

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 UMUM**

Struktur gedung beton bertulang dengan sistem cetak di tempat (*insitu*) dapat terdiri dari pelat lantai menerus yang dicetak menjadi satu kesatuan monolit dengan balok-balok penumpunya. Balok-balok terdiri dari balok anak dan balok induk juga merupakan struktur bentang menerus dari bentang satu ke bentang lainnya. Pelat lantai merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua arah atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya (Dipohusodo, 2000).

Pelat merupakan struktur bidang atau permukaan yang lurus, (datar atau melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain. Dimensi suatu pelat bisa dibatasi oleh suatu garis lurus atau garis lengkung.

Ditinjau dari segi statika, kondisi tepi (*boundary condition*) pelat bisa berupa :

1. Bebas (*free*)
2. Bertumpu sederhana (*simply supported*)
3. Jepit

Beban statis atau dinamis yang dipikul oleh pelat umumnya tegak lurus permukaan pelat.

## ***Struktur Beton II - PELAT***

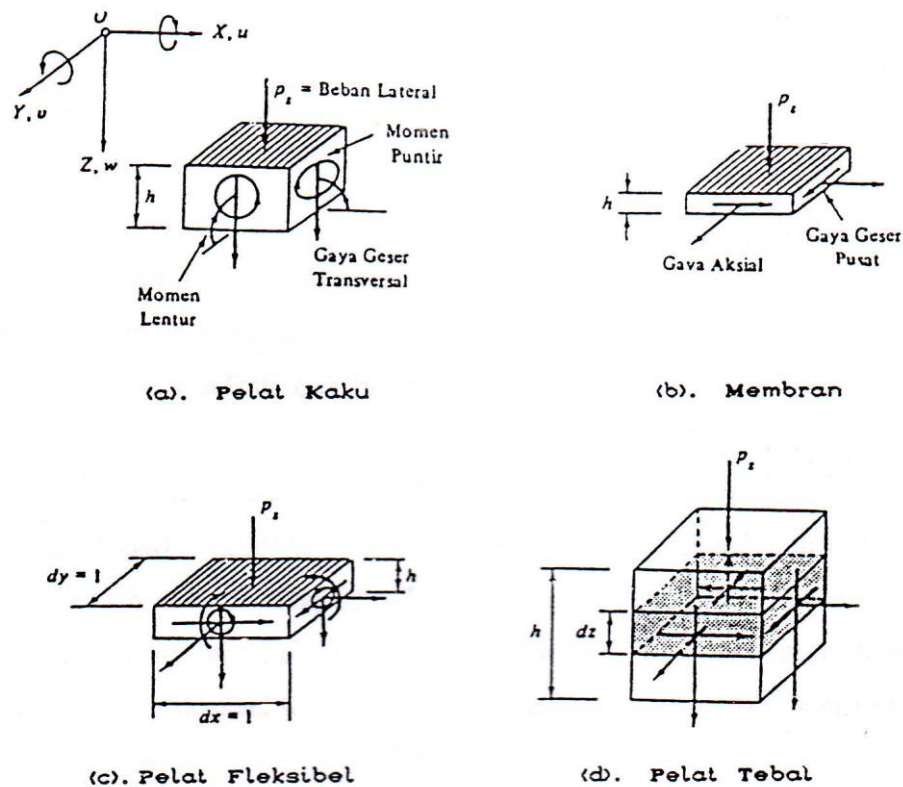
---

Aksi struktural dua dimensi pada pelat menghasilkan struktur yang lebih ringan, dan karenanya memberikan banyak keuntungan. Pelat dipakai pada struktur arsitektur, jembatan struktur hidrolis, perkerasan jalan, pesawat terbang, kapal dan sebagainya.

Pelat secara umum berdasarkan aksi strukturnya, dibedakan menjadi empat kategori utama (Szilard, 1974), yaitu :

