

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan**

Perencanaan merupakan salah satu fungsi vital dalam kegiatan manajemen proyek. Perencanaan dikatakan baik bila seluruh proses kegiatan yang ada didalamnya dapat diimplementasikan sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan dengan tingkat penyimpangan minimal serta hasil akhir maksimal. Secara umum defenisi Perencanaan adalah suatu tahapan dalam manajemen proyek yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran sekaligus menyiapkan segala program teknis dan administratif agar dapat diimplementasikan.

Tujuan Perencanaan adalah melakukan usaha untuk memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang ditentukan dalam batasan Biaya, Mutu dan Waktu serta faktor keselamatan. Filosofi perencanaan antara lain :

- Aman, keselamatan terjamin
- Efektif, produk perencanaan berfungsi
- Efisien, produk yang dihasilkan hemat biaya
- Mutu terjamin, tidak menyimpang dari spesifikasi yang ditentukan

Perencanaan merupakan tahapan paling penting dari suatu fungsi manajemen, terutama dalam menghadapi lingkungan eksternal yang berubah dinamis. Dalam era globalisasi ini, perencanaan harus lebih mengandalkan prosedur yang rasional dan sistematis dan bukan hanya pada intuisi dan firasat (dugaan). Dalam perencanaan alternatif rencana anggaran biaya kami dituntut kreatif demi memunculkan alternatif-alternatif yang dimana akan digunakan dalam melakukan perencanaan pada komponen pembangunan tersebut yaitu komponen plat. Alternatif tersebut dapat dikaji dari segi bahan, dimensi, waktu pelaksanaan, biaya pelaksanaan dan lain-lain.

## 2.2 Perkiraan Biaya

Perkiraan biaya dibedakan dari anggaran dalam hal perkiraan biaya terbatas pada tabulasi biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan tertentu proyek ataupun proyek keseluruhan. Sedangkan anggaran merupakan perencanaan terinci perkiraan biaya dari bagian atau keseluruhan kegiatan proyek yang dikaitkan dengan waktu (*time-phased*). Definisi perkiraan biaya menurut *National Estimating Society* – USA adalah seni memperkirakan (*the art of approximating*) kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu. Perkiraan biaya di atas erat hubungannya dengan analisis biaya, yaitu pekerjaan yang menyangkut pengkajian biaya kegiatan-kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun perkiraan biaya. Dengan kata lain, menyusun perkiraan biaya berarti melihat masa depan, memperhitungkan dan mengadakan prakiraan atas hal-hal yang akan dan mungkin terjadi. Sedangkan analisis biaya menitik beratkan pada pengkajian dan pembahasan biaya kegiatan masa lalu yang akan dipakai sebagai masukan.

Dalam usaha mencari pengertian lebih lanjut perihal perkiraan biaya, maka penting untuk diperhatikan hubungannya dengan disiplin *cost engineering*. Definisi *cost engineering* menurut AACE (*The American Association of Cost Engineer*) adalah area dari kegiatan engineering di mana pengalaman dan pertimbangan engineering dipakai pada aplikasi prinsip-prinsip teknik dan ilmu pengetahuan di dalam masalah perkiraan biaya dan pengendalian biaya. Estimasi analisis ini merupakan metode yang secara tradisional dipakai oleh estimator untuk menentukan setiap tarif komponen pekerjaan. Setiap komponen pekerjaan dianalisa kedalam komponen-komponen utama tenaga kerja, material, peralatan, dan lain-lain. Penekanan utamanya diberikan faktor-faktor 12 proyek seperti jenis, ukuran, lokasi, bentuk dan tinggi yang merupakan faktor penting yang mempengaruhi biaya.

### 2.3 Rencana Anggaran Biaya Material

Rencana anggaran biaya adalah biaya suatu bangunan atau biaya proyek. Sedangkan rencana anggaran biaya material adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahanmaterial yang digunakan pada bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya material pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan. Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$\text{RAB} = \sum \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$$

Peyusunan anggaran biaya material yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh gambar bestek. Gambar bestek adalah gambar lanjutan dari uraian gambar Pra Rencana, dan gambar detail dasar dengan skala (PU = perbandingan Ukuran) yang lebih besar. Gambar bestek merupakan lampiran dari uraian dan syarat-syarat (bestek) pekerjaan.

