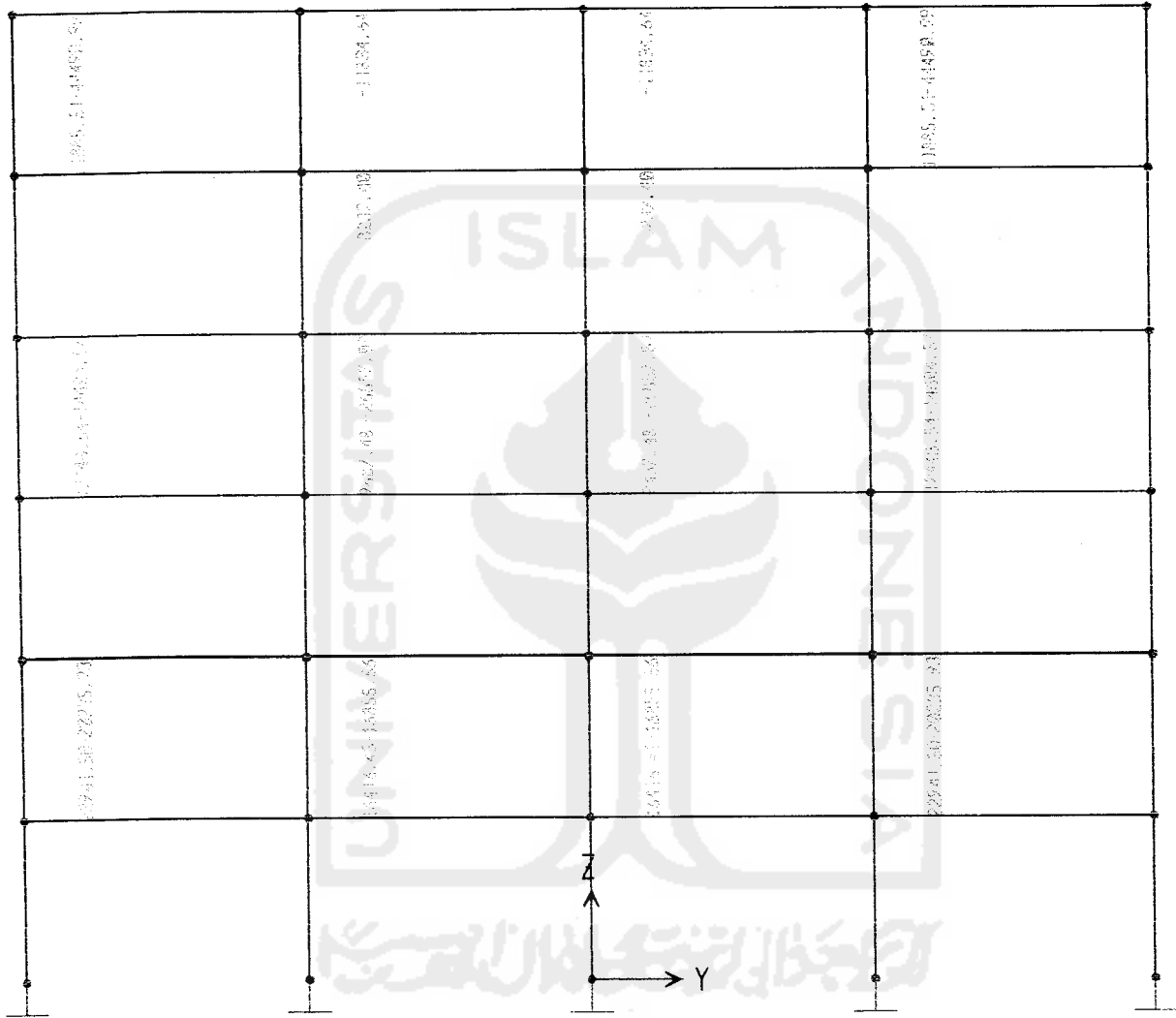
SAP2000 v7.42 - File:sap - Moment 3-3 Diagram (COMB4) - KN-mm Units