- 1) Pelat kaku** : merupakan pelat tipis yang memiliki tegangan lentur (*flexural rigidity*), dan memikul beban dengan aksi dua dimensi, terutama dengan momen dalam (lentur dan puntir) dan gaya geser transversal, yang umumnya sama dengan balok, lihat Gambar 1.1(a). Pelat yang dimaksud dalam bidang teknik adalah pelat kaku, kecuali jika dinyatakan lain.
- 2) Membran** : merupakan pelat tipis tanpa ketegangan lentur dan memikul beban lateral dengan gaya geser aksial dan gaya geser terpusat, lihat Gambar 1.1(b). Aksi pemikul beban seperti ini bisa didekati dengan jaringan kabel yang tegang karena ketebalannya yang sangat tipis membuat daya tahan momennya dapat diabaikan.
- 3) Pelat fleksibel** : merupakan gabungan dari pelat kaku dan membran dan memikul beban luar dengan gabungan aksi momen dalam, gaya geser transversal dan gaya geser pusat, serta gaya aksial, dilihat dari Gambar 1.1(c). Pelat seperti ini sering dipakai dalam industri ruang angkasa karena perbandingan berat dengan bebannya menguntungkan.
- 4) Pelat tebal** : merupakan pelat yang kondisi tegangan dalamnya menyerupai kondisi kontinu tiga dimensi, lihat Gambar 1.1(d).

## Struktur Beton II - PELAT



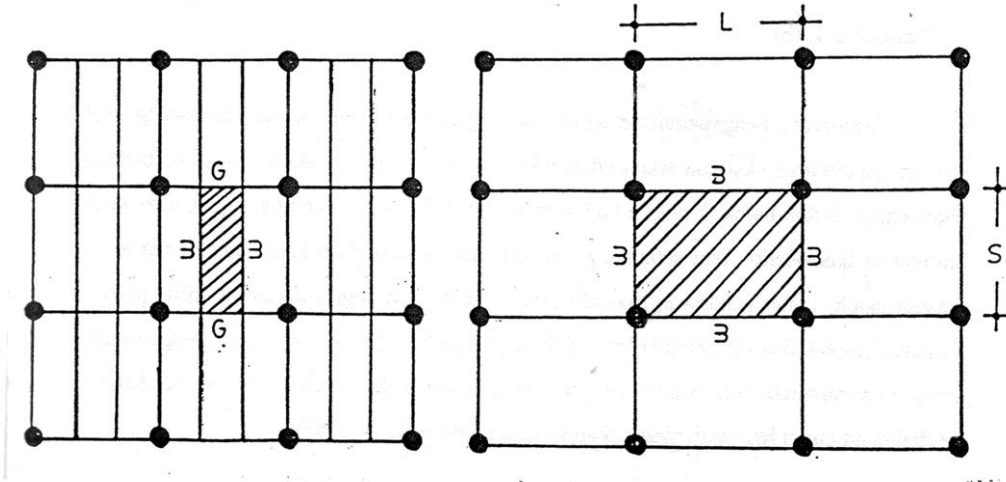
Gambar 1.1 Gaya geser dalam pada berbagai jenis elemen pelat (Szilard, 1974)

### 1.2 SISTEM PELAT SATU ARAH

Pada bangunan-bangunan beton bertulang, suatu jenis lantai yang umum dan dasar adalah tipe konstruksi pelat balok-balok induk (gelagar). Seperti terlihat pada Gambar 1.2(a) Permukaan pelat yang diarsir dibatasi oleh dua balok yang bersebelahan pada sisi dan dua gelagar pada kedua ujung. Jika panjang dari permukaan ini dua kali atau lebih besar dari pada lebarnya, maka hampir semua beban lantai menuju balok-balok dan hanya sebagian kecil yang akan menyalur secara langsung ke gelagar. Kondisi pelat lantai ini dapat direncanakan sebagai pelat satu arah dengan tulangan utama sejajar dengan gelagar atau sisi pendek pelat, dan tulangan susut dan suhu sejajar dengan balok-balok atau sisi panjang pelat. Permukaan yang melendut dari sistem pelat satu arah mempunyai kelengkungan tunggal. (Wang, 1985)

## **Struktur Beton II - PELAT**

Sistem pelat satu arah bisa terjadi pada pelat tunggal maupun pelat menerus, asalkan persyaratan perbandingan panjang bentang kedua sisi pelat terpenuhi.



Gambar 1.2. Pelat satu arah dan dua arah

### **1.3 SISTEM PELAT DUA ARAH**

Sistem pelat lantai dua arah dapat juga terjadi pada pelat bentang tunggal maupun bentang menerus asal persyaratannya terpenuhi. Persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang ( $L$ ) terhadap bentang pendek ( $S$ ) kurang dari pada dua, lihat Gambar 1.2(b). Beban pelat lantai pada jenis pelat ini disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat. Permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda.

