

**ANALISA KUAT LENTUR PELAT BETON BERTULANG
DENGAN RASIO TULANGAN YANG BERBEDA**

TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

CHANDRA APRILANDO PURBA
19310104

Telah diuji dihadapkan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 22 februari 2024
dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan Oleh

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Johan Oberlyn Simanjuntak, ST, MT, IPM., ASEAN Eng

Tiurma Elita Saragi, ST., MT

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Surta Ria N Panjaitan ST., MT

Ir.Eben Oktavianus Zai, ST., M.Sc, IP



Ketua Prodi

Ir. Yetty Riris Rötua Saragi, S.T.,M.T.,IPU,ACPE

Tiurma Elita Saragi, ST., MT

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, beton bertulang adalah jenis struktur yang sering digunakan. Hal ini disebabkan oleh kelebihan material penyusunannya, beton yang memiliki kemudahan dalam pengerjaannya kuat tekan yang tinggi serta memiliki nilai yang ekonomis dalam pembuatannya dan perawatannya, sedangkan baja kuat tarik dan daktilitas yang besar.

Beton bertulang merupakan material yang digunakan pada sebagian besar konstruksi bangunan, baik besar maupun kecil, misalnya gedung, bendungan, jembatan, perkerasan jalan dan bangunan teknik sipil lainnya. Struktur beton bertulang lebih sering digunakan dalam sebuah pekerjaan konstruksi dibandingkan dengan jenis struktur lainnya. Salah satu alasannya dikarenakan jenis beton yang satu ini dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, khususnya dalam mengemban tugas menahan gaya tarik.

Bangunan adalah salah satu wujud fisik dari sebuah pembangunan dunia konstruksi. Bangunan merupakan sesuatu yang penting bagi kehidupan manusia, oleh karena itu dalam pengerjaan atau pembuatan suatu pembangunan diperlukan kecermatan, ketelitian dan pengetahuan dalam pekerjaan tersebut. Salah satu struktur dari konstruksi bangunan yang harus diperhatikan dalam suatu perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan adalah pelat, dikarenakan pelat adalah struktur yang pertama kali dalam menerima beban, baik dari beban mati maupun beban hidup, dalam perencanaan pelat lantai harus kuat dalam menerima berbagai macam beban, apabila dalam perencanaan dan pekerjaan pelat beton bertulang ini mengalami kesalahan, maka pelat tidak akan mampu menahan beban yang bekerja dan akan mengalami keruntuhan.

Didalam konstruksi beton bertulang pelat dipakai untuk mendapatkan permukaan datar yang berguna. Sebuah pelat beton bertulang merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horisontal, dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar atau mendekati sejajar. Pelat biasanya ditumpu oleh balok beton bertulang (biasanya dicor menjadi satu kesatuan dengan balok

tersebut.), oleh dinding pasangan batu bata atau dinding beton bertulang, oleh batang-batang struktur baja, atau tertumpu secara menerus oleh tanah.

Pada konstruksi bangunan beton bertulang, struktur pelat beton bertulang yang direncanakan harus kekuatannya untuk menjamin pelat tersebut yang mampu menahan beban yang akan diterimanya. Dalam perencanaan pelat beton bertulang harus merencanakan suatu perletakan pelat, panjang bentang, ketebalan dan rasio tulangan yang sesuai dengan kebutuhan pada kekuatan pelat dalam menahan beban-beban yang akan bekerja pada pelat itu sendiri. Dalam perencanaan ini tidak hanya mementingkan agar biaya dikeluarkan dapat ditekan seminimal mungkin, tetapi juga harus mementingkan kekuatan pelat tersebut, oleh karena itu dapat diperlukan proses perhitungan semaksimal mungkin dengan tidak mengabaikan kekuatan dan keamanannya.

Rasio tulangan atau perbandingan yang digunakan untuk tulangan dalam suatu perencanaan pekerjaan pelat yang akan mempengaruhi kekuatan lentur pelat tersebut, maka perhitungan rasio tulangan kita buat dalam perhitungan dengan secara teliti, sebab suatu kuatnya pelat berdasarkan pada perhitungan yang secara teliti dan cermat.

Saat ini sangat banyak metode perencanaan yang berkembang, tapi di Indonesia juga telah ada suatu aturan yang mengatur mengenai konstruksi contohnya adalah PBI 1971 dan SNI 2847-2013 (BETON). Dalam suatu perencanaan pelat lantai beton bertulang sudah diterangkan di dalamnya, jadi peraturan-peraturan inilah yang akan menjadi suatu pedoman kita saat merencanakan pelat beton bertulang. Berdasarkan uraian diatas maka peneliti tertarik mengambil judul tentang “Analisa Kuat Lentur Pelat Beton Bertulang dengan Rasio Tulangan yang Berbeda”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa kuat lentur pelat beton bertulang pada rasio tulangan yang berbeda ?

2. Bagaimana perbandingan rasio tulangan yang berbeda terhadap kuat lentur pelat beton bertulang?
3. Bagaimana sistem penulangan pada pelat beton bertulang dengan rasio tulangan yang berbeda?

1.3 Batasan Penelitian

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis perlu membatasi ruang lingkup masalah dalam penelitian ini. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini membahas analisis kuat lentur pelat beton bertulang dengan rasio tulangan yang berbeda
2. Penelitian ini dilakukan pada model pelat segi empat dengan beban terpusat, perletakan sendi-roll.
3. Jenis pelat yang digunakan adalah pelat satu arah dan pelat dua arah, dengan lebar (l_x) = 2000mm, dan panjang (l_y) = 6000mm dan lebar pelat dua arah (l_x) = 3000mm, dan panjang (l_y) = 4000mm.
4. Mutu beton yang digunakan yaitu $f_c = 20$ Mpa, 25Mpa, 35 Mpa.
5. Mutu baja dengan $f_y = 350$ Mpa
6. Ketebalan pelat yang digunakan = 120 cm

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui berapa kuat lentur pelat beton bertulang pada rasio tulangan yang berbeda.
2. Untuk mengetahui dan menganalisis perbandingan rasio tulangan yang berbeda terhadap kuat lentur beton bertulang.
3. Untuk mengetahui bagaimana sistem penulangan pada pelat beton bertulang dengan rasio tulangan yang berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Supaya kita dapat menganalisis pengaruh rasio tulangan yang berbeda terhadap kuat lentur pelat beton bertulang, sehingga dalam suatu perencanaan pelat beton bertulang akan lebih efisiensi dan kuat menahan beban yang diterimannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Beton

Pengembangan konstruksi modern tidak dapat dipisahkan dari peran penting beton sebagai bahan utama. Sebagai hal yang kuat bagi struktur bangunan, beton telah menjadi bahan yang penting dalam dunia konstruksi. Oleh karena itu, pemahaman mendalam terhadap dasar-dasar teori beton, sebagai berikut :

2.1.1 Pengertian beton

Menurut SNI-2847-2013 beton (concrete) adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (adimixture).

Dalam Mulyono (2006), “beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah”.

Menurut Tjokrodinuljo (2004:I-I), “beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, agregat. Adapun untuk beton khusus (selain beton normal) ditambahkan bahan tambah, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, serta dan sebagainya”.

Menurut Asroni (2010:2), “secara sederhana beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Kadang-kadang ditambah kan pula campuran bahan lain (admixture) untuk memperbaiki kualitas beton”.

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Singkatnya dapat dikatakan pasta bahwa semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu, kerikil, basalt dan sebagainya) (Sagel et al, 1993:143).