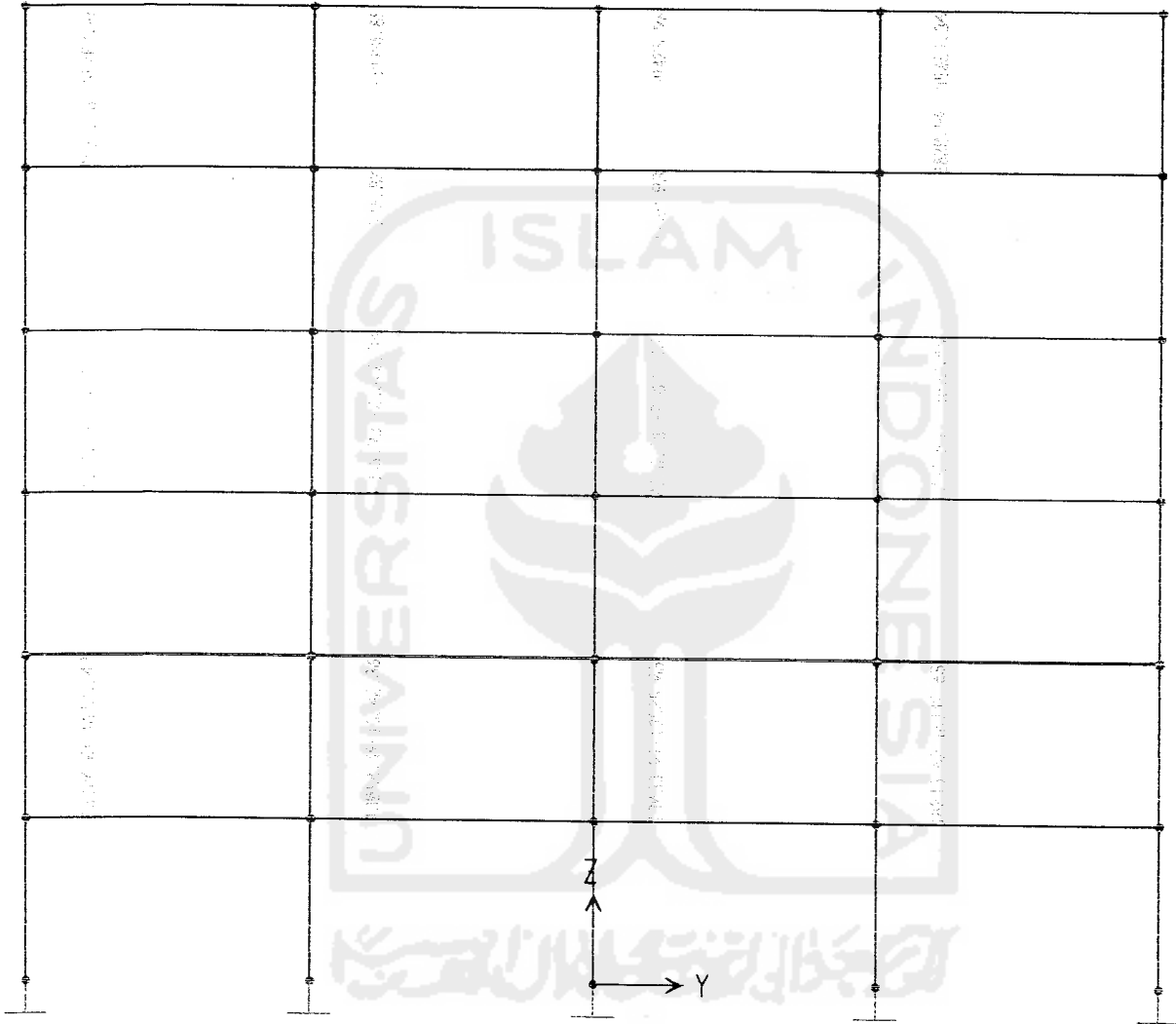




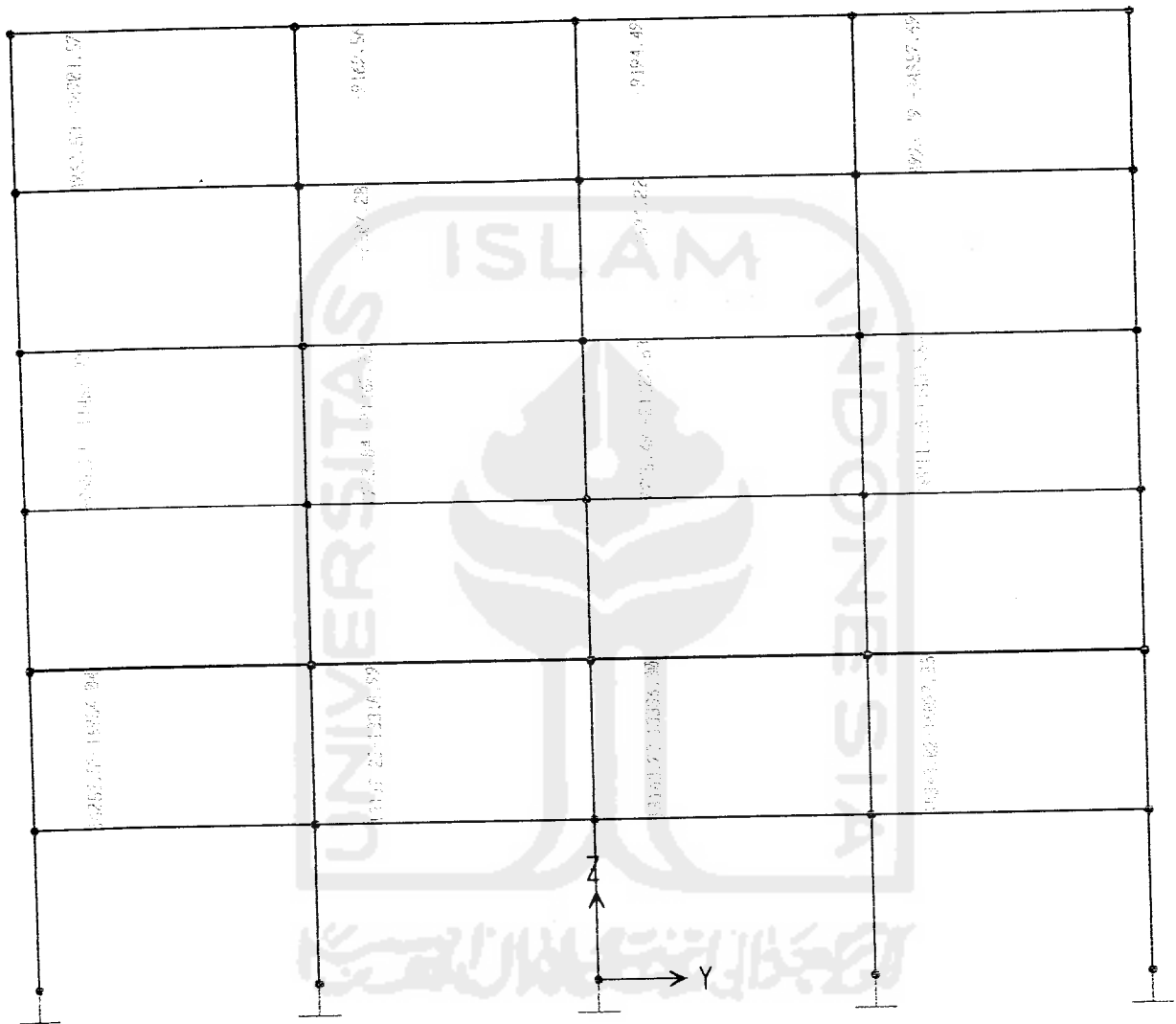


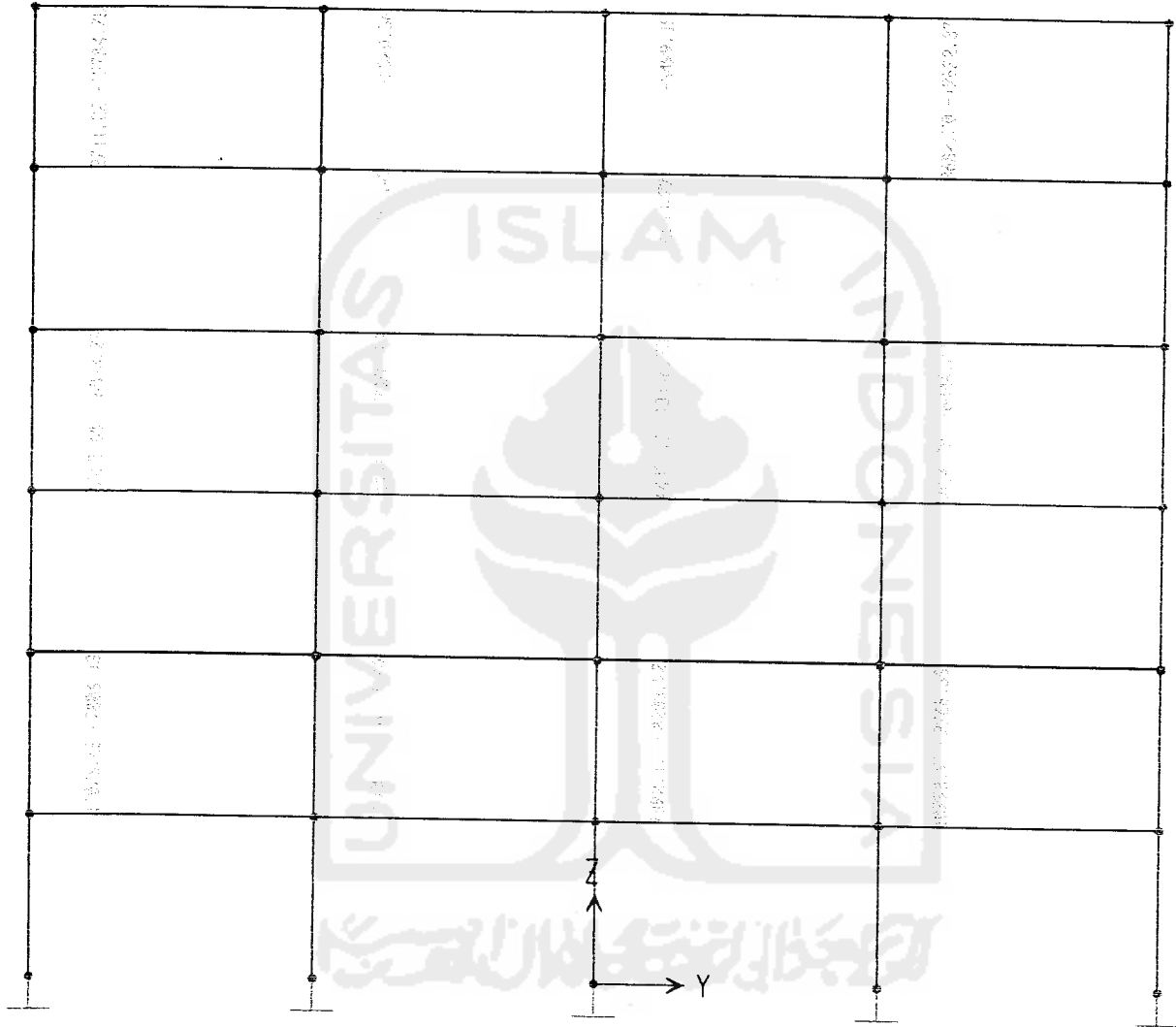