#### 2.3.1 Biaya Material

Menyusun perkiraan biaya pembelian material amat kompleks, mulai dari membuat spesifikasi, mencari sumber sampai kepada membayar harganya. Terdapat berbagai alternatif yang tersedia untuk kegiatan tersebut, sehingga bila kurang tepat menanganinya mudah sekali membuat proyek menjadi tidak ekonomis. Harga bahan yang dipakai biasanya harga bahan di tempat pekerjaan, jadi sudah termasuk biaya angkutan, biaya menaikkan dan menurunkan, pengepakan, penyimpanan sementara di gudang, pemeriksaan kualitas dan asuransi.

### 2.3.2 Volume / Kubikasi Pekerjaan

Volume suatu pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

### 2.3.3 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan *Daftar Harga Satuan Bahan*. Setiap bahan atau material mempunyai jenis dan kualitas tersendiri. Hal ini menjadi harga material tersebut beragam. Untuk itu sebagai patokan harga biasanya didasarkan pada lokasi daerah bahan tersebut berasal dan sesuai dengan harga patokan dari pemerintah. Misalnya untuk harga semen harus berdasarkan kepada harga patokan semen yang ditetapkan. Untuk menentukan harga bangunan dapat diambil standar harga yang berlaku di pasar atau daerah tempat proyek dikerjakan sesuai dengan spesifikasi dari dinas PU setempat *Daftar Harga Satuan Bahan*.

## 2.4 Pekerjaan Beton

### 2.4.1 Pekerjaan Bekisting

Pekerjaan cetakan beton, yang secara umum para petugas dilapangan menyebut dengan istilah *bekisting*, adalah merupakan pekerjaan sementara, tetapi walaupun merupakan pekerjaan sementara harus kuat untuk menahan tekanan beton yang masih cair dan juga harus kuat jika terkena injakan para pekerja dan pukulan-pukulan yang tidak disengaja.

Konstruksi bekisting untuk struktur yang mendukung bebas terdiri dari suatu konstruksi penyangga dari perancah kayu atau perancah baja bersekrup (*scaffolding*).

Jika perancah ini dirawat dengan baik, maka dapat dipakai bertahun-tahun. Penyetelan dari perancah kayu atau perancah baja bersekrup (*scaffolding*) memerlukan persyaratan seperti di bawah ini :

- 1) Perancah harus berdiri tegak lurus. Hal ini berguna untuk mencegah perubahan bekisting akibat dari gaya-gaya horisontal. Penyetelan dalam arah tegak lurus harus dengan *waterpass*.
- 2) Bila beberapa lantai bertingkat akan dicor berurutan, maka lendutan akibat dari lantai yang telah mengeras harus dihindarkan dengan menempatkan perancah diperpanjangannya sebaik mungkin.
- 3) Tempat dari perancah perlu dipilih sedemikian rupa sehingga beban-beban dapat terbagi merata mungkin. Hal ini berguna untuk mencegah perubahan bentuk yang berbedabeda akibat dari perpendekan elastis perancah yang timbul karena pembebanan dan perbedaan penurunan tanah.

Untuk membuat bekisting harusnya dibuat suatu perencanaan yang baik. Perencanaan yang baik ini akan menghasilkan suatu kebutuhan akan kayu yang paling efisien. Pada bagian kayu yang menopang beban yang tidak besar, dapat digunakan jenis kayu yang sesuai. Kayu juga jangan sampai memikul beban melebihi kapasitasnya karena akan membuat kayu lebih cepat rusak. Kayu sebagai penopang beban akan direncanakan cukup memadai . Potonganpotongan kayu atau panel kayu akan direncanakan seseragam mungkin agar mengurangi pemotongan yang tidak efisien. Untuk menghitung volume bekisting plat yaitu :

