

**TUGAS AKHIR**

**“PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS DAN METODE  
PELAKSANAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN  
GEDUNG PERPUSTAKAAN SMA KEBERBAKATAN  
OLAHRAGA DI TOMPASO KAB. MINAHASA”**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi  
Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung  
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

**Alfian Liud**  
**12 012 048**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
POLITEKNIK NEGERI MANADO  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
2016**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Meningkatnya minat masyarakat Indonesia pada berbagai macam olahraga, membuat pemerintah berinisiatif membangun gedung-gedung sekolah yang berfokus pada minat dan bakat olahraga yang dimiliki oleh masyarakat. Pembangunan yang dimaksud adalah pembangunan SMA Keberbakatan Olahraga. Di Provinsi Sulawesi Utara pembangunan gedung SMA Keberbakatan olahraga berada di Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa.

Dalam proses pembangunan, perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan struktur adalah hal yang harus diperhatikan karena berhubungan dengan keamanan pengguna bangunan. Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas meliputi kolom, balok dan plat sedangkan struktur bawah adalah pondasi.

Desain struktur merupakan faktor yang sangat menentukan untuk menjamin kekuatan dan keamanan suatu struktur bangunan, karena inti dari suatu bangunan terletak pada kekuatan bangunan itu sendiri. Suatu hal yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur adalah analisis struktur. Dengan analisis struktur akan diketahui gaya-gaya dalam struktur seperti momen lentur, gaya – gaya geser, tegangan-tegangan normal dan geser, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan dimensi dari elemen – elemen struktur.

Berdasarkan pada pentingnya faktor desain struktur dan analisis struktur, maka untuk itu perlu dianalisa perencanaan dan pelaksanaan pada setiap pembangunan gedung yang dilakukan. Sehingga judul untuk tugas akhir ini adalah **“Perhitungan Struktur Atas dan Metode Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan SMA Keberbakatan Olahraga di Tompaso Kab. Minahasa ”**.

## **1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan**

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan dan mendesain kembali struktur atas gedung Perpustakaan SMA Keberbakatan Olahraga yang meliputi kolom, balok dan pelat lantai.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada gedung Perpustakaan SMA Keberbakatan Olahraga dengan metode Matriks.
- b. Merencanakan dimensi dan penulangan struktur atas (kolom dan balok) dengan gaya dalam dari perhitungan metode Matriks.
- c. Merencanakan penulangan pelat dengan metode koefisien momen.
- d. Menjelaskan metode pelaksanaan pekerjaan struktur atas di lokasi proyek.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa pembatasan masalah yang digunakan sebagai lingkup pembahasan, diantaranya :

1. Perhitungan struktur kolom dan balok menggunakan metode matriks.
2. Perhitungan pelat menggunakan metode koefisien momen.
3. Metode Pelaksanaan struktur atas yang terdiri dari:
  - Pelaksanaan pekerjaan balok dan pelat lantai 1
  - Pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 2

## **1.4 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi Lapangan

Dengan cara mengumpulkan data – data pada lokasi.

2. Studi literatur

Dengan cara mengumpulkan data dari buku - buku literatur yang terkait.

3. Konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta pihak - pihak terkait dengan penyusunan tugas akhir.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir “Perhitungan Struktur Atas dan Metode Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan SMA Keberbakatan Olahraga di Tompaso Kab. Minahasa” adalah :

### **1. BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan laporan.

### **2. BAB II : DASAR TEORI**

Bab ini berisi landasan teori tentang perhitungan kolom, balok dan plat

### **3. BAB III : PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil perhitungan dan metode pelaksanaan.

### **4. BAB IV : PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil tinjauan.

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pengertian Umum**

Struktur bangunan adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Fungsi struktur dapat disimpulkan untuk memberi kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur merupakan bagian bangunan yang menyalurkan beban-beban. Beban-beban tersebut menumpu pada elemen elemen untuk selanjutnya disalurkan ke bagian bawah tanah bangunan, sehingga beban-beban tersebut akhirnya dapat di tahan (*Ariestadi D, 2008*).