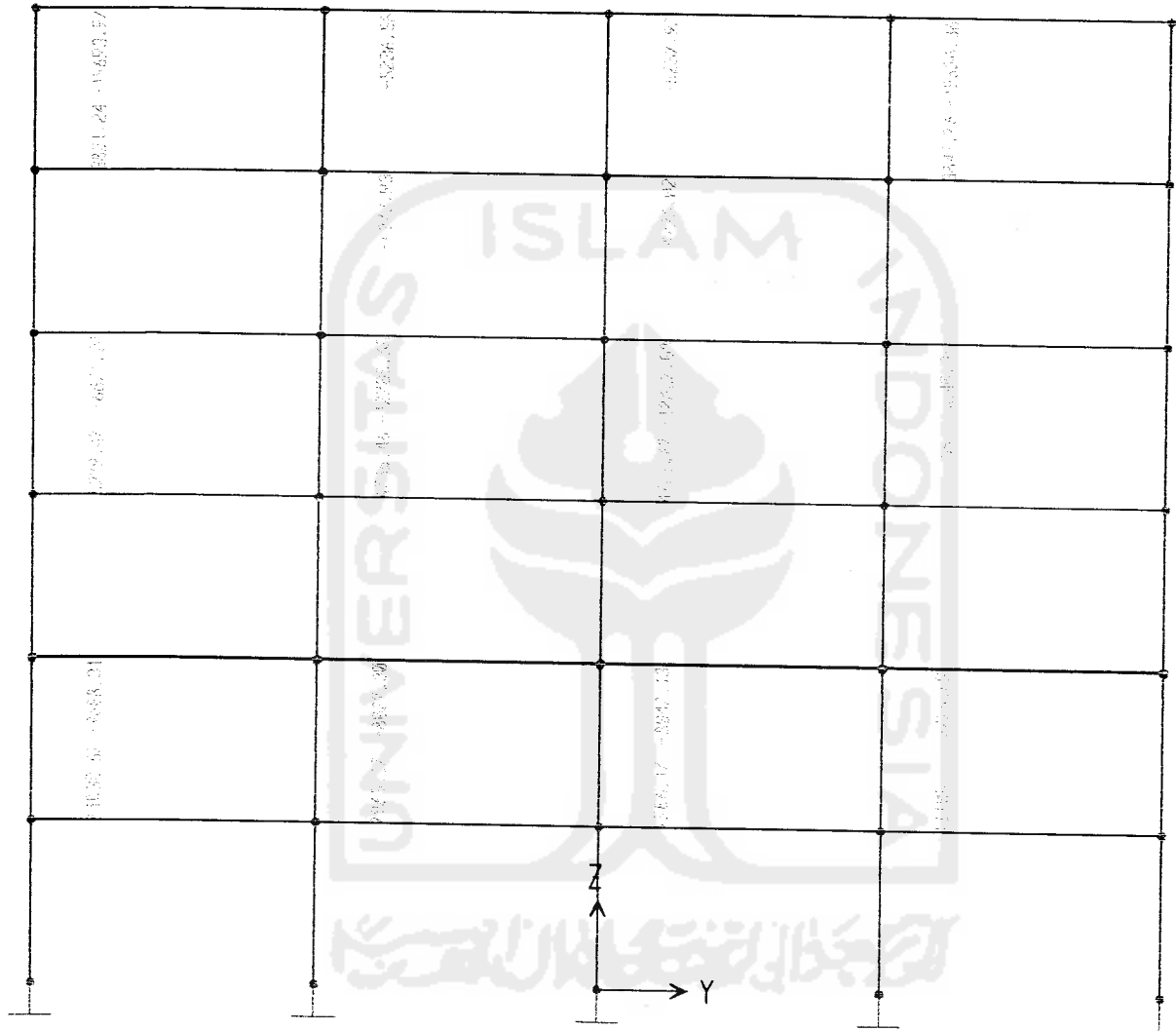


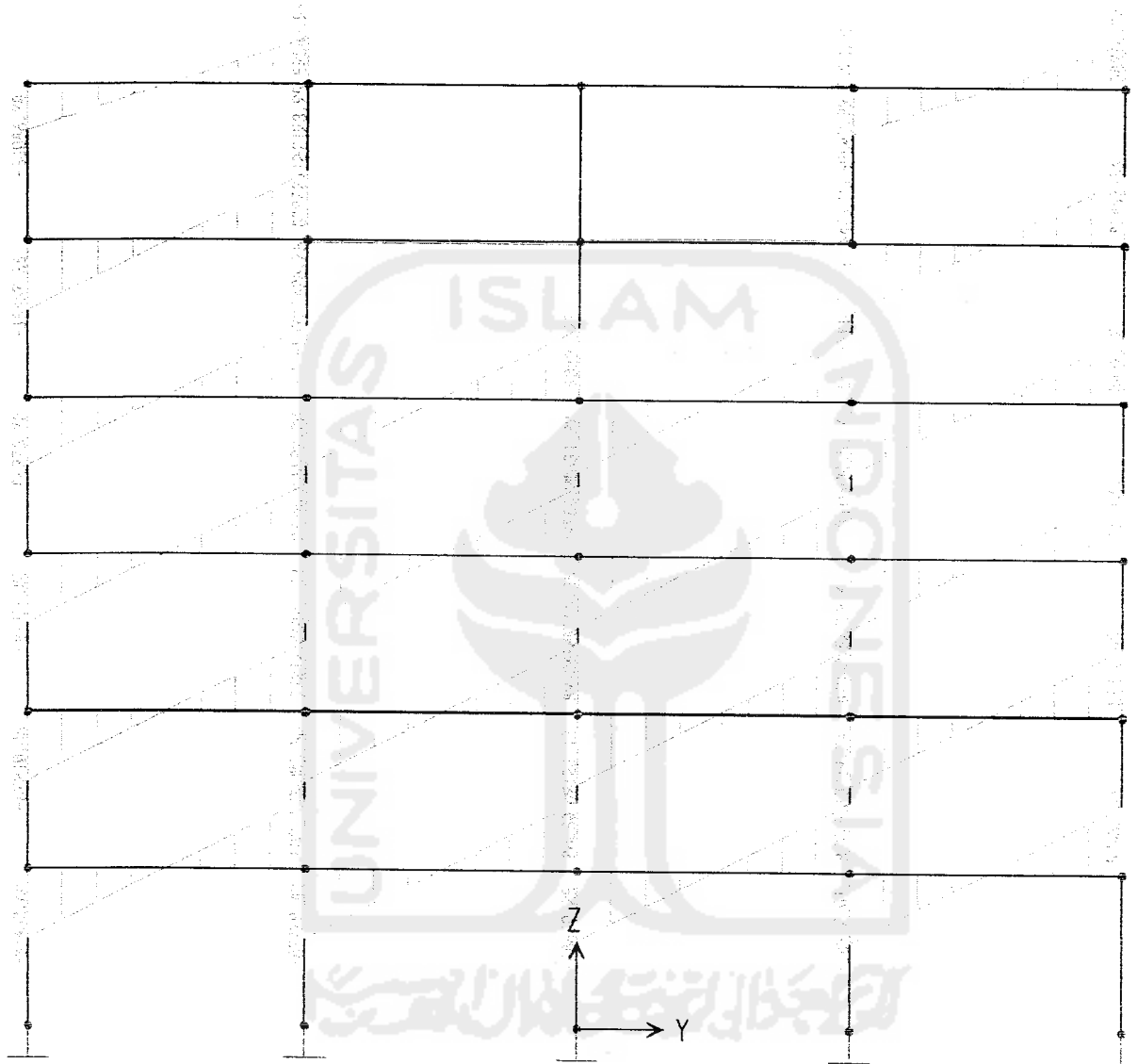