- *Volume kayu.*

$$V = \text{Luas kayu (m}^2\text{)} \times \text{panjang kayu (m)}$$

- *Volume Multipleks*

$$V = \text{Luas plat (m}^2\text{)} : \text{Luas Multipleks (m}^2\text{)}$$

### 2.4.2 Pekerjaan Pemasangan Tulangan Besi untuk Beton

Pemasangan tulangan atau juga biasa disebut penulangan untuk beton, biasanya berfungsi menahan gaya tarik yang terjadi pada beton, karena beton tidak kuat menahan gaya tarik. Peran perencana dalam menghitung pemasangan tulangan juga harus memperhitungkan jarak besi antara besi, jangan sampai terjadi agregat kasar tertahan oleh anyaman besi beton sehingga di bawah anyaman akan keropos. Dalam merencanakan pemasangan tulangan sebaiknya tidak terlalu banyak ragam dan ukuran besi yang digunakan, hal ini untuk mengurangi peluang kesalahan petugas di lapangan. Pemasangan dan pembengkokkan tulangan harus sedemikian rupa sehingga posisi dari tulangan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami perubahan bentuk maupun tempat selama pengecoran berlangsung. Pembuatan dan pemasangan tulangan sesuai dengan PBI 1971.

#### A. Pemasangan

1. Tulangan harus dipasang sedemikian rupa diikat dengan kawat baja, hingga sebelum dan selama pengecoran tidak berubah tempatnya.
2. Tulangan pada dinding dan kolom-kolom beton harus dipasang pada posisi yang benar dan untuk menjaga jarak bersih digunakan *spacers*/penjaga jarak.
3. Tulangan pada balok-balok footing dan Plat harus ditunjang untuk memperoleh lokasi yang tepat selama pengecoran beton dengan penjaga jarak, kursi penunjang dan penunjang lain yang diperlukan.
4. Tulangan-tulangan yang langsung di atas tanah dan di atas agregat (seperti pasir, kerikil) dan pada lapisan kedap air harus dipasang/ditunjang hanya dengan tahu beton yang mutunya paling sedikit sama dengan mutu beton yang akan dicor.
5. Perhatian khusus perlu dicurahkan terhadap ketepatan tebal penutup beton. Untuk itu tulangan harus dipasang dengan penahan jarak yang terbuat dari beton dengan mutu paling sedikit sama

dengan mutu beton yang akan dicor. Penahan-penahan jarak dapat berbentuk blok-blok persegi atau gelang-gelang yang harus dipasang sebanyak minimum 4 buah setiap m<sup>2</sup> cetakan atau lantai kerja. Penahan-penahan jarak ini harus tersebar merata.

Pada Plat-Plat dengan tulangan rangkap, tulangan atas harus ditunjang pada tulangan bawah oleh batang-batang penunjang atau ditunjang langsung pada cetakan bawah atau lantai kerja oleh blok-blok beton yang tinggi. Perhatian khusus perlu dicurahkan terhadap ketepatanletak dari tulangan balok yang berbatasan.

#### **2.4.3 Pekerjaan Pengecoran**

Pada dasarnya beton adalah berupa bahan campuran dari semen, aggregate, dan air dengan perbandingan berat tertentu yang telah diaduk secara sempurna. Untuk tujuan tertentu kadang-kadang campuran beton perlu ditambahkan admixtures, misalnya untuk meningkatkan workability, membuat cepat mengeras, menunda setting time dari beton, mempercepat setting time dari beton menambah kuat tekan beton, tahan terhadap sulfat dan lain sebagainya.

#### **2.5 Plat Beton**

Plat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya ke rangka vertikal dari sistem struktur. Plat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus, (datar atau melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain. Untuk merencanakan Plat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan saja, tetapi juga jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara Plat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada Plat.

### 2.5.1 Plat Konvensional

Sistem struktur plat konvensional adalah suatu sistem struktur yang didukung oleh balok dan kolom, dengan sistem rangka tulangan yang dibuat secara manual yang dikerjakan langsung oleh manusia. Balok-balok yang ada terdiri dari balok anak dan balok induk yang merupakan struktur bentang menerus yang bertugas meneruskan beban yang disangga sendiri maupun dari Plat kepada kolom penyangga. Kontinuitas penulangan plat diteruskan kedalam balok dan kemudian diteruskan masuk ke kolom, sehingga menjadi satu kesatuan membentuk rangka struktur bangunan yang kaku karena dipengaruhi oleh hubungan antar komponen yang lainnya.