Jenis sistem pelat dua arah secara umum ada tiga macam yang dikenal yaitu :

#### **1) Pelat lantai dengan balok-balok (*two way slab*)**

Merupakan pelat lantai dua arah dengan adanya balok-balok sepanjang garis kolom dalam maupun kolom luar, seperti Gambar 1.3(a).

### **2) Pelat lantai cendawan (*flat/waffle slab*)**

Merupakan pelat lantai yang mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut :

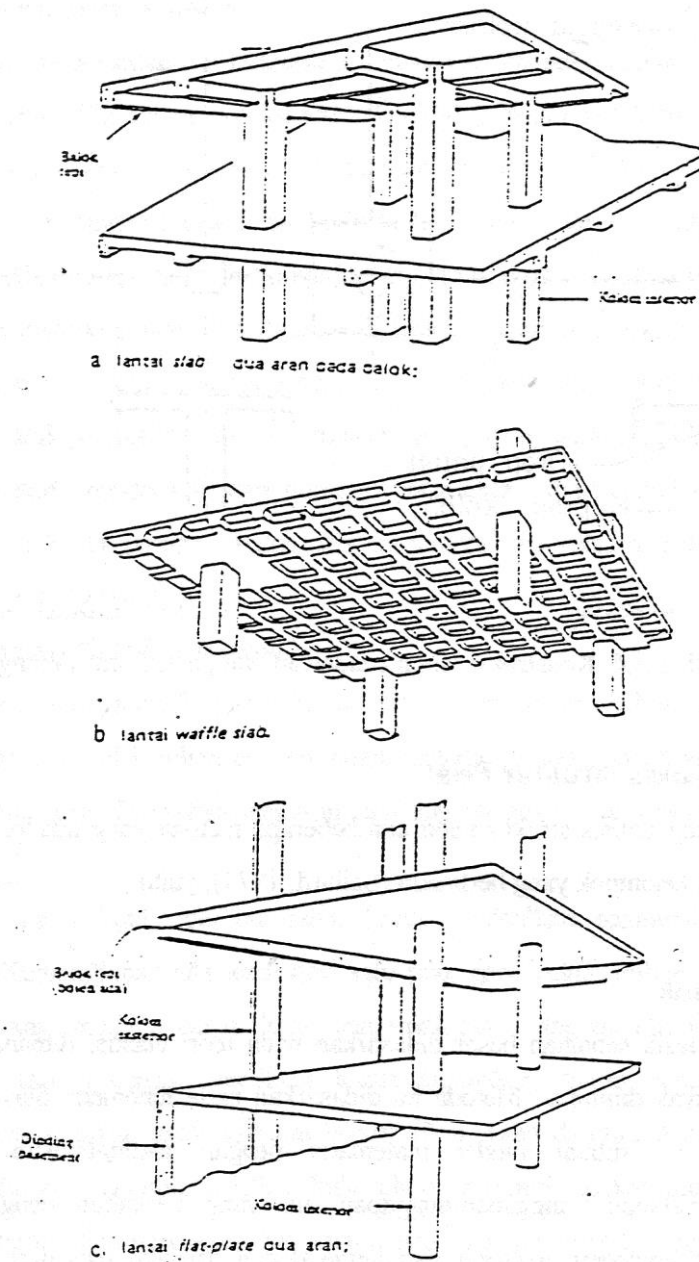
- a) *Drop panel* (pertambahan tebal pelat didalam daerah kolom) atau;
- b) Kepala kolom (*colom capital*) yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas, lihat Gambar 1.3(b). dan Gambar 1.4(a).