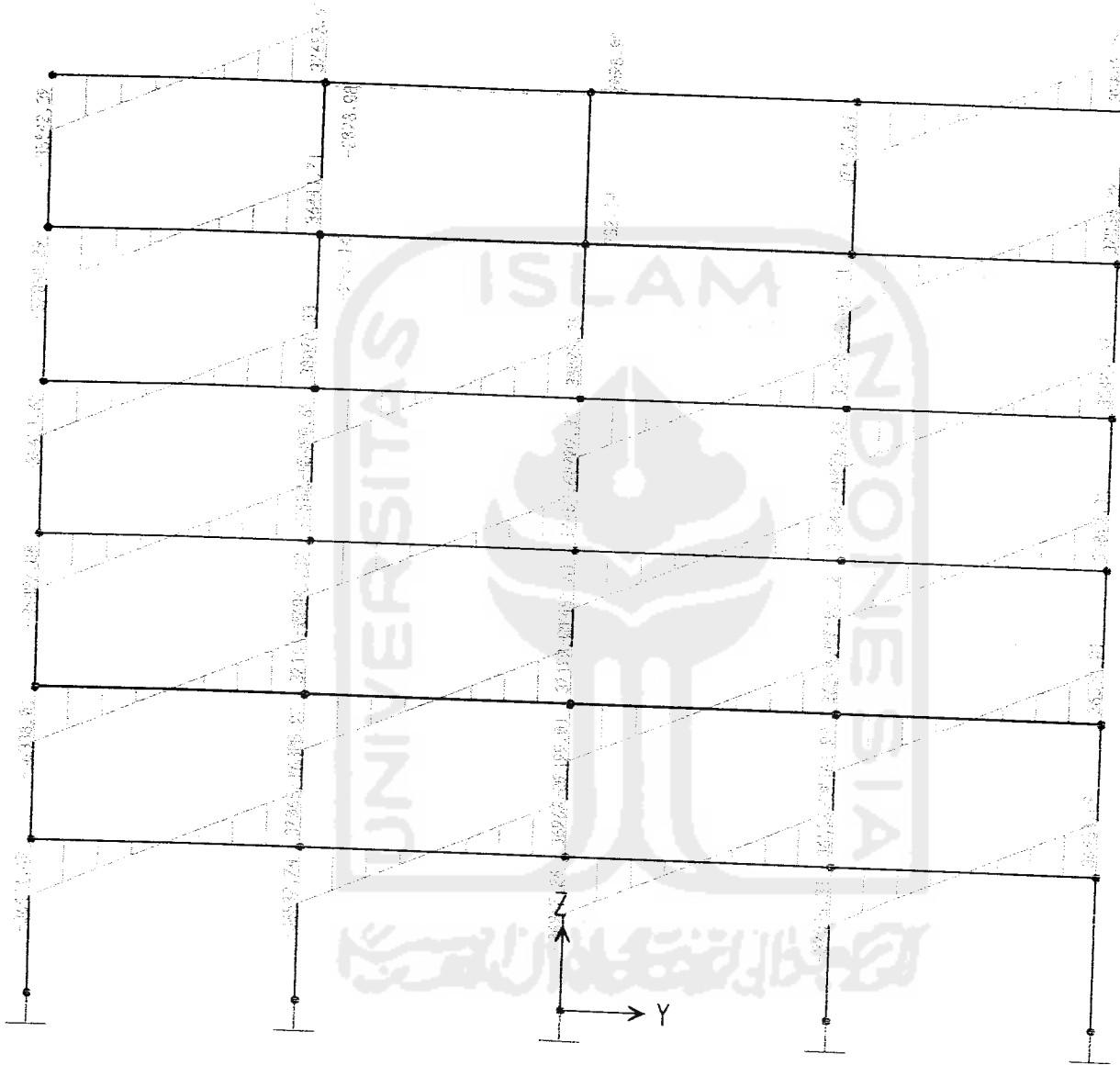


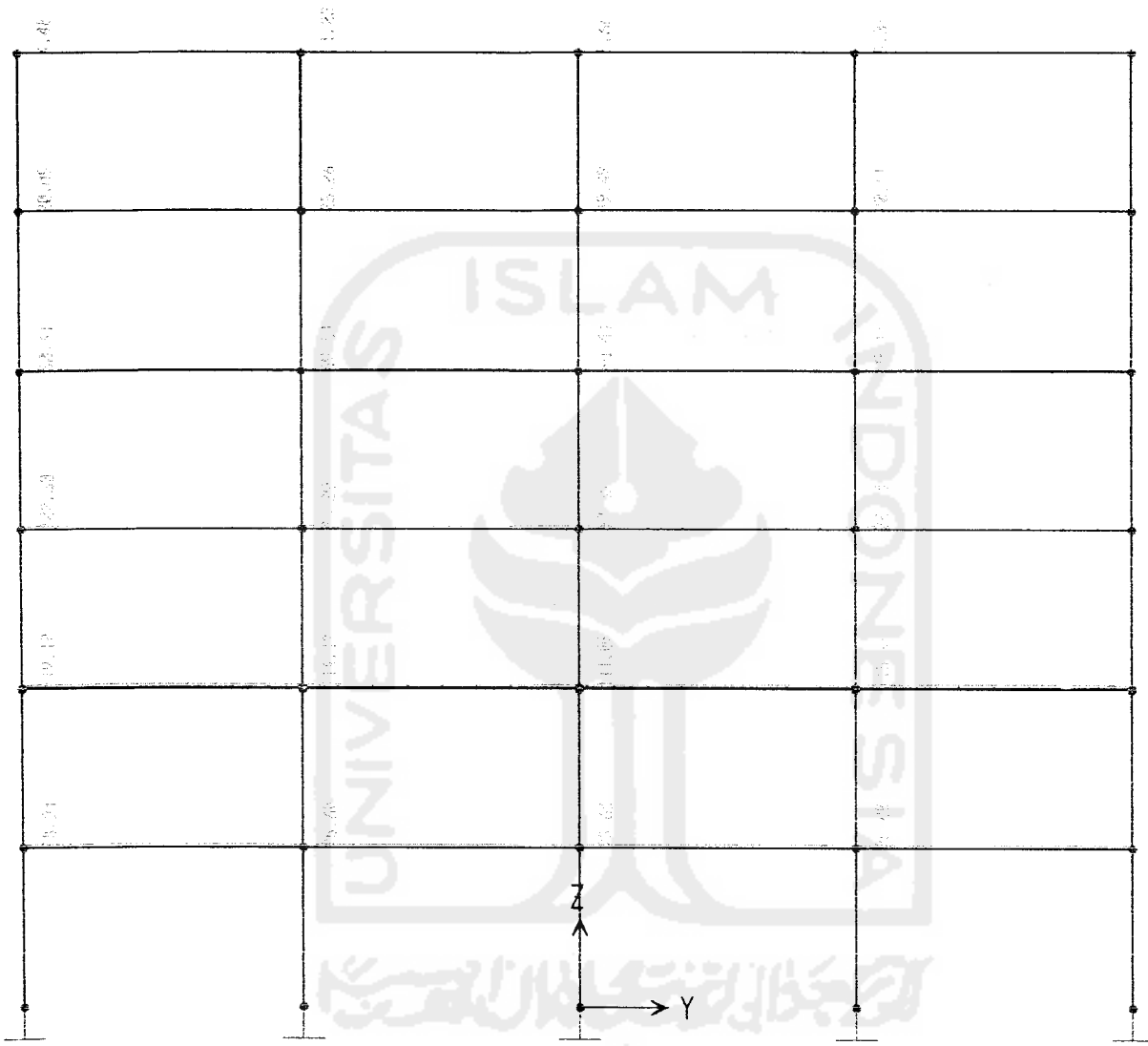


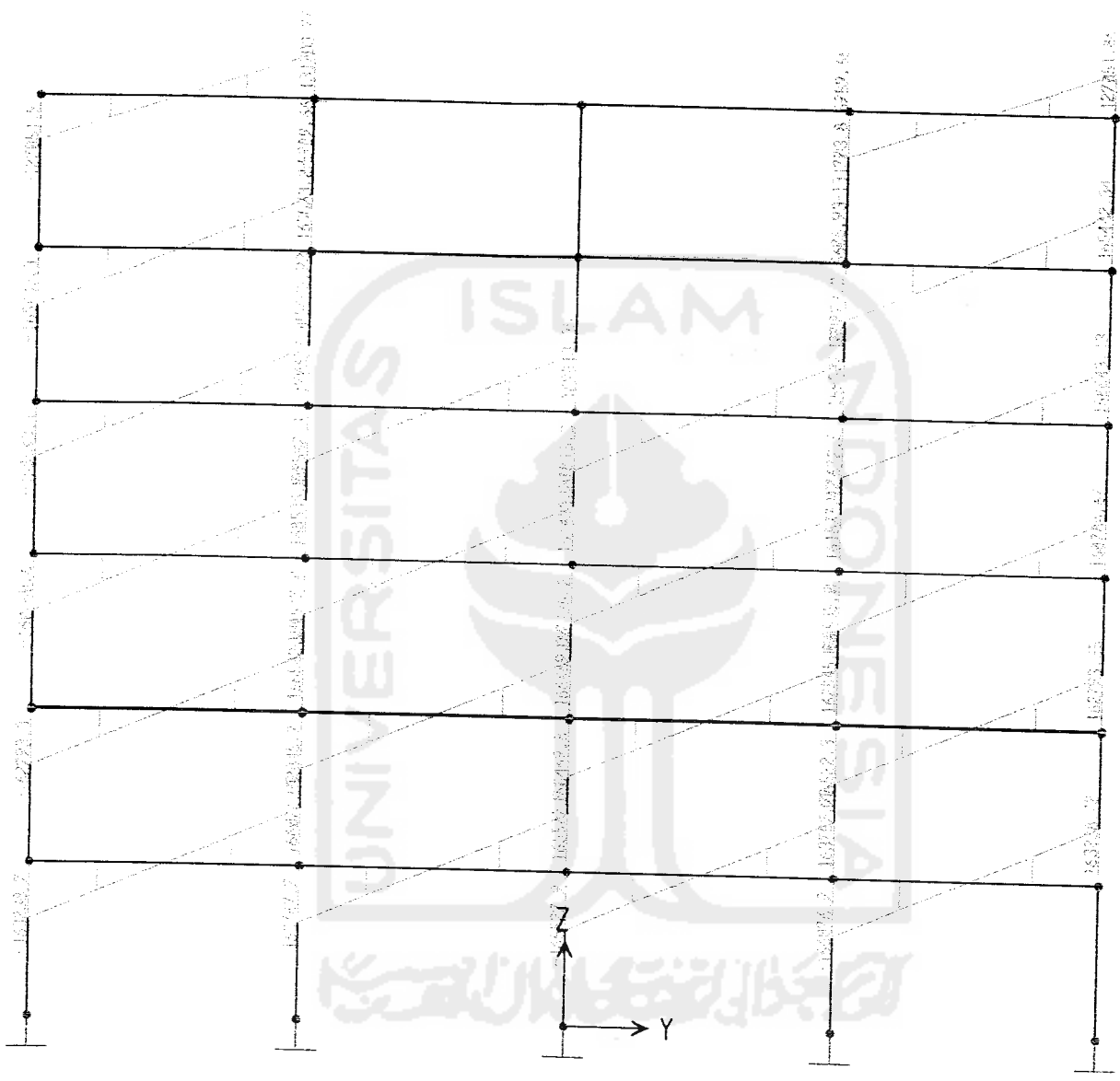