Berdasarkan beberapa uraian yang telah disampaikan para ahli, dapat disimpulkan bahwa pengertian beton adalah campuran dari semen, air, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah atau kerikil), dan untuk mencapai sifat

beton tertentu, maka campuran beton diberi bahan tambahan semacam lainnya (admixture atau additive).

2.1.2 Jenis-Jenis Beton

Beton sering kali digunakan sebagai salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangun gedung, jembatan, jalan, dan lainnya. Terdapat beberapa jenis beton yang dapat dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu menurut Mulyono dalam Alim, 2014 :

- a. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
- b. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luasan tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang diisyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
- c. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tuangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
- d. Beton prestress (pratekan) adalah beton bertulang dimana telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
- e. Beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan structural.
- f. Beton ringan total atau beton ringan berpasir adalah beton yang seluruh agregat halus dengan berat normal.

2.1.3 Baja Tulangan

Tulangan yang dapat digunakan pada elemen beton bertulang dibatasi hanya pada baja tulangan dan kawat baja saja. Belum ada peraturan yang mengatur penggunaan tulangan lain, selain dari baja tulangan atau kawat baja tersebut dalam pengertian Menurut SNI 2847-2013.

Baja tulangan untuk konstruksi beton bertulang ada bermacam macam jenis dan mutu tergantung dari pabrik yang membuatnya. Ada dua jenis baja tulangan, tulangan polos (Plain bar) dan tulangan ulir (Deformed bar). Sebagian besar baja tulangan yang ada di Indonesia berupa tulangan polos untuk baja lunak dan tulangan ulir untuk baja keras.

Penulangan beton menggunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis yang kuat menahan gaya tarik. Baja beton yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran atau kawat rangkai las (wire mesh) yang berupa batang-batang baja yang dianyam dengan teknik pengelasan. Untuk penulangan beton prategang digunakan kawat yang disebut standar SNI menggunakan simbol BJTP (baja tulangan polos) dan BJTD (baja tulangan ulir).

Lekatan erat antara baja tulangan dengan beton digunakan batang deformasi (BJTD) yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan dengan pola tertentu, atau batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya. Pola permukaan yang dikasarkan atau pola sirip sangat beragam tergantung dari mesin giling atau cetak yang dimiliki oleh produsen, asal masih dalam batas-batas spesifikasi teknik yang diperkenankan oleh standar. Baja tulangan polos (BJTP) hanya digunakan untuk tulangan pengikat sengkang atau spiral, umumnya diberi kait pada ujungnya.

Pada umumnya sifat-sifat fisik baja beton dapat ditentukan melalui pengujian tarik. Sifat fisik tersebut adalah: kuat tarik (f_y), batas luluh/leleh, regangan pada beban maksimal, modulus elastisitas (konstanta material), (E_s) Tegangan luluh (titik luluh) baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat meningkatnya tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Di dalam perencanaan atau analisis beton bertulang umumnya nilai tegangan baja tulangan diketahui atau ditentukan pada awal perhitungan. Dalam sebuah gambar kerja ada dua notasi utama dalam menjelaskan jenis besi dan besar diameternya yang digunakan dalam sebuah beton bertulang notasi berupa tanda \emptyset digunakan untuk besi jenis besi polos, sedangkan notasi D (huruf D kapital) digunakan untuk penggunaan besi ulir. Contoh penulisan didalam sebuah gambar kerja semisal $3\emptyset 12$ berarti memiliki arti bahwa gambar tersebut berupa beton bertulang dengan

tulangan besi polos berjumlah 3 dengan diameter 12 mm. Notasi 12D20 berarti beton bertulang dengan 12 batang besi ulir berdiameter 20 mm. Notasi lain adalah $\emptyset 12 - 100$ yang memiliki arti beton bertulang dengan batang besi polos berjarak 100 mm.

Tabel 2. 1 Sifat Mekanik Baja Tulangan

Simbol mutu	Tegangan leleh Minimum (kN/cm ²)	Kekuatan tarik Minimum (kN/cm ²)	Perpanjangan Minimum (%)
BJTP – 24	24	39	18
BJTP – 30	30	49	14
BJTD – 30	30	49	14
BJTD – 35	35	50	18
BJTD – 40	40	57	16

(Sumber : struktur bertulang. L wahyudi hal 32 tabel 2.4)

Baja/Besi, terdiri dari :

a. Tulangan Polos

Baja tulangan ini tersedia dalam beberapa diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, maka pemakaiannya terbatas. Saat ini tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga diameter 16 mm, dengan panjang 12 m.

Tabel 2. 2 Dimensi nominal tulangan polos.

Diameter (mm)	Berat (kg/cm)	Luas Penampang (cm ²)
6	0,222	0,28
8	0,395	0,50
10	0,617	0,79
12	0,888	1,13
16	1,578	2,01

(Sumber : struktur bertulang. L wahyudi hal 33 tabel 2.5)

b. Tulangan ulir (deform)

Berdasarkan SNI, digunakan simbol D untuk menyatakan diameter tulangan ulir. Sebagai contoh, D-10 dan D-19 menunjukkan tulangan ulir berdiameter 10 mm dan 19 mm. Tulangan ini tersedia mulai dari diameter 10 hingga 32 mm, meskipun ada juga yang lebih besar, umumnya diperoleh melalui pesanan khusus. Dalam Tabel 2.3 disajikan dimensi efektif dari tulangan ulir.

Tabel 2. 3 Dimensi efektif tulangan ulir (deform).

Diameter (mm)	Berat (kg/cm)	Luas Penampang (cm²)	Keliling (cm)
10	0,617	0,785	3,14
13	1,04	1,34	4,08
16	1,58	2,01	5,02
19	2,24	2,74	5,96
22	2,98	3,80	6,61
25	3,85	4,91	7,85
32	6,31	8,04	10,05
36	7,99	10,20	11,30
40	9,87	12,60	12,56

(Sumber : struktur bertulang. L wahyudi hal 33 tabel 2.6)

2.1.4 Fungsi Utama Beton dan Tulangan

Beton maupun baja-tulangan pada struktur beton bertulang tersebut mempunyai fungsi atau tugas pokok yang berbeda, sesuai dengan sifat bahan yang bersangkutan. Fungsi utama dari beton, yaitu untuk :

- a. Menahan beban gaya tekan
- b. Menutup baja tulangan agar tidak berkarat

Sedangkan fungsi utama dari baja tulangan, yaitu untuk :

- a. Menahan gaya tarik meskipun juga kuat terhadap gaya tekan
- b. Mencegah retak beton agar tidak melebar

2.1.5 Komponen Struktur Beton

Komponen struktur beto terbentuk dari berbagai elemen beton yang bila dipadukan akan menghasilkan suatu sistim yang saling menguatkan satu dan yang lainnya. Secara garis besar komponen struktur beton dapat digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu:

- a. Pondasi adalah elemen beton struktural yang meneruskan beban dari struktur di atasnya ke tanah yang memikulnya.
- b. Kolom adalah elemen vertical dari sebuah struktur yang memikul beban di atasnya untuk disalurkan ke pondasi bawahnya. Kolom merupakan salah satu elemen terpenting dalam peninjauan keamanan struktur.
- c. Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat ke kolom penyangga yang vertical.
- d. Dinding adalah penutup vertical rangka bangunan. biasanya tidak harus terbuat dari beton, tetapi terbuat dari material yang secara elastis memenuhi kebutuhan fungsional dari bangunan. Selain itu, dinding beton struktural dapat digunakan sebagai dinding pondasi, dinding tangga, dan dinding geser, yang dapat memikul beban angin horizontal dan beban akibat gempa yang terjadi pada suatu struktur bangunan.
- e. Slab atau pelat adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati kerangka pendukung vertical dari suatu sistem struktur. Elemen ini dapat berupa pelat di atas balok ataupun pelat yang langsung bertumpu pada kolom.