*Gambar 2.1 Contoh Plat Konvensional*

### 2.5.2 Floor Deck (Bondek)

Bondek adalah geladak baja galvanis yang memiliki daya tahan tinggi dan berfungsi ganda dalam konstruksi plat beton, yakni sebagai peyangga permanen juga sebagai penulangan searah positif. Kekuatan tarik leleh minimum Plat baja ini adalah 500 MPa. Tebal Plat standar adalah 0,65 mm BMT dengan pilihan tebal yang lain 0,70, 1,00 dan 1,40 mm BMT. Penggunaan *decking* baja akan memberikan keuntungan bagi struktur secara keseluruhan karena penghematan dalam penggunaan *formwork* dan beton. *Decking* baja ini berfungsi antara lain sebagai lantai kerja sementara, sebagai bekisting tetap dan tulangan positif.

*Super Floor Deck* juga memberikan keuntungan yang lain yaitu dari segi waktu pelaksanaan konstruksi yang lebih cepat yaitu mencapai 400m<sup>2</sup>/hari/kelompok (3-4 orang) dan menghemat dalam pemakaian perancah dan tiang-tiang penyangga.

Pemasangan panel *Super Floor Deck* pada Plat beton diletakkan melintang (pada arah memendek). Pada umumnya panel diletakkan minimum  $\pm 2,5$  cm kedalam bekisting balok. Plat-Plat lantai dan atap yang terdiri dari panel-panel lantai baja (*steeldeck panels*) atau biasa dikenal dengan *Wiremesh*, yang berfungsi baik sebagai cetakan maupun sebagai tulangan bagi beton yang terletak di atasnya, telah banyak dipakai pada bangunan-bangunan yang rangka utamanya terdiri dari konstruksi baja atau konstruksi komposit. Perencanaan Plat seperti ini dalam beberapa cara berbeda dengan perencanaan dari Plat lantai beton bertulang yang memakai tulangan yang bersirip permukaannya. Satu hal yang perlu dicatat ialah bahwa luas penampang dari lantai baja yang berfungsi sebagai tulangan ini didistribusikan pada sebagian dari tinggi Plat melalui suatu cara yang bergantung pada bentuk dari lantai baja tersebut.

Pada saat dibebani Plat-Plat lantai dengan baja komposit ini akan mengalami keruntuhan lentur melalui suatu cara yang tidak banyak berbeda dibandingkan dengan keruntuhan lentur dari plat-plat biasa, atau melalui hilangnya ikatan antara lantai baja tersebut dengan beton. Keadaan ini dikenal sebagai keruntuhan lekatan geser, dan justru kekuatan lekat geser inilah yang menjadi suatu problem khusus dari Plat-Plat komposit.