Metode matriks adalah salah satu pemikiran baru pada analisa struktur, yang berkembang bersamaan dengan makin populernya penggunaan komputer otomatis untuk operasi-operasi perhitungan aritmatika. Di dalam ilmu mekanika teknik, konstruksi yang paling sederhana adalah konstruksi statis tertentu memang akan dapat segera diselesaikan hanya dengan menggunakan beberapa persamaan keseimbangan. Namun pada kebanyakan perencanaan teknis yang nyata, konstruksi yang dijumpai merupakan struktur-struktur yang kompleks.

Analisa dengan menggunakan matriks telah memberikan kemungkinan-kemungkinan bagi proses idealisasi ini. Seperti diketahui, suatu hal yang utama yang berhubungan dengan proses dari perencanaan struktur adalah menganalisa apa akibat dari pembebanan gaya-gaya pada konstruksi yang ditinjau. Tingkah laku dari konstruksi ini pada umumnya berhubungan sangat erat dengan perubahan stress dan strain yang terjadi padanya, gaya lintang, gaya normal, momen torsi, sedangkan strain bisa menyatakan deformasi terjadi pada konstruksi.

#### **2.2 Beton dan Beton Bertulang**

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat lainnya yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan.

Seperti substansi-substansi mirip batuan lainnya beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat tarik yang sangat rendah.

Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja tulangan yang berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki beton biasa.

Pengetahuan yang mendalam tentang sifat-sifat beton bertulang sangat penting sebelum mendesain struktur beton bertulang. Sifat-sifat beton dapat diketahui dengan cara pengujian tekan beton. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) dilakukan dengan melakukan uji silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pada umur 28 hari dengan tingkat pembebanan tertentu. Selama 28 hari silinder beton ini biasanya diletakkan dalam sebuah ruangan dengan temperatur tetap. Kebanyakan beton memiliki kekuatan pada kisaran 20 Mpa hingga 48 Mpa. Untuk aplikasi yang umum, digunakan beton dengan kekuatan 20 Mpa dan 25 Mpa. Untuk konstruksi beton prategang 35 Mpa dan 40 Mpa. Untuk beberapa aplikasi tertentu, seperti untuk kolom pada lantai-lantai bawah suatu bangunan tinggi, beton dengan kekuatan 60 Mpa telah digunakan dan dapat disediakan oleh perusahaan pembuat beton siap pakai (*ready mix concrete*).

Nilai-nilai kuat tekan beton seperti yang diperoleh dari hasil pengujian sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk dari elemen uji dan bentuk pembebanannya. Spesimen uji yang biasa digunakan adalah kubus berisi 200 mm. Untuk beton uji yang sama, pengujian terhadap silinder 150 mm x 300 mm menghasilkan kuat tekan yang besarnya hanya sekitar 80 % nilai yang diperoleh dari pengujian beton uji kubus.

Untuk mendapatkan kekuatan beton diatas 35-40 Mpa diperlukan desain campuran beton yang sangat teliti dan perhatian penuh kepada detail-detail seperti pencampuran, penempatan dan perawatan.

### **2.3 Peraturan-peraturan Perencanaan Struktur Gedung**

Untuk perencanaan struktur gedung bertingkat diperlukan peraturan-peraturan yang biasanya disebut SNI (Standar Nasional Indonesia) dalam hal ini adalah struktur gedung yang bertujuan untuk menghasilkan suatu gedung bertingkat yang aman dan kuat. Maka dari itu, dikeluarkan peraturan-peraturan standart diantaranya:

1. SNI 03-1726-2002 (Tatacara Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung),
2. SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perencanaan Beton Untuk bangunan Gedung),
3. PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung).

#### 2.4 Kriteria Dasar Perancangan

Pada tahap awal dari perancangan atau desain struktur bangunan, konfigurasi denah, material struktur dan bentuk struktur harus ditentukan terlebih dahulu. Pemilihan ini akan mempengaruhi tahap selanjutnya dari proses perancangan struktur. Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Material Struktur.

Setiap jenis material struktur mempunyai karakteristik tersendiri, sehingga suatu jenis bahan bangunan tidak dapat dipergunakan untuk semua jenis bangunan.

2. Konfigurasi Bangunan, antara lain:

- Konfigurasi Denah.