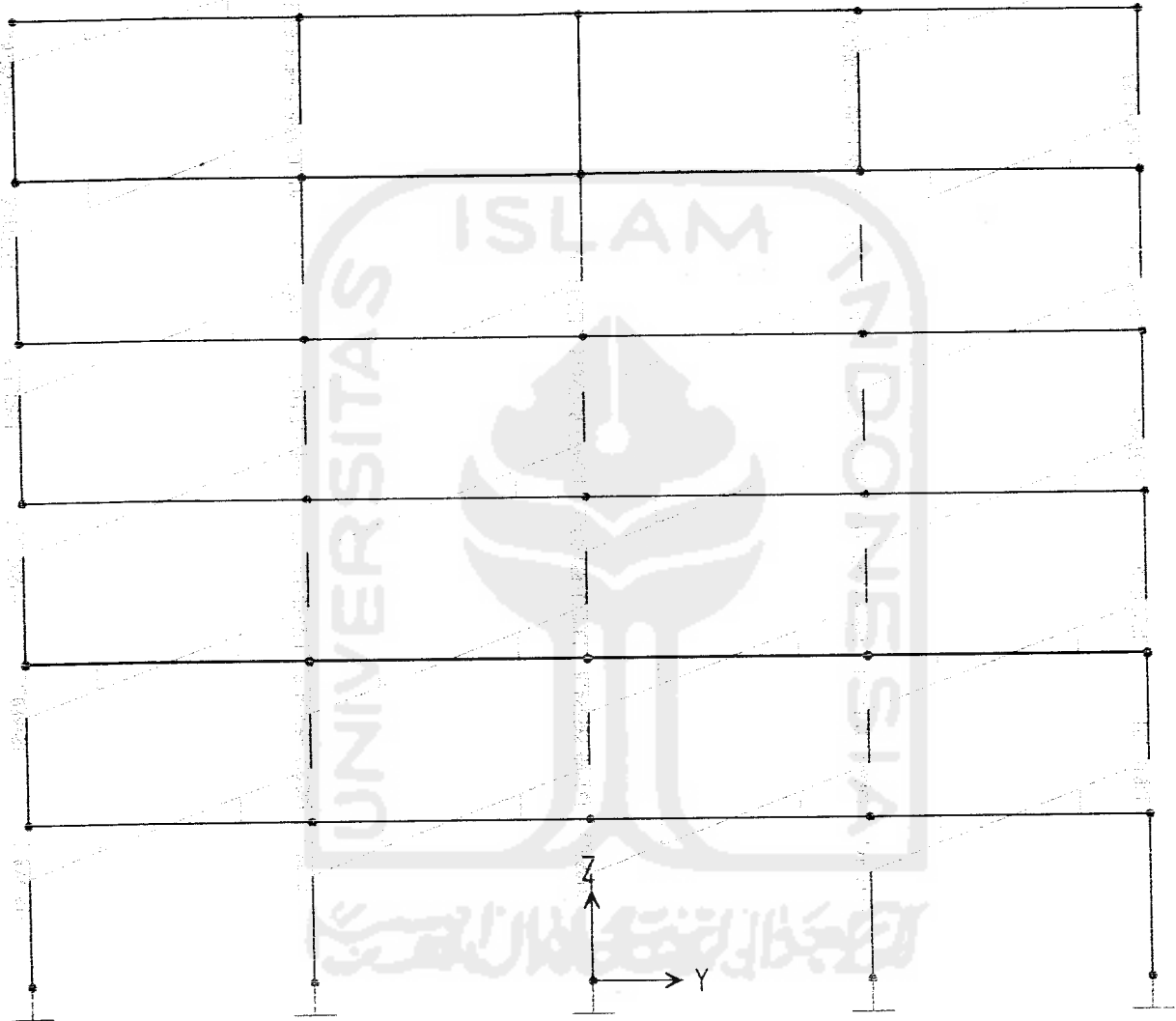




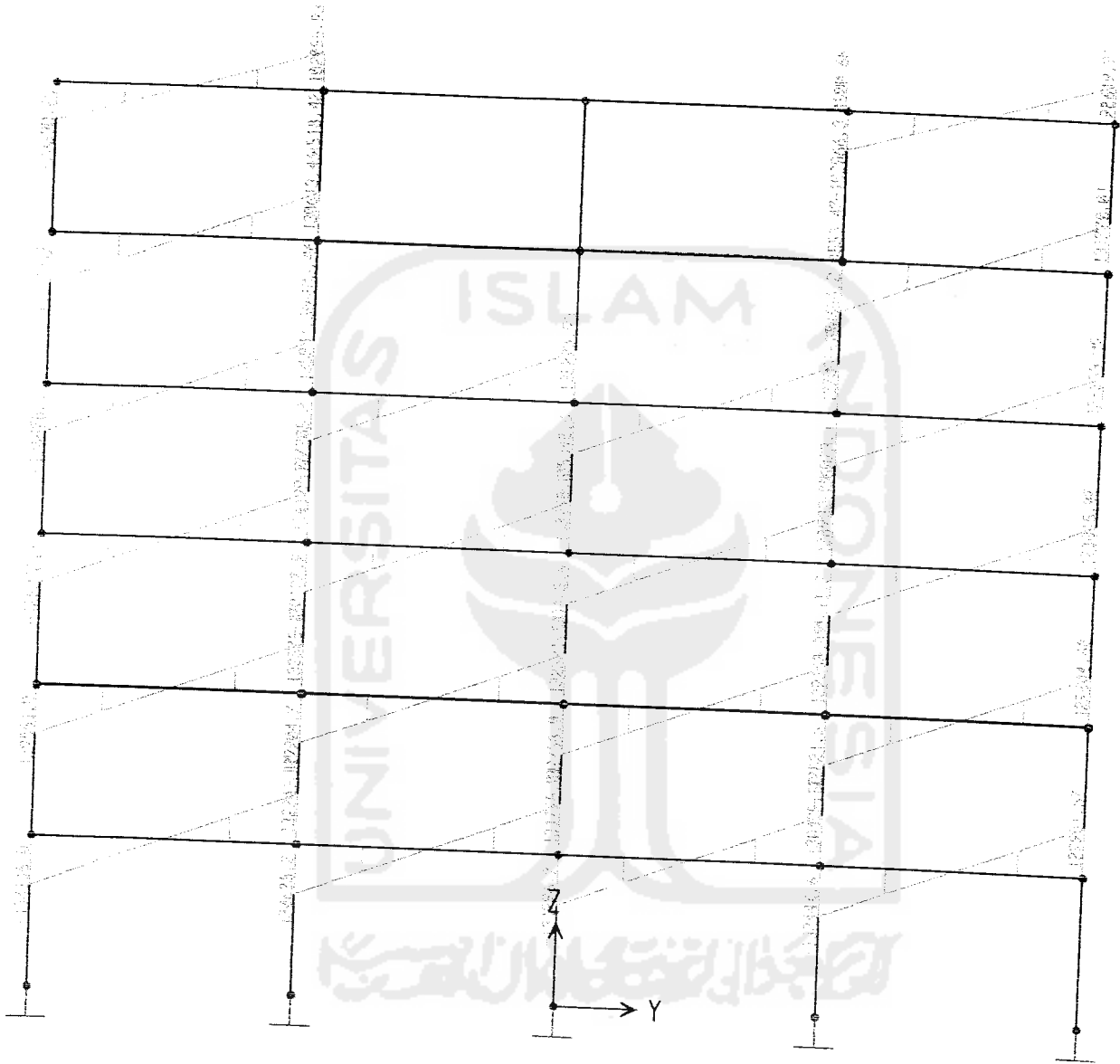