**Gambar 2.2** Contoh Plat Bondek

### **A. Cara Perhitungan Volume dan Teknik Pemasangan Bondek**

#### a. Volume bondek

$$V = \text{Luas bondek (m}^2\text{)} \times \text{Luas Plat (m}^2\text{)}$$

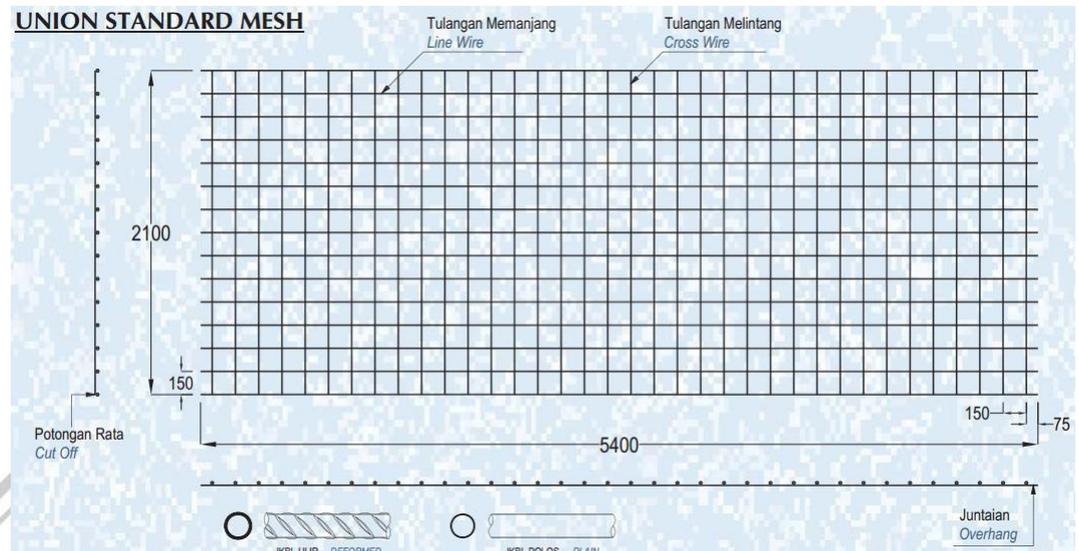
#### b. Teknik pemasangan

Secara umum pasang bondek ada 2 cara :

1. Teknik perkotak/ ruangan Pada tehnik ini biasanya pengecoran dak/lantai dibarengi dengan mengecor balok utama, maka cara pemasangan Bondek /potongannya disesuaikan dengan pekotak/ruangan, tehnik pembondekan perkotak
2. Teknik pembondekan diatas balok utama Maksudnya semua balok baik balokan Utama maupun balokan anak sudah dicor terlebih dahulu, kemudian bondek dan *wiremesh* dipasang diatasnya/digelar. Pada Tehnik ini pengerjaannya lebih cepat dari pada tehnik perkolom/ruangan, sebab bondek dipasang langsung melewati minimal 3 balokan.



yang sangat memudahkan pada saat pemasangan, serta harga relatif lebih murah dan material lebih ringan.



**Gambar 2.3** Detail Wiremesh (Sumber PT. Union Metal)

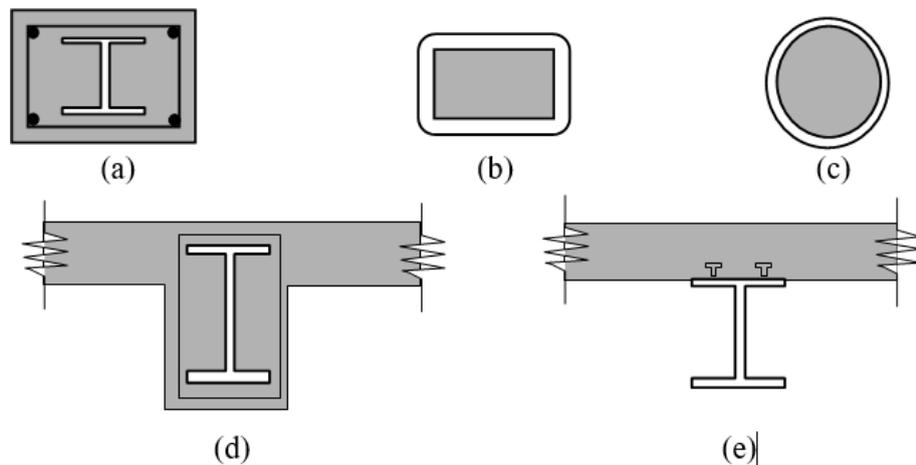
**Tabel 2.2** Spesifikasi Per Sheet (Sumber PT. Union Metal)

	BERAT PER LEMBAR					MASS PER SHEET				
TYPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16	
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16	
BERAT PER LEMBAR (kg)	15,45	24,14	34,76	47,31	61,79	78,21	96,55	139,03	247,17	

## 2.7 Struktur Komposit

Struktur komposit (*Composite*) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Umumnya struktur komposit berupa :

- Kolom baja terbungkus beton / balok baja terbungkus beton (Gambar 1.a/d).
- Kolom baja berisi beton/tiang pancang (Gambar 1.b/c).
- Balok baja yang menahan slab beton (Gambar 1.e).



**Gambar 2.4** Macam macam struktur komposit

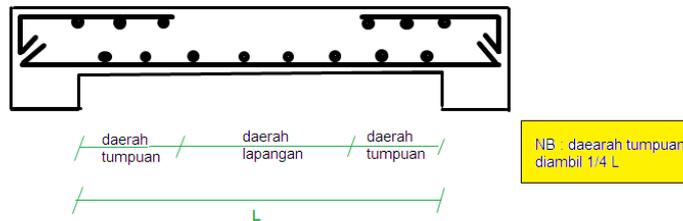
Perencanaan komposit mengasumsi bahwa baja dan beton bekerja sama dalam memikul beban yang bekerja, sehingga akan menghasilkan desain profil/elemen yang lebih ekonomis. Disamping itu struktur komposit juga mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah lebih kuat (*stronger*) dan lebih kaku (*stiffer*) dari pada struktur non-komposit.

Metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) sebenarnya merupakan suatu metode yang baru dan telah lama diperkenalkan, namun di Indonesia relatif masih jarang disentuh oleh kalangan akademisi maupun praktisi di lapangan.

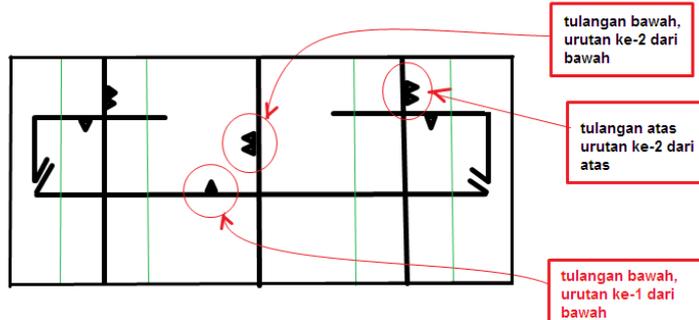
## 2.8 Perencanaan Plat

### 2.8.1 Sistem penulangan plat satu arah

Konstruksi pelat satu arah adalah pelat dengan tulangan pokok satu arah, biasanya akan bisa dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever atau disebut juga pelat *luifel* dan pelat yang di tumpu oleh tumpuan sejajar. Karena momen lenturnya hanya bekerja pada satu arah saja, yaitu searah bentang  $\lambda$ , maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang searah bentang  $\lambda$  tersebut, untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok tidak berubah pada saat pengecoran beton, maka dipasang pula tulangan tambahan yang arah tegak lurus tulangan pokok, bisa kita perhatikan pada gambar 2.4.