Denah bangunan diusahakan mempunyai bentuk yang sederhana, kompak serta simetris agar mempunyai kekakuan yang sama terhadap pengaruh torsi. Pada struktur dengan bagian-bagian menonjol dan tidak simetris perlu adanya dilatasi gempa (*seismic joint*) untuk memisahkan bagian struktur yang menonjol dengan struktur utamanya. Dilatasi tersebut harus mempunyai jarak yang cukup, agar bagian-bagian struktur yang dipisahkan tidak saling berbenturan saat terjadi gempa.

- Konfigurasi Vertikal.

Pada arah vertikal struktur, perlu dihindari adanya perubahan bentuk yang tidak menerus, jika konfigurasi struktur pada arah vertikal tidak menerus, suatu gerak getaran yang besar akan terjadi pada tempat-tempat tertentu pada struktur. Dalam hal ini akan diperlukan analisis dinamik.

- Kekakuan dan Kekuatan.

Baik pada arah vertikal maupun horizontal perlu dihindari adanya

perubahan kekuatan dan kekakuan yang drastis.

### 3. Sistem Rangka Struktural.

Ada dua macam, yaitu :

- Rangka Penahan Momen.

Rangka jenis ini paling banyak digunakan, berupa konstruksi beton bertulang yang terdiri dari elemen-elemen balok dan kolom.

- Rangka dengan Diafragma Vertikal.

Jika kekuatan dan kekakuan dari suatu rangka struktural tidak mencukupi untuk mendukung beban-beban yang bekerja, maka perlu dipasang dinding-dinding geser (*shear walls*).

### 4. Model Keruntuhan Struktur.

Pada perencanaan struktur di daerah gempa menggunakan desain kapasitas terlebih dahulu harus ditentukan elemen-elemen kritisnya sedemikian rupa sehingga mekanisme keruntuhannya dapat memancarkan energi sebesar-besarnya. Mekanisme tersebut diusahakan agar sendi-sendi plastis terbentuk pada balok terlebih dahulu dan bukannya pada kolom. Hal tersebut dengan pertimbangan bahwa bahaya kestabilan akibat efek perpindahan jauh lebih kecil dibandingkan dengan mekanisme sendi plastis pada kolom dan juga kolom lebih sulit diperbaiki daripada balok sehingga harus dilindungi dengan tingkat keamanan yang lebih tinggi. Oleh sebab itu konsep yang diterapkan hendaknya adalah kolom lebih kuat daripada balok (*Strong Column Weak Beam*).

## 2.5 Pembebanan

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Berikut ini akan disajikan jenis-jenis beban, data beban, faktor-faktor dan kombinasi pembebanan serta faktor reduksi bahan sebagai dasar acuan bagi perhitungan struktur.

### 2.5.1 Jenis-jenis Beban

Jenis-jenis beban yang biasa diperhitungkan dalam perencanaan struktur bangunan gedung adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati  $q_d$  (*Dead Load / DL*).

Beban mati merupakan berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari struktur itu. Yang termaksud beban mati adalah berat struktur sendiri dan juga semua benda yang tetap posisinya struktur berdiri.

**Tabel 2.1 Beban Mati pada Struktur.**

Beban Mati	Besar beban
beton bertulang	24 KN/m <sup>3</sup>
Pas. dinding ½ bata	2,50KN/m <sup>2</sup>
adukan /cm tebal	0,21 KN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,07 KN/m <sup>2</sup>
Rangka atap baja ringan	0,20 KN/m <sup>2</sup>
Atap bitumen	0,032 KN/m <sup>2</sup>

2. Beban Hidup  $q_l$  (*Life Load / LL*).

Beban hidup merupakan beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meski dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung oleh banyak faktor. Oleh karena itu faktor beban-beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati.