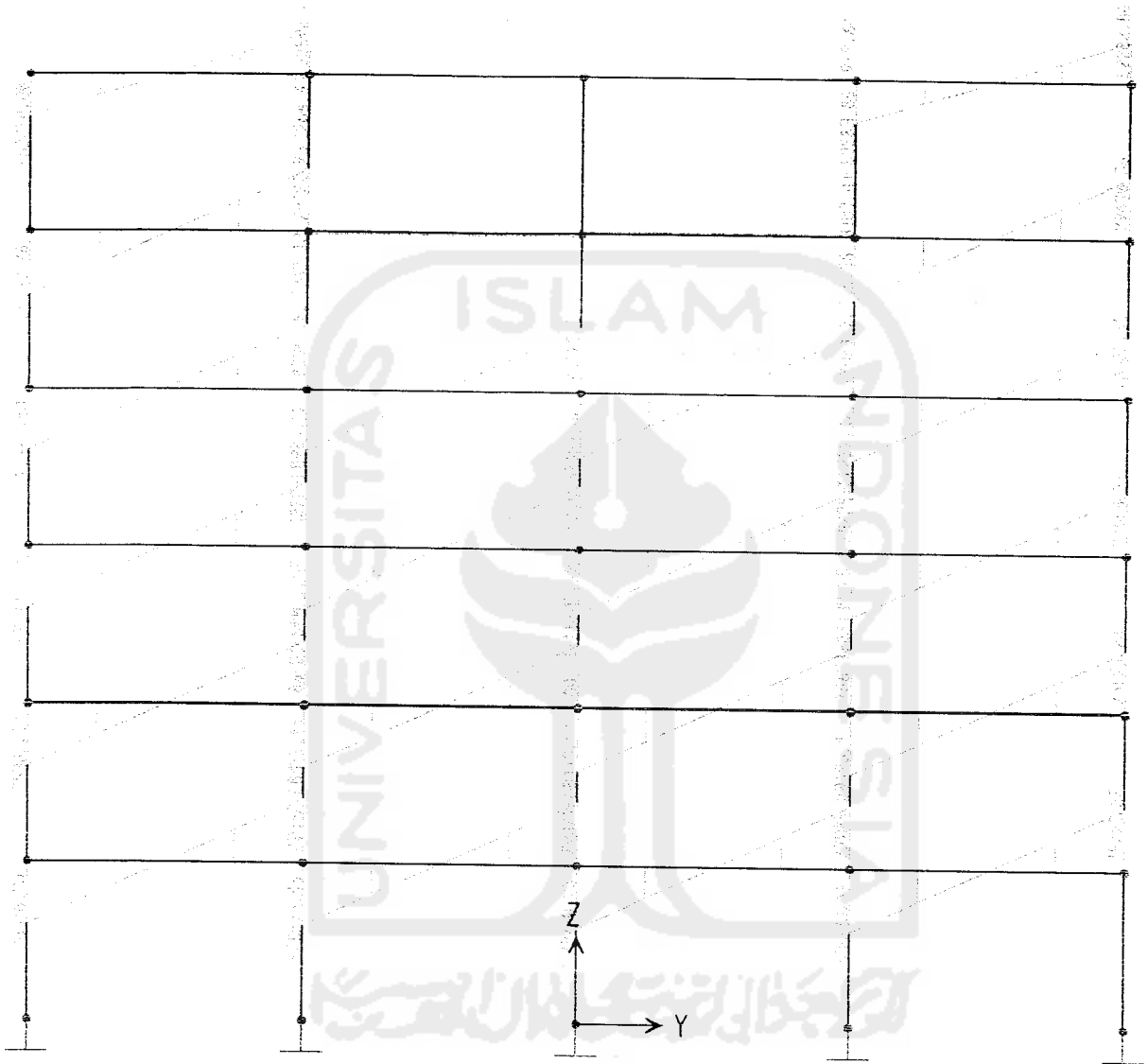


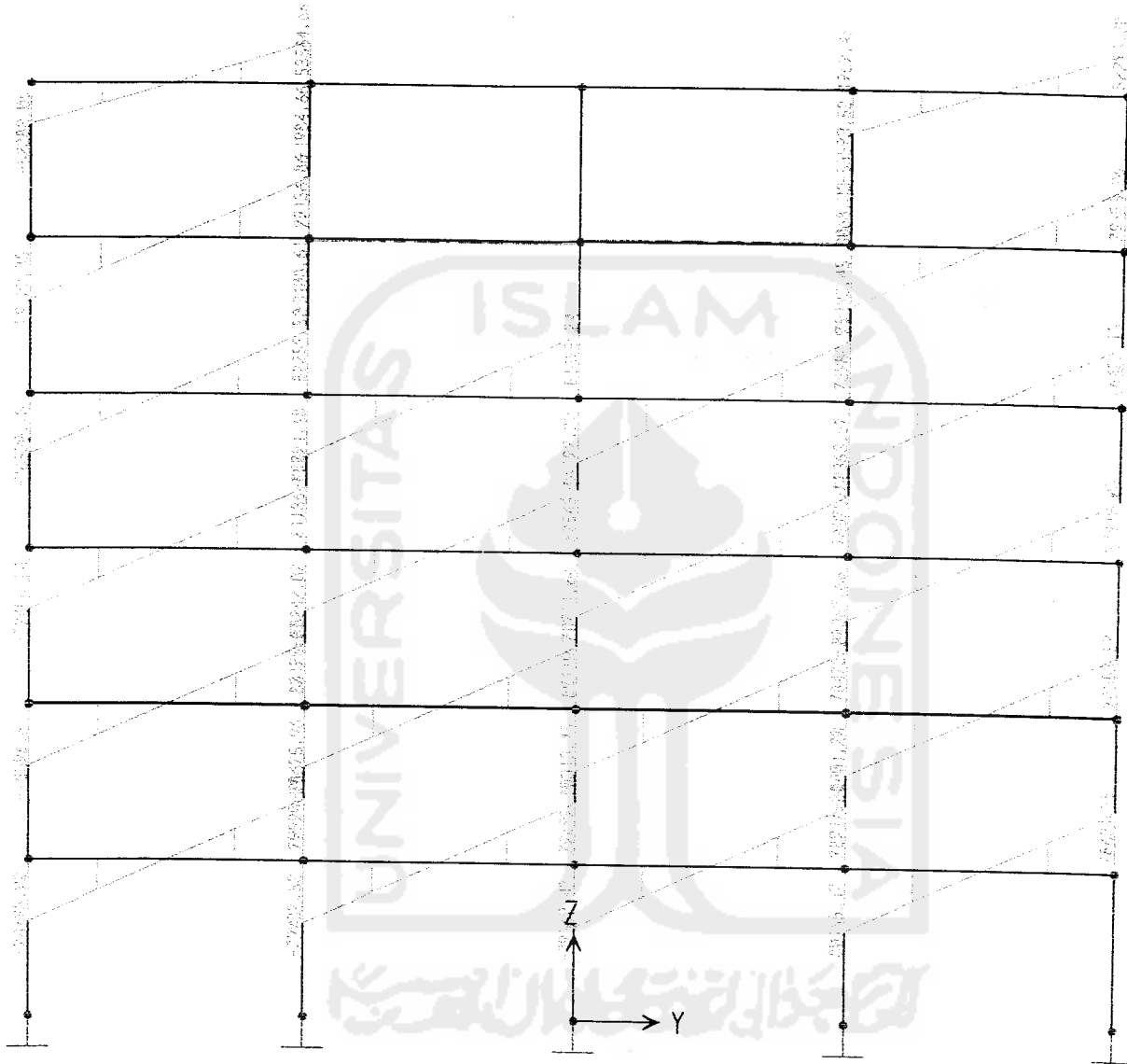


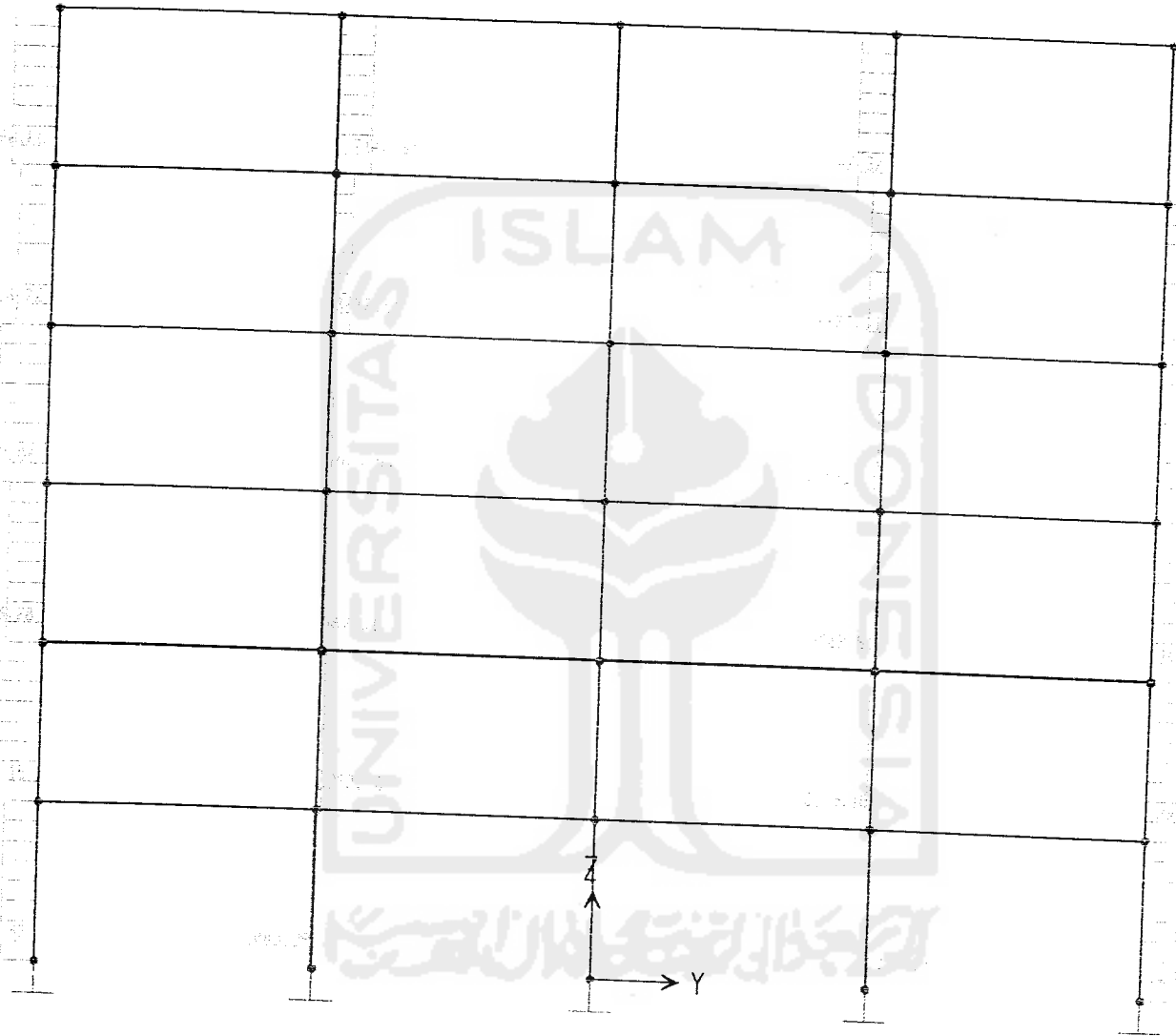