2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Beton

Menurut Tjokrodinuljo (2004:I-I) berpendapat bahwa beton dibandingkan dengan bahan bangunan lain memiliki kelebihan antara lain, yaitu :

- a. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya tersedia didekat lokasi pembangunan, kecuali semen portland.
- b. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan murah.

- c. Kuat tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
- d. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran yang sesuai keinginan

Walaupun beton mempunyai kelebihan, namun beton juga mempunyai kelemahan. Beberapa kelemahan itu antara lain :

- a. Bahan dasar penyusun beton (agregat halus maupun agregat kasar) bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga perencanaan dan cara pembuatannya bermacam- macam pula.
- b. Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sesuai dengan bagian bangunan yang dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaannya bermacam-macam pula.
- c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas/rapuh sehingga mudah retak.

2.2 Dasar Teori Beton Bertulang

Perkembangan teknologi konstruksi beton bertulang menjadi pilihan utama untuk membuat struktur yang kuat dan efisien. Memahami dasar-dasar teori beton bertulang penting bagi kita semuanya, maka dasar dasar teori beton bertulang sebagai berikut :

2.2.1 Pengertian Beton Bertulang

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang dicampur dengan agregat halus, agregat kasar, dan air. Beton dapat memakai bahan campuran tambahan (admixture). Pada beton biasanya terdapat tulangan yang berfungsi sebagai penahan gaya tarik yang bekerja pada beton. Beton yang kuat terhadap gaya tekan dan lemah terhadap tarik, maka diperlukan tulangan untuk menahan gaya tarik yang disebabkan beban - beban yang bekerja. (Nawy, Edward G, 2008). Secara umum beton bertulang dapat diartikan material yang digunakan pada sebagian besar konstruksi bangunan, baik besar maupun kecil, misalnya gedung, bendungan, jembatan, perkerasan jalan dan bangunan teknik

sipil lainnya. Struktur beton bertulang lebih sering digunakan dalam sebuah pekerjaan konstruksi dibandingkan dengan jenis struktur lainnya. Salah satu alasannya dikarenakan jenis beton yang satu ini dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, khususnya dalam mengemban tugas menahan gaya tarik.

Pengertian struktur beton bertulang (reinforced concrete) menurut SNI 2847: 2013 (Standar Nasional Indonesia, 2013) adalah stuktur beton dengan tulangan baja prategang atau non-prategang yang tidak lebih kurang dari jumlah ketetapan minimum. Beton bertulang adalah kombinasi dari beton dan tulangan baja, tulangan baja melengkapi beton yang tidak mempunyai kekuatan tarik. Tulangan baja dapat memberikan tambahan kekuatan tekan struktur beton. Kombinasi kedua tersebut akan membentuk suatu elemen struktur dimana dua macam komponen saling bekerja sama dalam menahan beban yang dibebankan ke elemen tersebut, dimana beton akan menahan gaya tekan dan geser yang terjadi, sedangkan tulangan baja mempunyai fungsi menahan gaya tarik.

Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama – sama dalam menahan gaya yang bekerja (Mulyono, 2004). Standar peraturan perencanaan bangunan beton bertulang di Indonesia mengacu pada SNI 2847:2013. Beton bertulang merupakan bahan konstruksi yang paling penting dan paling banyak digunakan.

Beton bertulang digunakan pada semua jenis struktur besar maupun struktur kecil seperti bangunan, jembatan, perkerasan jalan, bendungan, dinding penahan tanah, terowongan, jembatan yang melintasi lembah (viaduct), drainase serta fasilitas irigasi, tangki, dan sebagainya (McCormac, Jack, 2004).

Dari sifat utama tersebut dapat dilihat bahwa tiap-tiap bahan mempunyai kelebihan dan kekurangan, maka jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) dipadukan menjadi satu kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan

beban tekan cukup ditahan oleh beton. Beton juga tahan terhadap kebakaran dan melindungi baja supaya awet.

Pada dasarnya beton bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan/ material yaitu beton polos dan tulangan baja. Beton polos merupakan bahan yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah. Sedangkan tulangan baja akan memberi kekuatan tarik yang besar sehingga tulangan baja akan memberi kekuatan tarik yang diperlukan. Dengan adanya kelebihan masing-masing elemen tersebut, maka konfigurasi antara beton dan tulangan baja diharapkan dapat saling bekerjasama dalam menahan gaya-gaya yang berkerja dalam struktur tersebut, dimana gaya tekan ditahan oleh beton, dan tarik ditahan oleh tulangan baja. Baja dan beton dapat bekerja sama atas dasar beberapa hal :

1. Lekatan (*bond*) yang merupakan interaksi antara tulangan baja dengan beton di sekelilingnya, yang akan mencegah slip dari baja relatif terhadap beton.
2. Campuran beton yang memadai yang memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat baja.
3. Angka kecepatan muai yang relatif serupa menimbulkan tegangan antara baja dan beton yang dapat diabaikan di bawah perubahan suhu udara.

2.2.2 Material Pembentuk Beton Bertulang

Unsur utama pembentuk beton adalah semen, air, dan agregat. Agregat disini terdiri dari agregat halus yang umumnya menggunakan pasir dan agregat kasar yang umumnya menggunakan batu kerikil. Selain itu kadang-kadang juga ditambahkan material campuran (*admixture*). Semen dan air membentuk pasta pengikat yang akan mengisi rongga dan mengeras di antara butir-butir pasir dan agregat, sedangkan agregat akan menentukan kekuatan dan kualitas beton.

a. Semen

Semen merupakan suatu jenis bahan yang memiliki sifat yang adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Dalam hal ini bahan semen akan menjadi keras karena adanya faktor air, yang kemudian dinamakan semen hidraulis (*Hydraulic*

Cement).

Semen hidrolis yang biasa digunakan pada beton adalah semen portland (*Portland Cement*) yang umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup dan membutuhkan waktu 28 hari untuk mencapai kekuatan rencana.

b. Agregat

Pada material beton, agregat memenuhi sekitar 75 % dari isi total beton, sehingga perilaku beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya agregat biasanya terdiri dari 2 macam yaitu agregat halus yang umumnya berupa pasir dan agregat kasar yang pada umumnya berupa kerikil. Agregat halus adalah bahan yang lolos dari saringan no. 4 (lebih kecil dari 3/16 inci, berdasarkan ASTM). Dan agregat kasar adalah bahan-bahan yang berukuran lebih besar.

c. Air

Air merupakan bahan utama dalam campuran beton karena air yang mengakibatkan partikel-partikel semen saling mengikat baik mengikat antar partikel maupun dengan tulangan baja.

d. Bahan Campuran (*admixture*)

Disamping bahan-bahan utama di atas, terdapat bahan campuran tambahan yang juga sering ditambahkan pada campuran beton, baik sebelum atau ketika sedang mencampur. Campuran *admixture* dapat dipakai untuk mengubah sifat beton agar berfungsi lebih baik atau lebih ekonomis, di antara kegunaannya adalah :

- 1 Meningkatkan daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencairan.
- 2 Meningkatkan kelayakan tanpa menambahkan kadar air
- 3 Mempercepat perkembangan kekuatan pada usia dini
- 4 Memperlambat perkembangan
- 5 Meningkatkan kekuatan.

e. Tulangan Baja

Tulangan baja secara umum terdiri atas 2 macam yaitu baja tulangan polos

dan baja tulangan berulir.