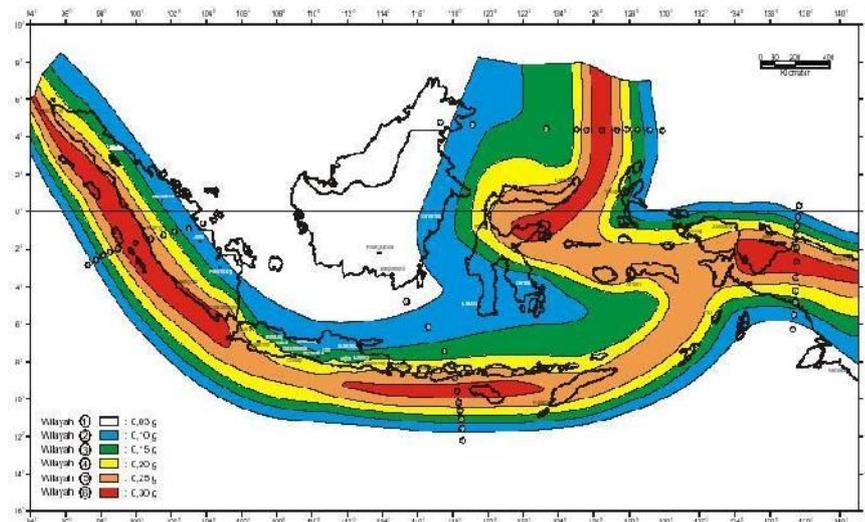
**Tabel 2.2 Beban Hidup pada Struktur.**

Beban Mati	Besar beban
beban hidup pada lantai sekolah	2,50 KN/m <sup>2</sup>
beban pekerja	1,00 KN/m <sup>2</sup>

### 3. Beban Gempa (*Earthquake Load / EL*).

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. dalam hal pengaruh gempa terhadap struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Indonesia dibagi dalam 6 zona wilayah gempa. Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan terhadap gempa dengan zona gempa wilayah 5 yakni resiko gempa tinggi.



**Gambar 2.1 Pembagian Wilayah Gempa untuk Indonesia.**

Besarnya Beban Gempa Dasar Nominal horizontal akibat gempa menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI-1726-1998), dinyatakan sebagai berikut :

$$V = \frac{CI}{R} W_t$$

dimana :

V = beban gempa dasar nominal (beban gempa rencana).

$W_t$  = kombinasi dari beban mati dan beban hidup vertical yang direduksi.

C = spektrumrespon nominal gempa rencana, yang besarnya tergantung dari jenis tanah dasar dan

waktu getar struktur.

I = faktor keutamaan struktur.

R = faktor Reduksi Gempa.

Untuk menentukan harga  $\tau$  harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah tempat struktur bangunan berdiri. Untuk menentukan jenis tanah digunakan rumus tegangan geser tanah sebagai berikut:

$$\tau = c + \tan \phi$$

$$\sigma_1 = \gamma_1 \cdot h_1$$

dimana :

$\tau$  = tegangan geser tanah ( $\text{Kg} / \text{Cm}^2$ ).

C = nilai kohesi tanah pada lapisan paling dasar yang ditinjau.

$\sigma_1$  = tegangan normal masing-masing lapisan tanah ( $\text{Kg} / \text{Cm}^2$ ).

$\gamma_1$  = berat jenis masing-masing lapisan tanah ( $\text{Kg} / \text{Cm}^3$ ).

$h_1$  = tebal masing-masing lapisan tanah.

$\Phi$  = sudut geser pada lapisan paling dasar yang ditinjau.

Pemakaian faktor keutamaan struktur (I) pada analisa perhitungan beban tahan gempa dimaksudkan untuk memperpanjang waktu ulang dari kerusakan struktur gedung akibat gempa dimana nilainya lebih besar dari 1,0. Faktor keutamaan struktur (I) penentuannya didasarkan pada fungsi bangunan yang dapat dilihat lebih lengkapnya pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Struktur**

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Hunian, perniagaan, dan perkantoran.	1.0	1.0	1.0
Monumen dan Bangunan Monumental.	1.0	1.6	1.6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamat dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1.4	1.0	1.4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1.6	1.0	1.6
Cerobong, tangki diatas menara.	1.5	1.0	1.5

#### 4. Beban Angin W (*Wind Load* / WL).

Berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIG) 1983 pasal 4.4.2 pada gedung tertutup dengan tinggi  $\geq 16$  meter dapat diberikan pembebasan atas pengaruh angin.

### 2.5.2 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SKSNI SNI 03-1726-2002 dikatakan bahwa beban yang bekerja pada struktur harus dikalikan dengan faktor beban.