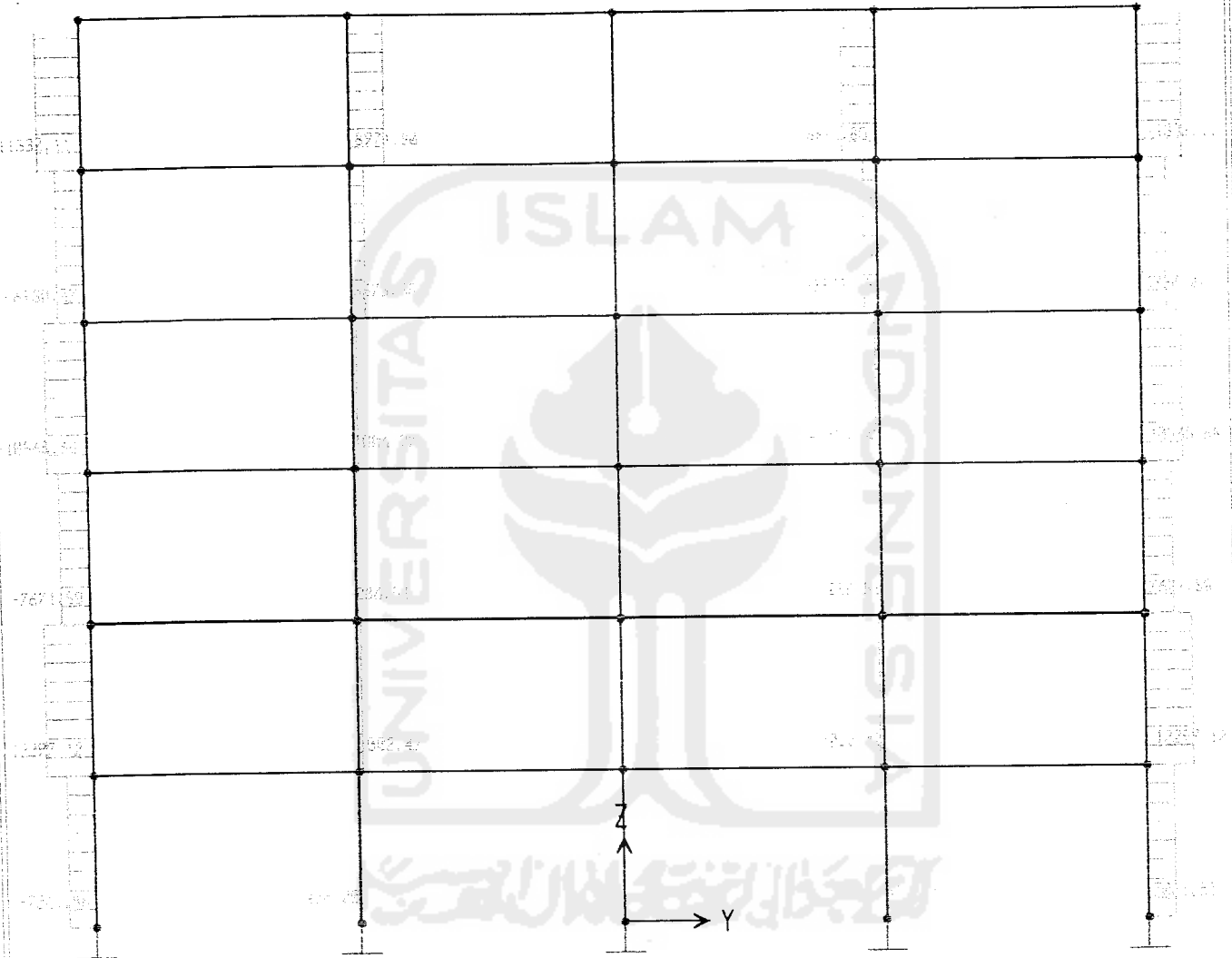


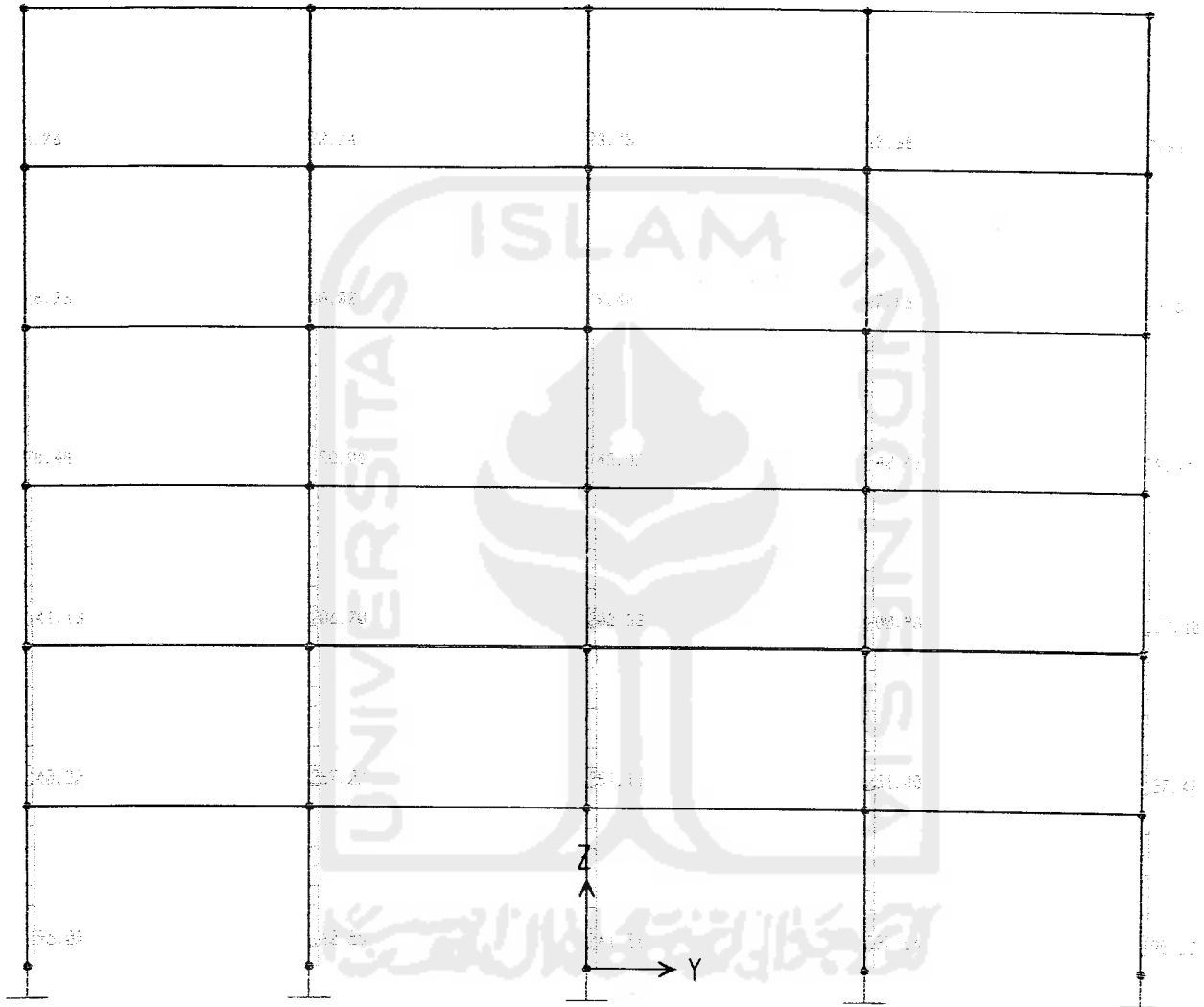