(b) Tampak depan pelat dengan 2 tumpuan sejajar

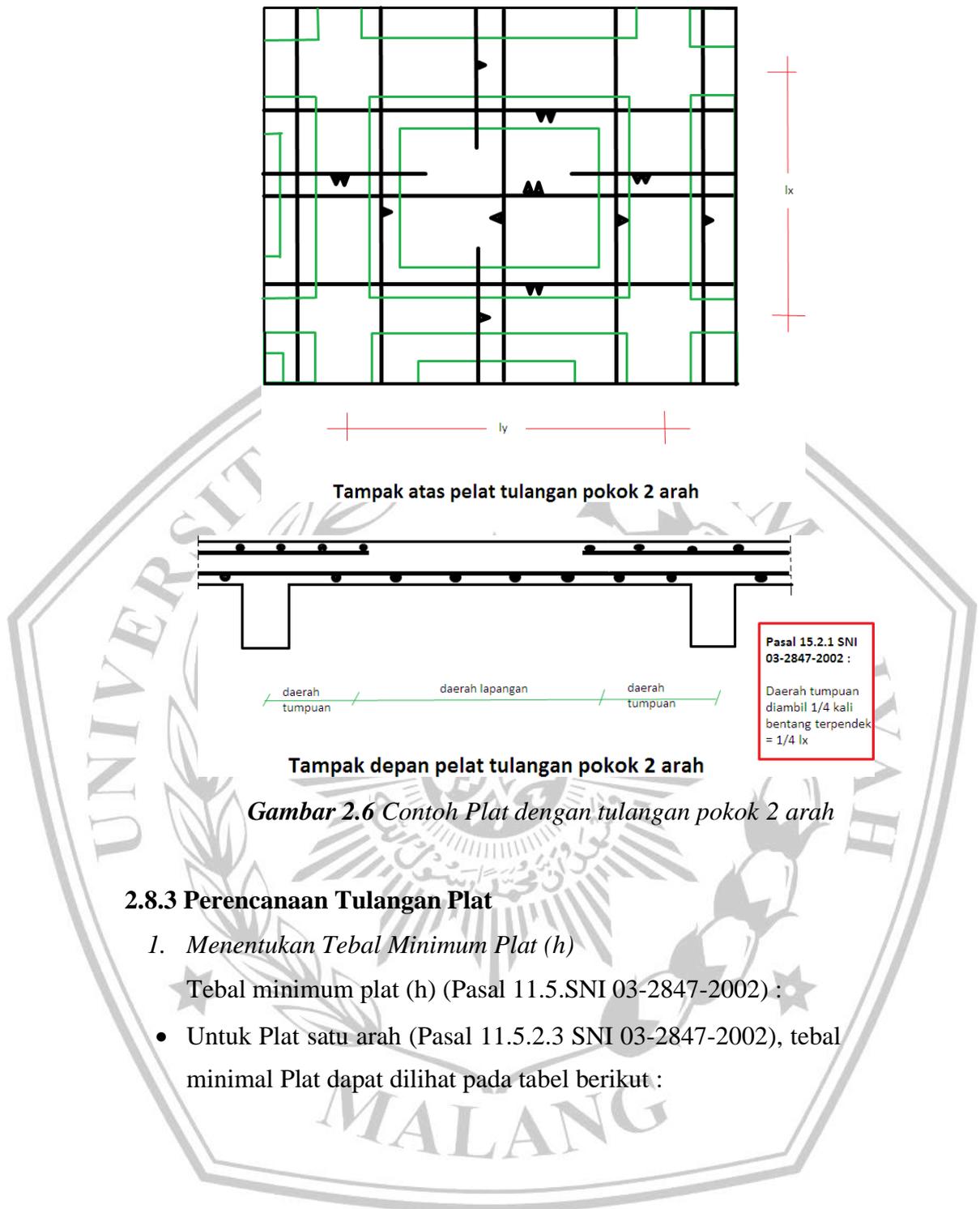


(b) Tampak atas pelat dengan 2 tumpuan sejajar

**Gambar 2.5** Contoh Plat dengan tulangan pokok 1 arah

### 2.8.2 Sistem Penulangan Pelat Dua Arah

Konstruksi pelat dua arah pelat dengan tulangan pokok dua arah, biasanya akan bisa dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 (empat) sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur bekerja pada 2 arah, yaitu searah dengan bentang  $l_x$  dan bentang  $l_y$ , maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga untuk daerah tumpuan ini tetap dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi, seperti terlihat pada gambar 2.5.



### 2.8.3 Perencanaan Tulangan Plat

#### 1. Menentukan Tebal Minimum Plat ( $h$ )

Tebal minimum plat ( $h$ ) (Pasal 11.5.SNI 03-2847-2002) :

- Untuk Plat satu arah (Pasal 11.5.2.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal Plat dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.3.** Tinggi ( $h$ ) balok non pratekan atau Plat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tinggi minimal, $h$			
	Dua tumpuan	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar			
Pelat solid satu arah	$L/20$	$L/24$	$L/28$	$L/10$
Balok atau pelat jalur satu arah	$L/16$	$L/18,5$	$L/21$	$L/8$

**CATATAN :**  
 Panjang bentang dalam mm.  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ( $W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$ ) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut :

(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara  $1500 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2.000 \text{ kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - (0,0003)w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana  $w_c$  adalah berat jenis dalam  $\text{kg/m}^3$ .

(b) Untuk  $f_y$  selain 400 MPA, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

- Untuk plat dua arah ( $h$ ) dengan rumus berikut :

$$h = \frac{l_1 \left(0,8 + \frac{f}{1}\right)}{3 + 5\beta \left[\alpha^m - 0,1 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_1 \cdot \left(0,8 + \frac{f}{1}\right)}{3 + 9\beta}$$

$$h = \frac{l_1 \cdot \left(0,8 + \frac{f}{1}\right)}{3}$$

Dan dalam segala hal tebal minimum plat tidak boleh kurang dari harga sebagai berikut :

Untuk  $\alpha_m < 2,0$  digunakan nilai  $h$  minimal 120 mm (Plat dua arah)

Untuk  $\alpha_m \geq 2,0$  digunakan nilai  $h$  minimal 90 mm (Plat satu arah)

Dengan :

$l_n$  = Panjang bentang bersih dalam arah momen ditinjau,  
diukur dari muka ke tumpuan (mm)

$\alpha_m$  = Rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\beta$  = Rasio panjang terhadap lebar pelat