- Untuk beban hidup : 1.6
- Untuk beban mati : 1.2

Beberapa kombinasi pembebanan yang harus ditinjau:

1. Kombinasi pembebanan tetap.

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad (1)$$

2. Kombinasi pembebanan sementara akibat gempa.

$$U = 1.2 D + 0.5 L \pm 1.0 (I/R) E \quad (2)$$

Dimana :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- E = Beban Gempa
- I = Faktor Keutamaan Struktur

## 2.6 Perhitungan/analisa Struktur dengan Metode Matriks

Pada tahap awal perencanaan suatu struktur biasanya dimulai dengan perhitungan analisis struktur kemudian akan dihasilkan gaya-gaya dalam dari struktur tersebut. Gaya-gaya dalam inilah yang selanjutnya akan dipergunakan untuk melakukan desain struktur, baik untuk kolom, balok, ataupun komponen struktur lainnya.

Pada dasarnya, analisa struktur dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu cara metode gaya dan metode matriks. Analisa metode matriks dapat menghitung gaya dalam struktur (momen, geser, normal), perpindahan/deformasi, dan juga untuk menghitung struktur yang kompleks, dengan cepat dan efisien. Sudah terdapat beberapa perangkat lunak yang dapat dipergunakan untuk menghitung struktur yang kompleks, diperlukan suatu pemahaman yang cukup mendalam tentang analisa struktur metode matriks.

### 2.6.1 Pemodelan Struktur

Guna memudahkan dalam analisa maka maka struktur yang ditinjau dapat disederhanakan menjadi model diskrit. Model diskrit diperoleh dengan membagi struktur menjadi unsur-unsur (elemen/batang) dimana tiap elemen dibatasi oleh titik kumpul/titik simpul/node.

#### - **penentuan letak titik simpul/node**

Berikut ini adalah penentuan letak titik simpul/node :

- a. Terjadi perubahan sifat bahan/material.
- b. Terjadi perubahan geometri struktur
- c. Tempat bekerjanya gaya terpusat atau perubahan pembebanan.

#### - **Jenis perpindahan/deformasi**

Berikut ini adalah jenis perpindahan/deformasi

1. Normal
2. Geser
3. Momen lentur
4. Momen puntir

#### - **Perpindahan/deformasi struktur:**

Berikut ini adalah Perpindahan/deformasi struktur:

1. Translasi ( $\delta$ )

2. Rotasi ( $\theta$ )**2.6.2 Hukum Analisis**

Berikut ini adalah hukum analisis yang menyangkut dengan metode matriks

a. *Keseimbangan*

$$\Sigma F_x=0; \Sigma F_y=0; \Sigma F_z=0 \quad (3)$$

$$\Sigma M_x=0; \Sigma M_y=0; \Sigma M_z=0 \quad (4)$$

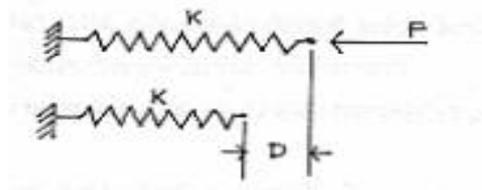
$$\Sigma F_x=0; \Sigma F_y=0; \Sigma M_z=0 \quad (5)$$

b. *Kompabilitas*

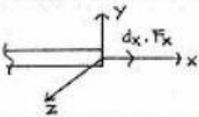
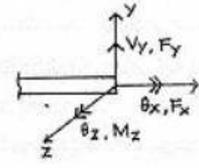
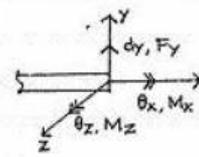
Kesepadanan merupakan persyaratan keserasian dari perpindahan di seluruh struktur. Misalnya kesepadanan pada tumpuan jepit maka tidak akan terjadi translasi maupun rotasi. Pada titik simpul yang tegar/kaku, perpindahan yang terjadi harus sama (translasi dan rotasi). Dengan demikian kompabilitas ataupun persyaratan konsistensi dari deformasi merupakan persyaratan geometri yang harus dipenuhi.

c. *Hubungan gaya dan perpindahan*

$$F = Kd \quad (6)$$



Tabel 2.4 Elemen linear dengan vektor perpindahan dan aksial

ELEMEN	GAMBAR	PERPINDAHAN	GAYA
Pendel		$\delta_x$	$F_x$
Balok-Kolom Bidang		$\delta_x \delta_y \theta_z$	$F_x F_y M_z$
Grid Bidang		$\delta_y \theta_x \theta_z$	$F_y M_x M_z$