Pembahasan berikut akan menitikberatkan pada struktur balok beton bertulang segiempat sederhana, sebagai bahan studi literatur penunjang penelitian yang akan dilakukan.

2.2.3 Material Pembentuk Beton Bertulang

Secara mekanis beton merupakan material yang kuat dalam menahan tekan, namun lemah dalam menahan tarik. Oleh karena itu, beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kekuatan tariknya. Mekanisme tegangan yang menyebabkan digunakannya tulangan baja pada beton sehingga terbentuk struktur beton bertulang.

2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan Beton Bertulang

Terdapat beberapa kelebihan pada beton bertulang antara lain :

- a) Beton bertulang memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan material yang lainnya.
- b) Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap cuaca ekstrim
- c) Struktur beton bertulang sangat kokoh.
- d) Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi dibandingkan dengan material yang lainnya.
- e) Dibandingkan dengan bahan lain, beton bertulang memiliki usia layan yang panjang.
- f) Beton bertulang merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pembangunan pondasi tapak, dinding basement, dan tiang tumpuan jembatan.
- g) Salah satu ciri khas beton bertulang adalah kemampuan untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, dan kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
- h) Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja.

- i) Keahlian buruh yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti struktur baja.

2.2.5 Komponen Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang terdiri dari beberapa komponen pembentuknya yang saling berinteraksi satu sama lain membentuk satu kesatuan struktur. Beberapa komponen struktur beton bertulang yang dijumpai diantaranya adalah plat (slab), kolom (column), balok (beam), dinding (wall), tangga, pondasi dan lain sebagainya (lihat Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Komponen Struktur Beton Bertulang

(Sumber : Asroni, 2010)

2.3 Pelat Beton Bertulang

Pelat beton bertulang memiliki peran yang sangat signifikan dalam mendukung stabilitas dan kekuatan struktur bangunan. Dengan kemampuannya dalam menahan beban dan meredam getaran, pelat beton bertulang menjadi elemen kunci dalam desain struktur yang efisien. Pemahaman mendalam terhadap prinsip-prinsip dasar teori dan penerapan beton bertulang pada pelat sangatlah penting bagi kita semuanya.

2.3.1 Pengertian Pelat Beton Bertulang

Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan, dan beban yang bekerja tegak lurus pada struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat

kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal, memisahkan ruang bawah dan ruang atas, sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas, untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah, meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah, isolasi terhadap pertukaran suhu, pada basement lantai mencegah masuknya air tanah ke dalam bangunan.

Pada struktur bangunan gedung pada umumnya tersusun atas beberapa komponen pelat atap, pelat lantai, balok dan kolom yang pada umumnya merupakan suatu kesatuan monolit pada sistem cetak ditempat atau terangkai seperti sistem pracetak. Pelat juga digunakan sebagai atap, dinding, tangga, jembatan, atau dermaga di pelabuhan.

Pelat adalah struktur planar kaku yang terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Untuk merencanakan pelat beton bertulang perlu mempertimbangkan faktor pembebanan dan ukuran serta syarat-syarat dari peraturan yang ada. Pada perencanaan ini digunakan tumpuan jepit penuh untuk mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir dan juga di dalam pelaksanaan, pelat akan di cor bersamaan dengan balok.

Dalam pengertian teknik secara umum, Pelat Beton Bertulang didefinisikan struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada apabila struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan

terjadi momen lentur, oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur.

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang di buat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang plat ini relatif kecil apabila di dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya plat beton horizontal, sehingga pada bangunan gedung, plat ini berfungsi sebagai diagfragma/unsur pengaku dalam suatu struktur (Ali Asroni, 2010).

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya kerangka vertikal dari sistem struktur. Pelat dipakai pada struktur arsitektur, jembatan, struktur hidrolis, perkerasan jalan, pesawat terbang, kapal, dan lain sebagainya (Sudarmoko, 1996).

Pelat merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar atau mendekati sejajar. Pelat ditumpu oleh gelagar atau balok (biasanya menjadi satu kesatuan dengan gelagar tersebut) oleh dinding pasangan batu atau dinding beton bertulang, oleh batang-batang struktur baja, secara langsung oleh kolom-kolom atau tertumpu secara menerus oleh tanah (George (1993) dalam Usman (2008)).

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan, plat lantai juga dapat di temui di jembatan, pelabuhan, dll. Plat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, baik itu beban mati maupun beban hidup yang kemudian di salurkan ke sistem struktur rangka yang lain. Ketebalan plat lantai di sesuaikan dengan beberapa hal, diantaranya :

1. Beban yang akan di tumpu.
2. Jarak antar balok penumpu.
3. Bahan yang di gunakan.
4. Besar lendutan yang di iijinkan.

Konstruksi plat merupakan elemen struktur bangunan yang secara langsung memikul beban hidup sesuai fungsi bangunan dan beban mati tambahan

(superimposed). Beberapa jenis konstruksi plat yang paling umum di gunakan diantaranya yaitu :

1. Sistem balok-plat satu arah menerus.
2. Konstruksi plat berusuk–satu arah
3. Sistem lantai waffle dua arah.
4. Sistem plat datar atau flat plate.
5. Sistem lantai datar atau flat slab.
6. Sistem Lantai balok-plat dua arah.

Plat lantai beton ini mempunyai beberapa keunggulan / keuntungannya sendiri,antara lain:

1. Mendukung untuk digunakan pada bangunan dengan beban yang besar.
 2. Tidak dapat terbakar dan kedap air, sehingga dapat dijadikan sebagai lantai dapur, kamar mandi ataupun WC.
 3. Dapat dipasang keramik, tegel dan granit, sehingga dapat memperindah lantai.
- Bahan yang awet dan kuat, perawatannya mudah dan berumur panjang.

2.3.2 Tinjauan umum pelat

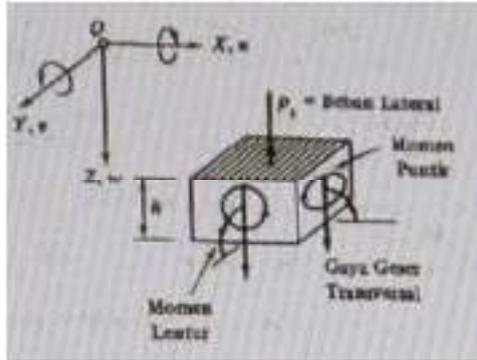
Menurut Vis,W.C (1993), Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus, datar atau melengkung, yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain. Secara umum pemakaian pelat dapat dilihat sebagai:

1. Struktur arsitektur
2. Jembatan
3. Perkerasan
4. Struktur hidrolik, dan lainnya.

Berdasarkan aksi strukturalnya pelat dibagi menjadi empat yaitu:

a. Pelat Kaku

Merupakan pelat tipis yang memiliki ketegaran lentur (flexural rigid), dan memikul beban dengan aksi 2D, terutama dengan momen dalam (lentur dan puntir) dan gaya geser transversal yang umumnya sama dengan balok.