### **3) Pelat lantai datar (*flat plate*)**

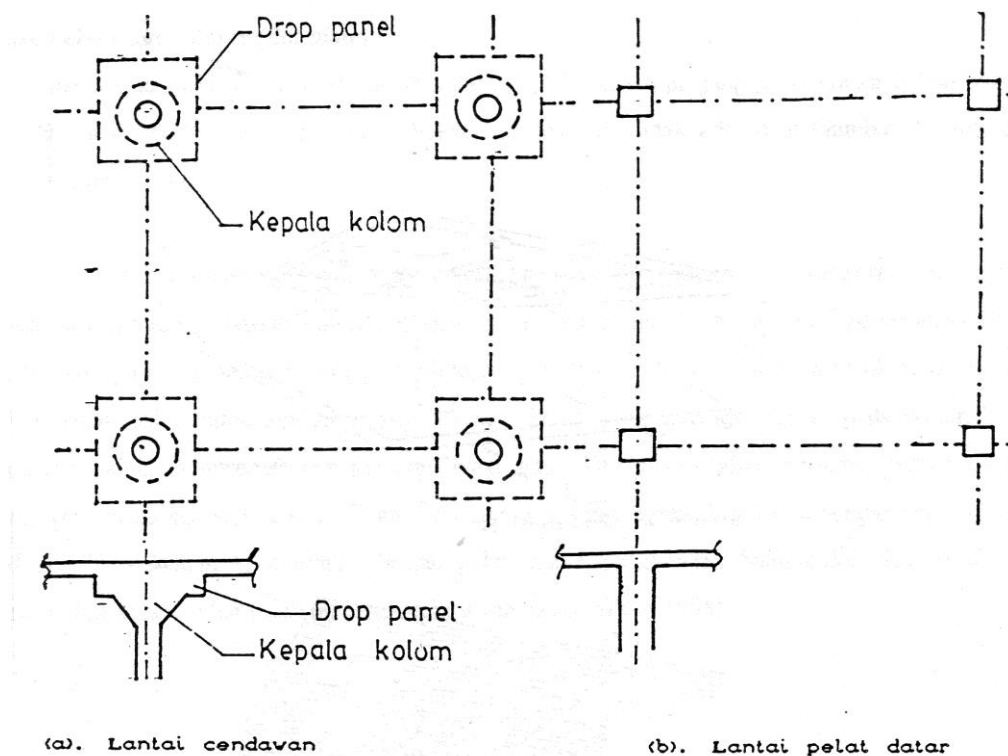
Merupakan pelat lantai tanpa adanya balok-balok pada sepanjang garis kolom dalam namun balok-balok tepi luar lantai boleh jadi ada atau tidak ada, lihat Gambar 1.3(c). Dan Gambar 1.4(b).

Sebenarnya penggunaan ketiga istilah jenis lantai tersebut adalah sembarang, oleh karena sebenarnya terdapat aksi dua arah di dalam ketiga jenis di atas. Menurut tradisi perbedaan terletak pada adanya balok-balok di antara kolom untuk pelat dua arah, dan absennya balok-balok kecuali barangkali balok-balok tepi sepanjang sisi luar dari keseluruhan luas lantai, pada sistem lantai dengan balok, lantai cendawan maupun lantai datar. Dari segi analisis struktur, perbedaan ada tidaknya balok-balok diantara kolom tidak begitu penting, karena bila balok dengan suatu ukuran dapat direncanakan berinteraksi dengan pelat, maka penggunaan balok-balok dengan ukuran setebal pelat lantai hanyalah merupakan keadaan batas (Wang 1985).

## Struktur Beton II - PELAT



Gambar 1.3 Jenis-jenis pelat dua arah (Nawy, 1990)



Gambar 1.4 Konstruksi lantai cendawan dan pelat datar (Wang, 1985)

### 1.4 METODE ANALISIS STRUKTUR PELAT

Untuk menganalisis struktur pelat ada beberapa metoda yang dikelompokkan secara garis besar menjadi dua kelompok yang berlainan (Szilard, 1974), yaitu :

#### 1. Metoda klasik

Metoda klasik sebagian besar didasarkan pada teori elastis, dimana pemakaian analisis tingkat tinggi banyak dijumpai. Metoda ini didasarkan pada fenomena fisis pelat, yaitu lenturan pelat. Lenturan ini dibuat model matematis dengan menggunakan anggapan-anggapan penyederhanaan, walaupun anggapan-anggapan ini, yang berkaitan dengan sifat-sifat

## ***Struktur Beton II - PELAT***

---

bahan (elastisitas, linier, homogen, isotropis, dan lainnya) dan perilaku fisis dari pelat cukup banyak meskipun demikian besarnya kesalahan yang timbul dari anggapan ini dalam banyak hal bisa diabaikan. Berdasarkan metode ini lenturan pelat dinyatakan dalam bentuk matematis yang tepat dengan persamaan differensial. Penyelesaian eksak persamaan differensial tersebut dengan kondisi batas tertentu akan menghadapi pada pemakaian analisis matematis tingkat tinggi.

Pengetahuan tentang dasar-dasar metoda klasik yang merupakan inti hampir semua teori pelat harus dimiliki, walaupun penerapannya sangat terbatas. Seperti hampir semua masalah fisika matematis, penyelesaian eksak hanya bisa diperoleh untuk kasus yang paling sederhana. Untuk banyak hal metoda klasik tidak mampu memberikan penyelesaian atau menghasilkan penyelesaian yang terlalu rumit untuk dipakai dalam praktek. Dalam hal ini, metoda numerik dan pendekatan merupakan satu-satunya cara yang logis (Szilard, 1974).