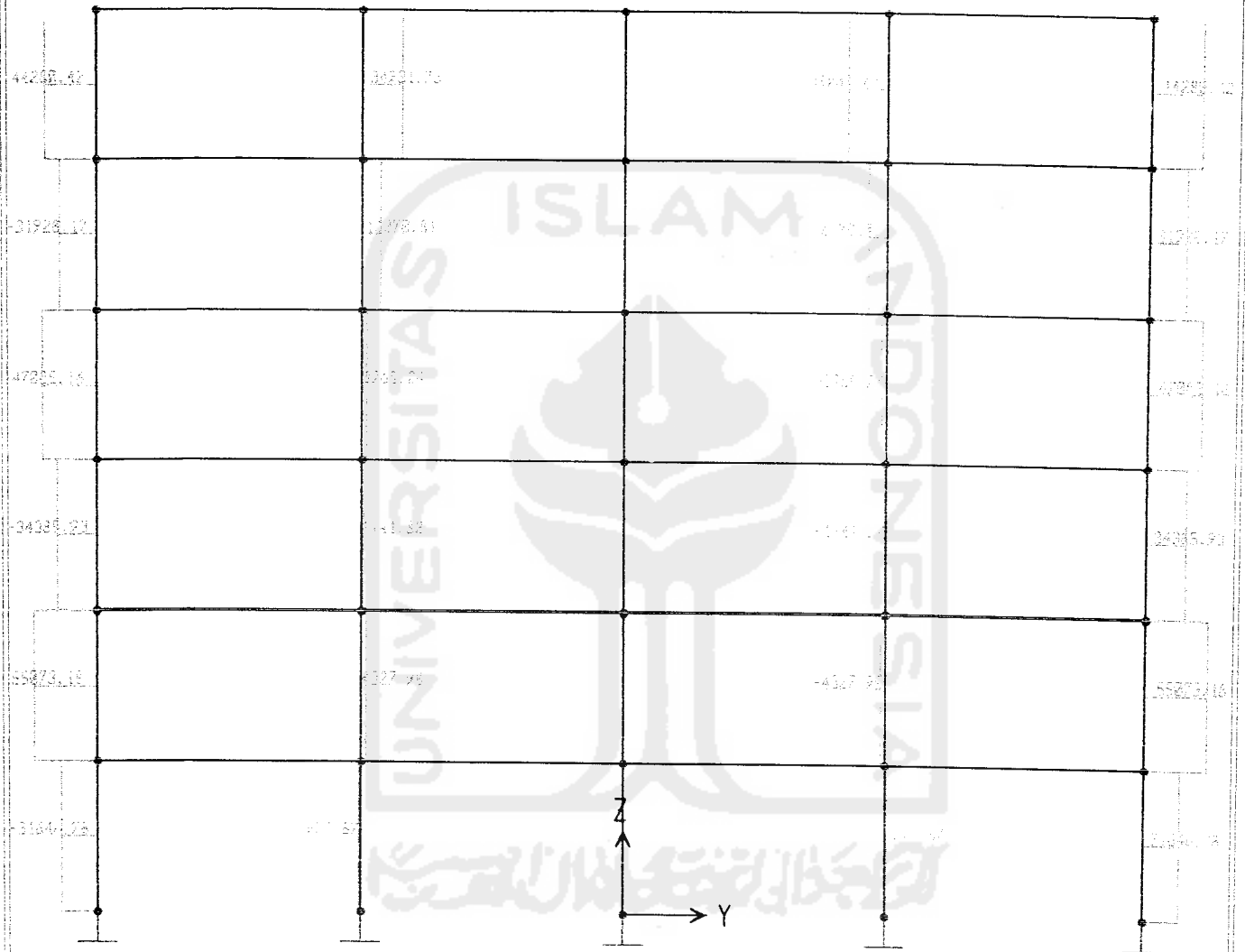












SAP2000 v7.42 - File:sap - Shear Force 3-3 Diagram (COMB1) - KN-mm Units