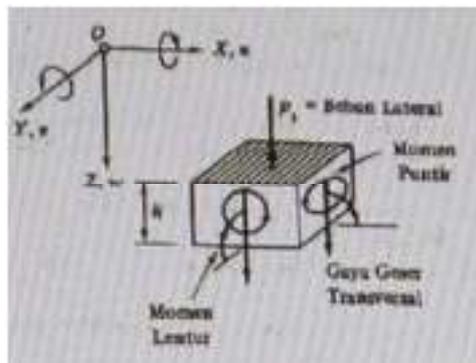


Gambar 2.2 Pelat Kaku

(Sumber : Asroni, 2010)

b. Membran

Merupakan pelat tipis tanpa ketegangan lentur dan memikul beban lateral dengan gaya geser aksial dan gaya geser terpusat.

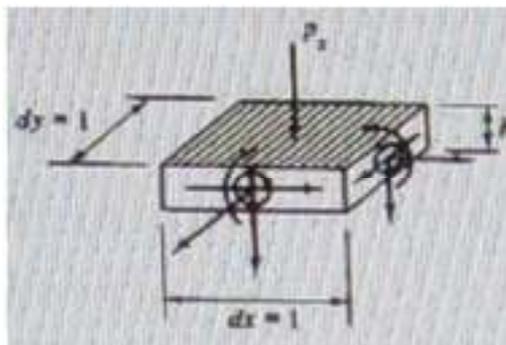


Gambar 2.3 Pelat Membrat

(Sumber : Asroni, 2010)

c. Pelat Tebal

Merupakan pelat yang kondisi tegangan dalamnya menyerupai kondisi kontinu 3D.

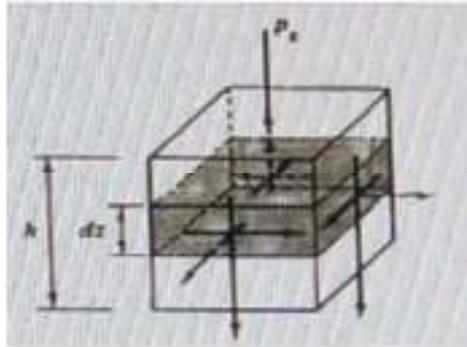


Gambar 2.4 Pelat Tebal

(Sumber : Asroni, 2010)

d. Pelat Fleksibel

Merupakan gabungan dari pelat kaku dan membran, memikul beban luar dengan gabungan aksi momen dalam, gaya geser aksial, gaya geser pusat, gaya geser transversal.



Gambar 2.5 Pelat Fleksibel

(Sumber : Asroni, 2010)

Menurut Sudarmoko (1996), pelat beton bertulang yang digunakan untuk lantai rumah, atap maupun jembatan memiliki ciri sebagai berikut ini

1. Kaku.
2. Memiliki kemampuan menahan lentur, baik satu arah maupun dua arah.
3. Tegangan geser relatif kecil, kecuali dibebani beban terpusat yang besar.
4. Tulangan tekan biasanya jarang diperlukan.

Berdasarkan perbandingan bentang panjang dan bentang pendek, pelat beton bertulang dibedakan menjadi dua bagian, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat dikatakan satu arah apabila perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendeknya dua kali atau lebih, sedangkan apabila perbandingan keduanya kurang dari dua termasuk pelat dua arah. Menurut Sudarmoko (1996), Wang (1985) menyatakan bahwa pelat satu arah hanya memiliki kelengkungan tunggal dengan tulangan utama sejajar sisi pendek pelat dan tulangan susut sejajar sisi

panjang pelat. Sedangkan pada pelat dua arah, beban disalurkan keempat sisi pelat sehingga tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat.

2.3.3 Fungsi Pelat

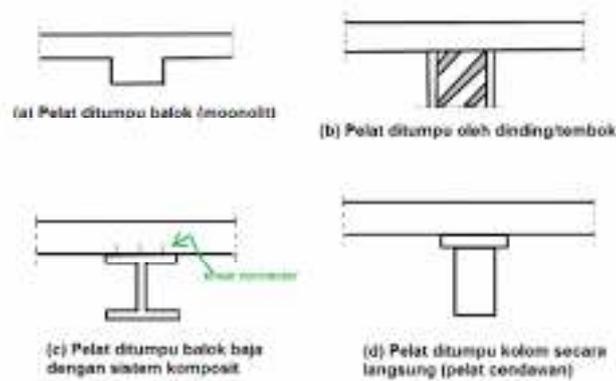
Pelat lantai memiliki beberapa fungsi di antaranya adalah sebagai berikut (Meiriska, 2016).

- Sebagai pemisah ruang bawah dan ruang atas,
- Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas,
- Untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang baawah,
- Meredam suara dari ruang atas maupun di ruang bawah,
- Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal,
- Menambah kekakuan bangunan pada arah vertikal.

2.3.4 Tumpuan Pelat

Untuk bangunan gedung, pada umumnya pelat tersebut ditumpu oleh balok-balok dengan berbagai sebagai berikut :

- Monolit, yaitu pelat dan balok dicor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan
- Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
- Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
- Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.



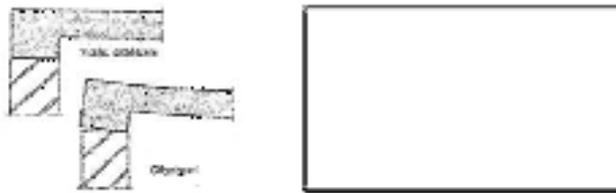
Gambar 2.6 Contoh tumpuan pelat

(Sumber : Asroni, 2010)

2.3.5 Jenis Perletakan Pelat Pada Balok

1. Terletak bebas

Keadaan ini terjadi jika pelat diletakan begitu saja di atas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama, sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut (lihat Gambar 2.7). pelat yang ditumpu oleh tembok juga termasuk dalam katagori terletak bebas.

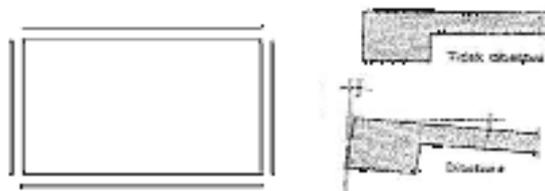


Gambar 2.7 Pelat terletak bebas

(Sumber : Asroni, 2010)

2. Terjepit Elastis

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (lihat Gambar 2.8).

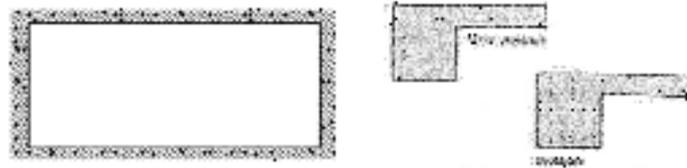


Gambar 2.8 pelat terjepit elastis

(Sumber : Asroni, 2010)

3. Terjepit penuh

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar, sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (lihat Gambar 2.9).



Gambar 2.9 pelat terjepit penuh

(Sumber : Asroni, 2010)

2.3.6 Pembebanan Pelat

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Struktur bangunan berfungsi menahan beban (load) tertentu disamping harus menahan beratnya sendiri. Beban-beban yang diperhitungkan adalah beban hidup (q_l) dan beban mati (q_d) yang diterima oleh sistem struktur.

1. Beban Mati (q_d)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya. Berikut merupakan beban mati dari berat sendiri material atau bahan bangunan dan komponen struktur sesuai dengan SNI-1727-2013.