### **2. Metoda pendekatan dan numerik**

Dalam metoda pendekatan dan numerik selain ketidaktepatan masukan data yang meliputi taksiran beban luar, sifat-sifat bahan, kondisi tepi, akan didapatkan ketidaktepatan tambahan yang disebut kesalahan perhitungan. Pada dasarnya kesalahan ini harus lebih kecil dari kesalahan data. Biasanya kesalahan perhitungan harus tidak berbeda lebih besar dari 5% dibandingkan dengan penyelesaian eksak. Akan tetapi dalam beberapa penerapan praktis kesalahan perhitungan sebesar 10% diizinkan. Jika metode pendekatan digunakan untuk tujuan pemeriksaan atau penaksiran, kesalahan perhitungan yang lebih besarpun dapat ditolelir. Penerapan terakhir yaitu pemakaian metode pendekatan untuk penaksiran dan pemeriksaan, sering dilupakan (Szilard, 1974).

## ***Struktur Beton II - PELAT***

---

Beberapa metoda pendekatan dan numerik yang akan dibahas pada bagian ini adalah metoda garis luluh, metoda jaringan balok silang, metoda pendekatan PBI 71, dan metode pendekatan SNI 03-2847-2002.

### **a) Metoda garis luluh (*Yield line method*)**

Konsep dasar dari metoda garis luluh pada perencanaan beban batas untuk pelat dikembangkan secara nyata oleh Johansen. Di dalam metoda ini, kekuatan suatu pelat dimisalkan ditentukan oleh lentur saja. Pengaruh-pengaruh lain seperti geser dan lendutan harus ditinjau secara tersendiri.

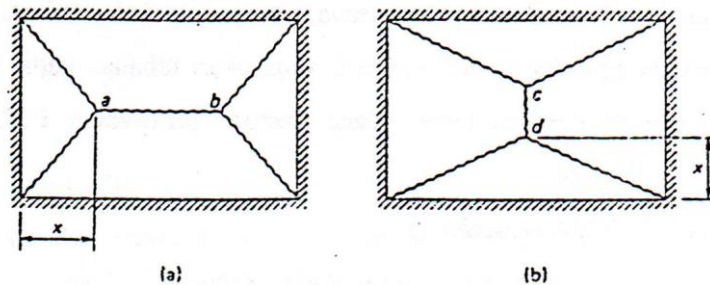
Suatu pola garis luluh, pertama-tama dimisalkan sehingga dihasilkan suatu mekanisme runtuh. Kemungkinan ada lebih dari satu pola garis luluh, dalam mana penyelesaian untuk semua pola yang mungkin harus dicari dan salah satu yang memberi beban batas yang terkecil yang akan terjadi dengan demikian harus digunakan dalam perencanaan. Langkah selanjutnya adalah menentukan letak dari garis-garis luluh yang didefinisikan oleh parameter  $x$  dalam Gambar 1.5(a) atau Gambar 1.5(b). pada tahap ini dipilih apakah menggunakan metoda kerja virtual atau metoda keseimbangan. Di dalam metoda virtual, suatu persamaan yang mengandung parameter  $x$  ditentukan dengan menyamakan kerja positif yang dilakukan oleh beban batas selama perputaran benda kaku yang simultan dari segmen-segmen pelat (sambil memelihara kompatibilitas lendutan), dengan kerja negatif total yang dilakukan oleh momen-momen lentur dan puntir pada semua garis-garis luluh. Kemudian beban  $x$  ini yang memberikan beban batas terkecil diperoleh dengan cara kalkulus diferensial.