### 2.6.3 Langkah-langkah perhitungan metode kekakuan

Berikut ini adalah beberapa langkah untuk perhitungan matriks dengan cara kekakuan:

1. Menentukan *Degree of freedom (DOF)* / Derajat kekakuan struktur
2. Menghitung kekakuan struktur
3. Menghitung deformasi struktur
4. Menghitung kekakuan elemen struktur
5. Menghitung gaya-gaya dalam

## 3.7 Cara Pengisian Pada Tabel Matriks

### 3.7.1 Titik Kumpul

Pengertian titik kumpul merupakan suatu pertemuan antar batang. Selain itu perletakan juga merupakan suatu titik kumpul. Langkah-langkah yang diperlukan untuk menentukan titik kumpul adalah sebagai berikut:

1. Penamaan rangka batang dan titik kumpul,
2. Mengisi tabel titik kumpul harus mengikuti sumbu kordinat x dan y.

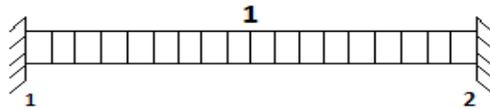
Contoh:

Titik a berada pada koordinat  $X=0, Y=11,55$

### 3.7.2 Elemen Batang

Pengisian elemen batang, harus disesuaikan dengan titik-titik yang ada pada ujung batang. Perhatikan contoh dibawah ini:

Contoh batang 1



- Baris J diisi dengan titik 1
- Baris K diisi dengan titik 2.

### 3.7.3 Pengekang Titik Kumpul

Pengekang titik kumpul ialah jenis perletakan (hanya mengisi jenis perletakan). Jika ditabel diisi dengan 1 (satu) berarti ada gaya yang bekerja dan jika 0 (nol) tidak ada gaya yang bekerja.

- Pada jenis perletakan sendi X=1, Y=1,
- Rol Y=1,
- Jepit X=1, Y=1, rotasi 1.

### 3.7.4 Gaya pada Titik Kumpul

Gaya pada titik kumpul adalah gaya luar yang bekerja tepat pada titik kumpul.

### 3.7.5 Gaya Ujung Batang

Gaya ujung batang adalah momen maupun gaya arah x dan y pada titik kumpul. Perhatikan rumus momen dan reaksi dibawah ini:

- Untuk arah Y
 
$$Y_a = Y_b = Ql/2 \quad (1)$$

- Untuk momen
 
$$M_a = M_b = - Ql^2/12 \quad (2)$$

## **2.8 Komponen-komponen Struktur Gedung Bagian Atas**

### **2.8.1 Kolom**

Menurut Sudarmoko (1996), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total seluruh struktur.

Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan beban bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin.

Kolom harus di rencanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang di tinjau. Untuk konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus di perhitungkan. Kolom bertulang hampir selalu mengalami lentur, selain juga gaya aksial, sebagai akibat kondisi pembebanan dan hubungan dengan elemen struktur lain.

Elemen struktur kolom mempunyai nilai perbandingan antara panjangnya dengan dimensi penampang melintang relatif kecil di sebut kolom pendek dan kegagalannya di tentukan oleh tekuk. Dalam perhitungan momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom dapat di anggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu dengan komponen struktur lainnya. Momen yang bekerja di setiap level lantai atau atap harus di pada kolom atas dan di bawah berdasarkan kekakuan relatif kolom.

Perbandingan  $b/h$  dari kolom tidak  $<$  dari 0,3 dan dimensi minimumnya = 300 mm. diameter tulangan yang di gunakan pada kolom harus  $>$  12 mm. diameter

minimum sengkang untuk kolom harus 8mm. lusan tulangan minimum untuk beban = 1% dari luas penampang dan luas tulangan maksimumnya = 6%.