2. Beban Hidup (q_l)

Beban hidup adalah semua beban tidak tetap, kecuali beban angin, beban gempa dan pengaruh-pengaruh khusus yang diakibatkan oleh selisih suhu, pemasangan (erection), penurunan pondasi, susut dan pengaruh-pengaruh khusus lainnya. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan perhitungan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan gedung dan

struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam SNI-1727-2013. Beban hidup ini didasarkan pada fungsi dari bangunan itu sendiri. Beberapa nilai beban hidup yang digunakan sebagai acuan berdasarkan fungsi dari bangunannya adalah sebagai berikut :

Bangunan untuk rumah tinggal = 200 kg/m²

Bangunan untuk sekolah, kantor = **250 kg/m²**

Bangunan untuk ruang olah raga = 400 kg/m²

Bangunan untuk ruang dansa = 500 kg/m²

Bangunan untuk tempat ibadah = 400 kg/m²

3. Beban Ultimate (qu)

Beban ultimate merupakan kombinasi beban terfaktor dari beban mati (qd) dan beban hidup (ql) sesuai dengan SNI 03-2847-2013, didapat kombinasi beban sebagai berikut:

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l \quad (2.1)$$

Keterangan:

qu = beban ultimit (Kg/m²)

qd = beban mati (Kg/m²)

ql = beban hidup (Kg/m²)

2.3.7 Tipe Pelat

Dalam dunia konstruksi, pemilihan tipe pelat sangat mempengaruhi performa dan keandalan suatu bangunan. Pemahaman yang mendalam terhadap berbagai tipe pelat, mulai dari pelat satu arah hingga pelat dua arah, merupakan aspek penting dalam merancang struktur yang efisien. Maka tipe pelat tersebut, sebagai berikut :

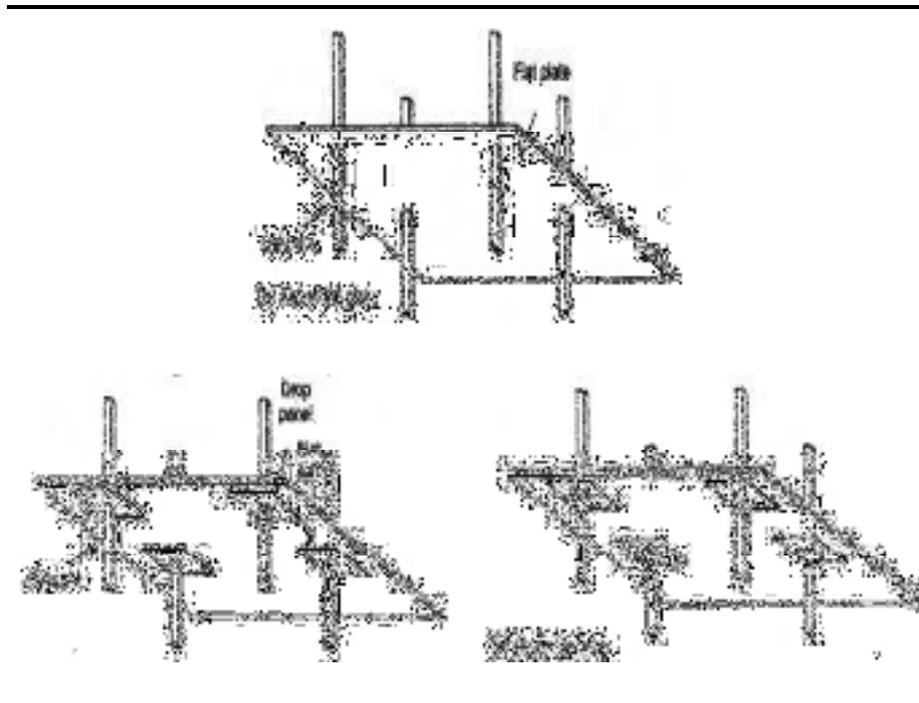
a. Sistem flat slab

Pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom tanpa

balok-balok disebut Sistem *Flat Slab*. Sistem ini digunakan bila bentang tidak besar dan intensitas beban tidak terlalu berat, misalnya bangunan apartemen atau hotel.

Sistem *flat slab* tanpa balok, memungkinkan ketinggian struktur yang minimum, fleksibilitas pemasangan seluruh penghawaan buatan (AC) dan alat-alat penerangan. Dengan ketinggian antar lantai minimum, tinggi kolom-kolom dan pemakaian partisi relatif berkurang. Untuk bangunan perumahan, pelat tersebut juga dapat berfungsi sebagai langit-langit.

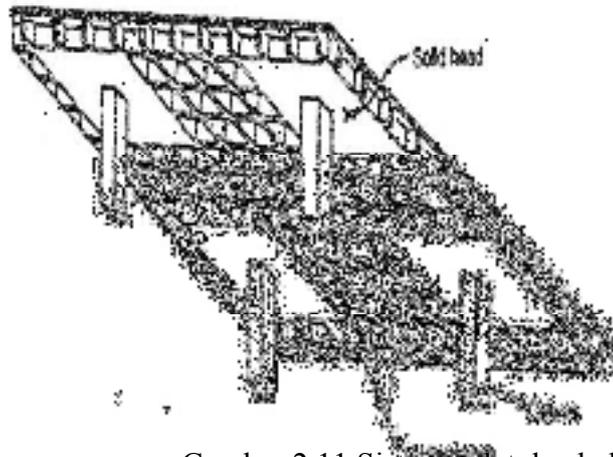
Jika bangunan yang memakai sistem lantai *flat slab* mengalami pembebanan horizontal, bagian pertemuan kolom-slab dipaksa untuk menahan momen lentur yang cukup besar, sehingga titik tersebut dapat merupakan sumber kelemahan struktur. Ada tidaknya kepala kolom atau *drop panel* pada bagian atas kolom dapat menentukan pembatasan bentangnya. Tebal lantai *Flat Slab* umumnya berkisar antara 125 hingga 250 mm untuk bentangan 4,5 hingga 7,5 m. Sistem *flat slab* terutama banyak digunakan pada bangunan rendah yang beresiko rendah terhadap beban angin dan gempa, Wahyudi L (1997).



Gambar 2.10 Sistem lantai flat slab
(Sumber: Wahyudi L 1997)

b. Sistem lantai grid

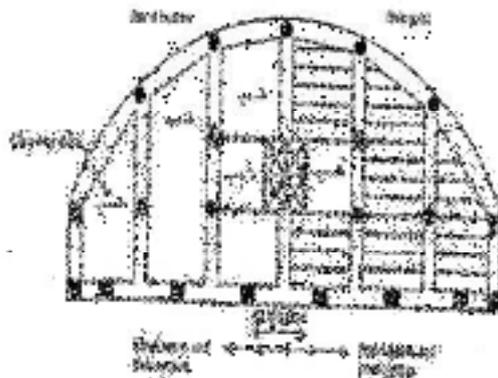
Sistem lantai grid dua-arah (*Waffle-system*) memiliki balok-balok yang saling bersilangan dengan jarak yang relatif rapat yang menumpu pelat atas yang tipis. Ini dimaksudkan untuk mengurangi berat sendiri pelat dan dapat didesain sebagai *Flat Slab* atau pelat dua arah, tergantung konfigurasinya. Sistem ini efisien untuk bentang 9 hingga 12 m.