## **Struktur Beton II - PELAT**

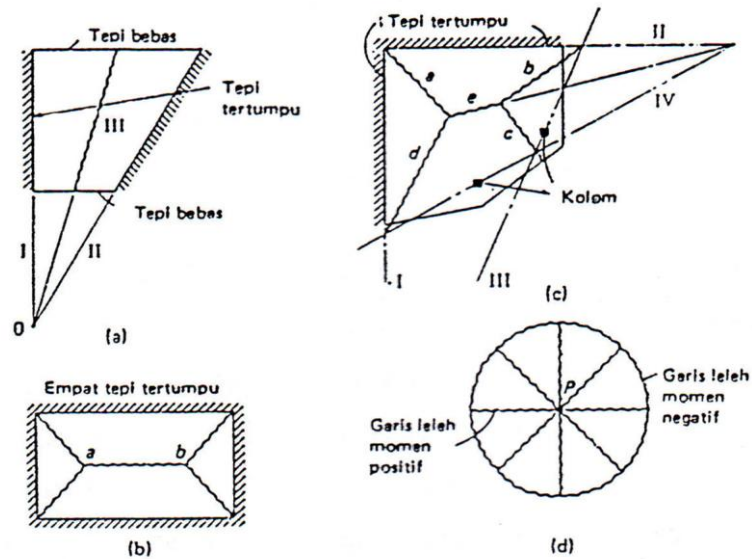
---

Dalam metoda keseimbangan, harga  $x$  diperoleh dengan menerapkan persamaan keseimbangan statis yang bisa terhadap segmen-segmen pelat, tetapi posisi optimal dari  $x$  didefinisikan dengan jalan menempatkan gaya-gaya simpul yang ditetapkan terlebih dahulu pada perpotongan dari garis-garis luluh. Rumus-rumus untuk gaya-gaya simpul di dalam keadaan umum, setelah diturunkan dapat dipergunakan secara mudah untuk menghindarkan keperluan akan matematik yang diperlukan dalam metoda kerja virtuil.

Analisis dengan metoda garis luluh dapat bermanfaat di dalam menyajikan informasi yang diperlukan untuk mengerti perilaku dari pelat panel tunggal yang tidak beraturan dengan bermacam-macam kondisi perletakan. Untuk pola-pola garis luluh cirian dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.5. **Pola garis leleh dari pelat persegi dengan tumpuan sederhana (Wang, 1980)**



Gambar 1.6 Pola-pola garis luluh cirian (Wang, 1985)

### b) Metoda pendekatan PBI 71

Metoda pendekatan PBI 71 didasarkan pada pendekatan momen dengan menggunakan koefisien-koefisien yang disederhanakan. Momen-momen yang dihasilkan didapat dari rumus momen yang sudah ada, besarnya momen ini dipengaruhi oleh besarnya beban terbagi rata per meter panjang, panjang batang arah x dan arah y dari panel pelat. Dari hitungan momen didapatkan  $M_{lx}$  (momen lapangan pada arah x),  $M_{tx}$  (momen tepi pada arah x),  $M_{ly}$  (momen lapangan pada arah y), dan  $M_{ty}$  (momen tepi pada arah y).

Perhitungan momen-momen tersebut harus sesuai dengan perletakan masing-masing sisi struktur pelat yang direncanakan. Kemungkinan variasi perletakan pada sisi pelat yang tersedia dalam PBI 71. Analisis dan perencanaan pelat dengan metode ini akan dibahas pada Bab 2.

### **c) Metoda pendekatan SNI 03-2847-2002**

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 3.1.3.3, distribusi gaya-gaya dalam, pelat satu arah ditentukan dengan menggunakan koefisien momen yang sudah ditentukan dalam pasal tersebut, apabila ketentuan persyaratan pelat satu arah pada pasal tersebut dipenuhi.

Pelat dua arah menurut SNI 03-2847-2002 pasal 3.6.1. adalah pelat yang memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam pasal tersebut. Perencanaan pelat dua arah dalam peraturan ini dengan Metoda Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) dan Metoda Portal Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*). Pada Metoda Perencanaan Langsung, yang diperoleh adalah pendekatan momen dengan menggunakan koefisien-koefisien yang disederhanakan. Metoda portal ekuivalen digunakan untuk memperoleh variasi longitudinal dari momen dan geser, maka kekakuan relatif dari kolom-kolom, berikut sistem lantai dimisalkan di dalam analisis pendahuluan dan kemudian diperiksa seperti halnya dengan perencanaan dari struktur statis tak tentu lainnya.

Sekali variasi momen longitudinal telah diperoleh, apakah dengan Metoda Perencanaan Langsung maupun Metoda Portal Ekuivalen, maka momen di arah lebar keseluruhan sistem lantai yang sedang ditinjau secara transversal dibagikan kepada balok, jika ada, dan kepada pelat. Prosedur pembagian di arah transversal dan lanjutan dari perencanaan pada hakikatnya adalah sama untuk kedua metoda (Wang, 1985).

Untuk perancangan dan analisis pelat menurut SNI 03-2847-2002, akan diuraikan lebih lanjut pada Bab 3.

## ***Struktur Beton II - PELAT***

---