Semua dimensi kolom berbentuk bujur sangkar dengan lebar minimal sama dengan lebar balok yang di tumpuhnya, dan harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*” pasal 3.14.4 ayat 1.

$$\frac{b}{h} \geq 0,4 \text{ dan } \frac{L}{b} \leq 16 \quad (7)$$

dimana :

b = dimensi penampang terpendek (mm)

h = dimensi penampang yang tegak lurus penampang terpendek (mm)

L = tinggi kolom (mm)

Langkah selanjutnya adalah menentukan rencana tulangan kolom dengan menggunakan kurva diagram interaksi, sebagai berikut:

- Menentukan luas penampang bruto kolom ( $A_{gr}$ ).

$$A_{gr} = b \times h \quad (8)$$

- Menentukan nilai sumbu vertikal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \quad (9)$$

dimana:  $P_u$  adalah beban aksial kolom

- Menentukan nilai sumbu horisontal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} \quad (10)$$

- Menentukan nilai  $d'/h$  (11)

- Plot nilai sumbu vertikal dan sumbu horizontal sehingga didapatkan nilai  $r$ .

- Tentukan nilai presentase tulangan ( $\rho$ ) dengan  $\rho = r \times \beta$  (nilai  $\beta$  tergantung dari mutu beton  $f'_c$ . Untuk  $f'_c$  30 MPa  $\beta = 1,2$ ). (12)

- Pembatasan rasio tulangan, dimana:

$$\rho_{maks} = 0,06 A_{gr} \quad (13)$$

$$\rho_{\min} = 0,01 A_{gr} \quad (14)$$

- Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ).

$$A_s = \rho_{\text{desain}} \times A_{gr} \quad (15)$$

### 2.8.2 Balok

Menurut Nawy (1998) balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari plat lantai ke penyangga yang vertikal. Balok merupakan elemen struktur yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja secara transversal terhadap sumbunya sehingga mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya.

Balok merupakan bagian struktur bangunan yang penting dan bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser, maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis dan aman sangat penting untuk suatu struktur bangunan terutama struktur bertingkat tinggi atau struktur berskala besar.

Balok berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima plat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horizontal berupa beban angin dan gempa.

Balok harus mempunyai perbandingan lebar/tinggi  $> 0,3$  dan lebar balok harus lebih besar dari 250 mm dan tidak boleh lebih besar dari kolom yang mendukungnya di tambah  $\frac{3}{4}$  kali tinggi balok.

Syarat dimensi awal balok harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*” Tabel 3.2.5(a) dan pasal 3.14.3 ayat 1.

Syarat minimum :

untuk balok dengan dua tumpuan sederhana

$$h_{\min} = \frac{L}{12} \quad (16)$$

$$b_{\min} = \frac{b}{h} \geq 0,3 \quad (17)$$

dimana :

$b$  = lebar penampang balok (mm)

$h$  = tinggi penampang balok (mm)

$L$  = panjang bentang balok, di ukur dari As ke As (mm)

Setelah proses *preliminary design* balok selesai, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai-nilai dibawah ini berdasarkan hasil  $M_u$  (momen negatif max. di tumpuan) hasil *output* gaya-gaya dalam Matriks, yang kemudian akan menghasilkan dimensi tulangan pada balok di tumpuan dan lapangan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, nilai-nilai yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut:

- Menentukan  $M_u$  (momen negatif max. di tumpuan)
- Menentukan  $\rho_{balance}$

$$\rho_{balance} (\rho_b) = \beta_1 \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (18)$$

- Menentukan  $\rho_{min}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (19)$$

- Menentukan  $\rho_{max}$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \quad (20)$$

- Menentukan nilai  $M_n$  perlu

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} \quad (21)$$

- Menentukan  $R_n$

$$R_n = \frac{M_n \text{ perlu}}{b \times d^2} \quad (22)$$

- Menentukan  $m$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \quad (23)$$

- Menentukan  $\rho_{perlu}$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (24)$$

- Menentukan  $A_s$  perlu

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (25)$$

- Menentukan jumlah tulangan  $n$

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4\pi} \times D_{tul}^2} \quad (26)$$

- Menentukan  $A_s$  ada

$$A_s \text{ ada} = 4 \times \frac{1}{4\pi} \times D_{tul}^2 \quad (27)$$

- Menentukan nilai  $a$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times B} \quad (28)$$