Gambar 2.11 Sistem pelat dan balok
(Sumber: Wahyudi L 1997)

c. Sistem lajur balok

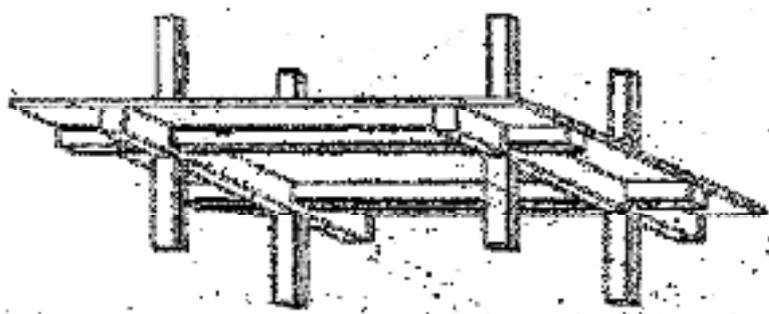
Sistem ini hampir sama dengan system balok-pelat tetapi menggunakan balok-balok dangkal yang lebih lebar. Sistem lajur balok banyak diterapkan pada bangunan yang mementingkan tinggi antar lantai. Balok lajur tidak perlu dihubungkan dengan kolom interior atau eksterior. Alternatif lain adalah dengan menempatkan balok anak membentang di antara balok-balok lajur. Sistem ini menghemat pemakaian cetakan.



Gambar 2.12 Sistem pelat dan balok
(Sumber: Wahyudi L 1997)

d. Sistem pelat dan balok

Sistem ini terdiri dari slab menerus yang ditumpu balok-balok monolit yang umumnya ditempatkan pada jarak sumbu 3 m hingga 6 m. Tebal pelat ditempatkan berdasarkan pertimbangan struktur yang biasanya mencakup aspek keamanan terhadap bahaya kebakaran. Sistem ini yang banyak dipakai.



Gambar 2.13 Sistem pelat dan balok
(Sumber: Wahyudi L 1997)

2.3. 8 Sistem Penulangan Pelat

Sistem penulangan pada pelat beton bertulang dibagi menjadi 2, yaitu:

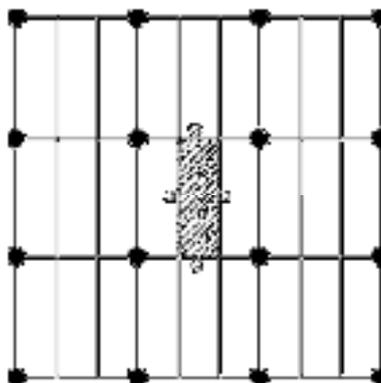
- Pelat Satu Arah /One Way Slab (Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah)
- Pelat Dua Arah /Two Way Slab (sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah)

2.3.8.1 Sistem Perencanaan Pelat Dengan Tulangan Pokok Satu Arah

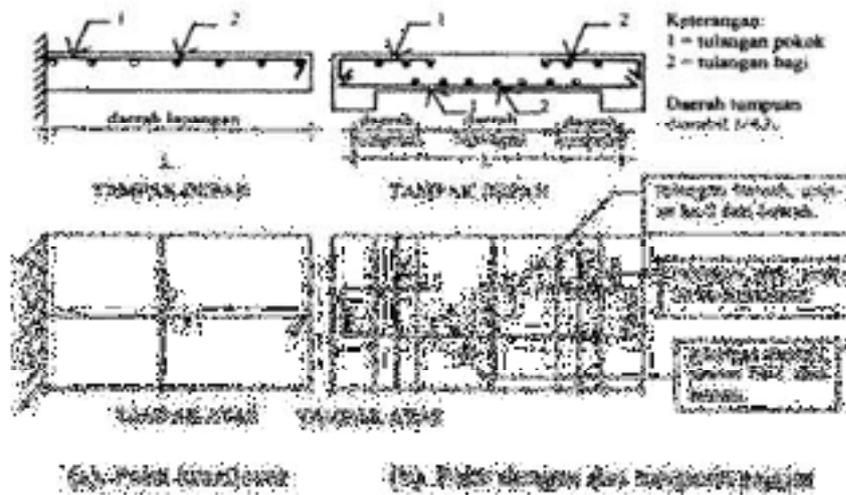
Pada sistem ini, pelat hanya dipasang tulangan pokok pada 1 arah. Hal ini dikarenakan momen lentur yang bekerja pada satu arah saja. Pelat ini hanya ditumpu oleh 2 tumpuan, contohnya pada pelat kantilever. Untuk mencegah keretakan pada pelat dan menjaga posisi tulangan pokok pada saat pengecoran, maka dipasang tulangan bagi. Tulangan bagi dipasang bersilangan tegak lurus dengan tulangan pokok dan berada di sisi dalam beton.

Pelat satu arah merupakan pelat dengan tulangan pokok satu arah yang akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Pelat satu arah apabila $I_y/I_x > 2$ dimana L_y adalah sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek.

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 λ , maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang searah bentang λ 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 2.14.



Gambar 2.14 Pelat Satu Arah



(Sumber: Sudarmoko, 1996)

Gambar 2.15 Pelat Satu Arah

(Sumber : Asroni, 2010)

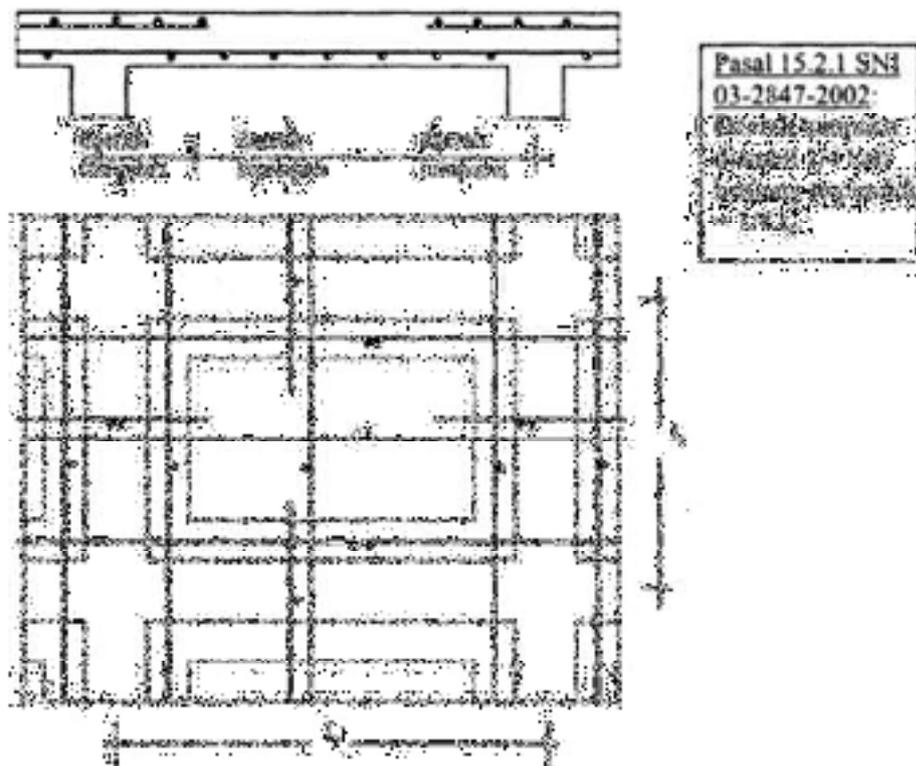
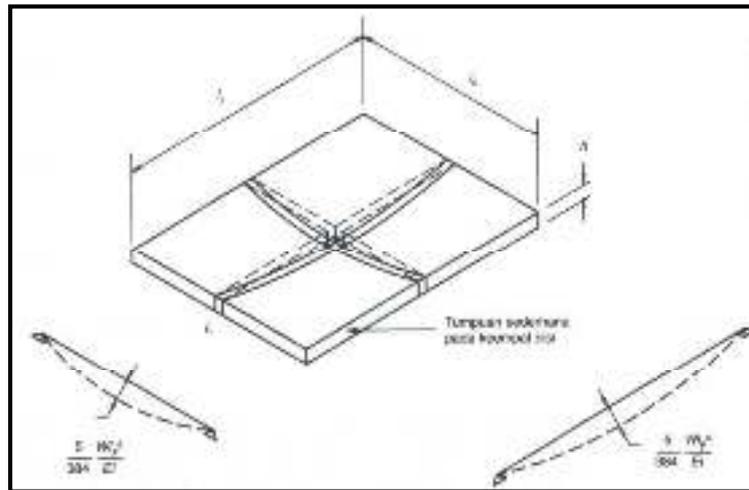
2.3.8.2 Sistem Perencanaan Pelat Dengan Tulangan Pokok Dua Arah