## 2. Menentukan momen – momen yang menentukan

Berdasarkan tabel pelat dari PBI-1971, momen lentur dibedakan menurut 3 jenis tumpuan, yaitu : terletak bebas, menerus atau terjepit elastis, dan terjepit penuh. Besar momen lentur dihitung dengan rumus berikut :

$$M = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot x$$

Dengan :

$M$  = momen (tumpuan atau lapangan), kNm

$q_u$  = beban terbagi rata yang berkerja pada pelat, kN/m<sup>2</sup>

$l_x$  = bentang arah x (bentang sisi pelat yang pendek), m

$x$  = koefisien momen yang tercantum pada tabel PBI-1971.

## 3. Menghitung $p_b$ , $p_{max}$ , $p_{min}$ dan Menghitung $\beta_1$

$$P_b = \frac{0,8 \cdot f}{f} \cdot \beta_1 \cdot \left( \frac{6}{6+f} \right)$$

$$P_{max} = 0,75 \cdot p_b$$

$$P_{min} = \frac{14}{f}$$

Faktor pendukung tegangan beton tekan persegi ekuivalen, yang bergantung pada mutu beton ( $f_c'$ ) sebagai berikut (Pasal 12.2.7.3 SNI 03-2847-2002) :

Untuk  $f_c' \leq 30$  MPA, maka  $\beta_1 = 0,85$

Untuk  $f_c' > 30$  MPA, maka  $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$

Tetapi  $\beta_1 \geq 0,65$

#### 4. Menentukan Tinggi Manfaat ( $d$ )

pada pelat dua arah, momen lentur bekerja pada 2 arah, yaitu searah dengan bentang  $l_x$  dan  $l_y$ , maka tulangan pokok dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan bagi. Tetapi pada pelat di daerah tumpuan hanya bekerja momen lentur satu arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan tetap dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi karena  $M_lx$  selalu  $\geq M_ly$  maka tulangan bentang pendek diletakkan pada lapis bawah agar memberikan  $d$  (tinggi manfaat) yang lebih besar.

$$d_x = h - \text{selimut} - 1/2 \cdot D_{tul\ x}$$

$$d_y = h - \text{selimut} - D_{tul\ x} - 1/2 \cdot D_{tul\ y}$$

#### 5. Menentukan Luas Tulangan ( $A_s$ ) arah $x$ dan $y$

$$M_n = \frac{M}{0,8}$$

$$R_n = \frac{M}{b \cdot d^2}$$

$$\rho_{pada} = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R}{f}} \right)$$

- Jika  $\rho_{pada} > \rho_{maks}$  maka tebal minimum  $h$  harus diperbesar
- Jika  $\rho_{min} < \rho_{pada} < \rho_{maks}$  dipakai nilai :  $\rho_{pakai} = \rho_{pada}$
- Jika  $\rho_{pada} < \rho_{maks} < \rho_{min}$  dipakai  $\rho_{min}$

Setelah didapatkan nilai  $\rho_{perlu}$ , maka :

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \geq A_s \text{ bagi/susut}$$

Tulangan bagi / tulangan susut (pasal 9.12.2.1 SNI 03-2847-2002)

Untuk  $f_y \leq 300$  MPa, maka  $A_{sst} \geq 0,0020 \cdot b \cdot h$

Untuk  $f_y = 400$  MPa, maka  $A_{sst} \geq 0,0018 \cdot b \cdot h$

Untuk  $f_y \geq 400$  MPa, maka:

$$A_{sst} \geq 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot (400/f_y)$$

Nilai berat pelat (b) diambil tiap meter (1000 mm).

- Jarak maksimal tulangan (as ke as)

$$\Sigma \text{ tulangan} = \frac{\pi/4 \cdot D^2 \cdot 1}{A}$$

Syarat :

Jarak Tulangan pokok :

Pelat 1 arah :  $s \leq 3.h$  dan  $s \leq 450$  mm (Pasal 12.5.4)

Pelat 2 arah :  $s \leq 2.h$  dan  $s \leq 450$  mm (Pasal 15.3.2)

Jarak Tulangan bagi (Pasal 9.12.2.2) :

$s \leq 5.h$  dan  $s \leq 450$  mm