- Menentukan  $M_n$  ada

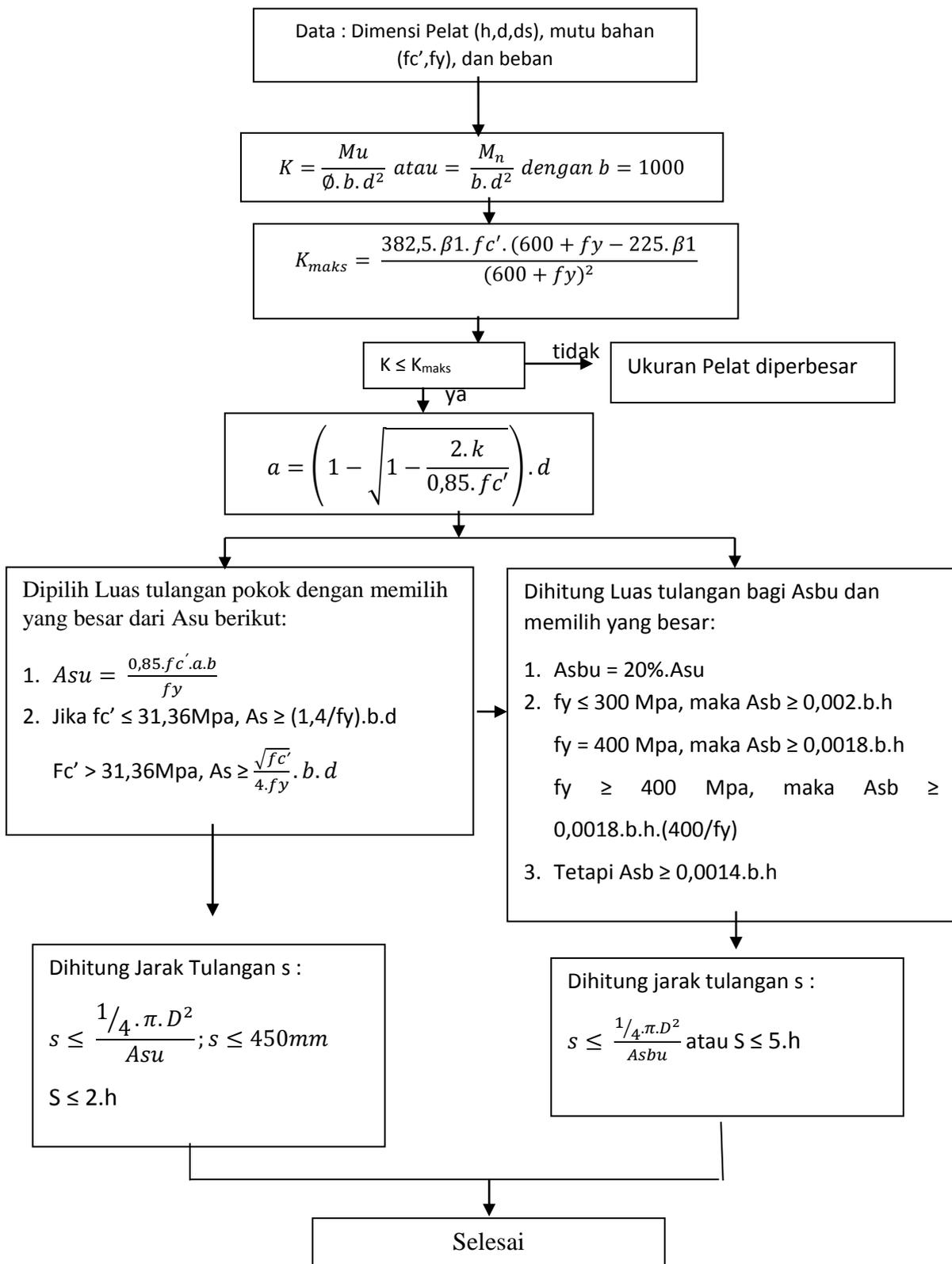
$$M_n \text{ ada} = A_s \text{ ada} \times f_y \times (d - a/2) \quad (29)$$

Catatan: syarat  $M_n \text{ ada} > M_n$

### 2.8.3 Pelat

Menurut (Asroni 2010), pelat adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan bidang yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/usur pengaku horizontal yang sangat mendukung ketegaran balok portal.

Untuk mempermudah dalam perhitungan penulangan pelat ([Asroni 2010](#)), berikut ini dijelaskan tentang rumus-rumus sebagai dasar perencanaan. Skema hitungan tersebut yaitu:



Gambar 2.2. Skema Hitungan Tulangan Pelat

Sumber. Asroni 2010