Pada sistem ini, pelat dipasang tulangan pokok pada 2 arah yang saling tegak lurus. Apabila rasio antara bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x), $L_y/L_x < 2$. Tujuannya agar mampu menahan momen lentur pada arah x dan arah y. Namun pada posisi tumpuan, hanya bekerja momen 1 arah, maka hanya dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi.

Pelat yang cenderung memikul beban seperti momen lentur bentang 2 arah, pada dasarnya menggunakan sistem penulangan dua arah. Contoh dari pelat beton bertulang dua arah yaitu pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar.

Pada komponen ini, tulangan bagi tidak dibutuhkan sebab tulangan pokok yang telah dipasang dua arah yang saling tegak lurus dan bersilangan. Momen lentur bekerja pada 2 arah yaitu searah dengan bentang (l_x) dan (l_y). Hal ini berbeda dengan daerah tumpuan yang bekerja pada momen lentur 1 arah yang memerlukan pemasangan tulangan utama dan bagi seperti gambar dibawah ini. Oleh karena tulangan (l_x) yang memiliki momen lentur besar dipasang di dekat

tepi luar (urutan pertama), bentang (l_y) selalu dipilih $>$ atau $=$ (l_x), tetapi momen M_{ly} selalu $<$ atau $= M_{lx}$.



Gambar 2.16 Contoh Pelat dan Penulangan Pokok dua Arah
(Sumber : Asroni, 2010)

2.4 Ketentuan Perencanaan

Pada perencanaan plat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa ketentuan sebagai berikut :

- a. Menentukan syarat batas dan bentang (I_x dan I_y).
- b. Menentukan Tebal Pelat Menurut SNI 2847-2013

Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ Mpa sesuai SNI 2847:2013 pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Tebal minum pelat satu arah

Jenis Komponen Struktur	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
Pelat Satu Arah	$L/20$	$L/24$	$L/28$	$L/10$
Pelat Rusuk	$L/16$	$L/18,5$	$L/21$	$L/8$
- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

(Sumber: SNI 2847:2013 Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hal 255)

Struktur pelat satu arah , harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti pada Tabel 2.5 tidak kurang dari 0,0014

Tabel 2.5 Persyaratan Tulangan Susut Dan Suhu Untuk Pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 Mpa	0,0020
Pelat dengan menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $f_y = 420$	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 Mpa yang diukur pada tegangan leleh sebesar 0,35%	

(Sumber: SNI 2847:2013 Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hal 255)

Kecuali untuk pelat rusuk jarak antar tulangan utama pada pelat tidak boleh lebih dari 3 kali ketebalan pelat atau tidak lebih dari 450mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.6.5)

- Tulangan bagi/tulangan susut dan suhu

$$f_y \leq 350 \text{ MPa}, A_{s,b} = 0,002 \cdot b \cdot h \quad (2.2)$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}, A_{s,b} = 0,0018 \cdot b \cdot h \quad (2.3)$$

$$f_y > 400 \text{ MPa}, A_{s,b} = 0,0018 \cdot b \cdot h (400/f_y) \quad (2.4)$$

$$A_{s,b} \geq 0,0014 \cdot b \cdot h \quad (2.5)$$

- Jarak Tulangan (S)

$$S = \frac{1000 \cdot A_b}{A_s} \quad (2.6)$$

Pelat dua arah yang didukung pada keempat sisinya. Langkah-langkah yang digunakan meliputi:

- Untuk $0,2 \leq \alpha_{fm} < 2$ maka

$$h_{\min} = \frac{\ln \times (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta \cdot (\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (2.7)$$

Namun tidak kurang dari 120 mm.

- Untuk $\alpha_{fm} > 2$ maka

$$h_{\min} = \frac{\ln \times (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad (2.8)$$

Namun tidak kurang dari 90 mm.

- Untuk $\alpha_{fm} < 2,0$

h = ketebalan minimum pelat tanpa balok (Tabel 2.6)

Tabel 2.6 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam

f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan Panel			Dengan Penebalan Panel		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
530	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber: SNI 2847:2013

Dalam Tabel 2.6 dijelaskan:

- Pelat tanpa penebalan panel tidak kurang dari 120 mm.
- Pelat dengan penebalan panel tidak kurang dari 100 mm.

Keterangan :

h = Tebal pelat

l_n = Panjang bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari pelat dua arah (mm).

β = Perbandingan antara bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari pelat dua arah.

I_b = Momen inersia brutto terhadap sumbu pusat penampang brutto balok

I_s = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang brutto

E_{cb} = Modulus elastisitas balok beton

E_{cp} = Modulus elastisitas pelat beton

α_f = Rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$) terhadap kekakuan lentur pelat ($E_{cs}I_s$), yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

c. Menghitung beban yang bekerja pada pelat

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L \quad (2.9)$$

Keterangan:

q_u = beban ultimit (Kg/m^2)

q_D = beban mati (Kg/m^2)

q_L = beban hidup (Kg/m^2)

d. Mencari momen

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y (M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} , dan M_{ty}) dengan melihat hasil perbandingan bentang panjang (l_y) terhadap bentang pendek (l_x). Momen-momen tersebut adalah sebagai berikut :

$$M_{lx} = +0,001 \times C_{lx} \times q_u \times l_x^2$$

$$M_{ly} = +0,001 \times C_{ly} \times q_u \times l_y^2$$

$$M_{tx} = -0,001 \times C_{lx} \times q_u \times t_x^2$$

$$M_{ty} = -0,001 \times C_{ly} \times q_u \times t_y^2$$

Bila balok-balok tepi dianggap mampu memberikan perlawanan terhadap perubahan bentuk tepi-tepi pelat, maka didalam perhitungan, harus direncanakan untuk menerima beban puntir pelat.

Tabel untuk menghitung momen-momen yang bekerja pada pelat, untuk berbagai keadaan tepi pelat diberikan dalam Tabel 2.7 dan 2.8 (PBI-1971)

Tabel 2.7 Momen Momen Pelat Akibat Terbagi Merata (Tumpuan Terjepit Elastis)

The table provides coefficients for calculating moments on plates with various edge conditions. It includes diagrams for different edge types (e.g., fixed, free, supported) and a legend indicating that solid lines represent 'Tebal tepi' (thick edge) and dashed lines represent 'Kedudukan sudut tepi' (edge position).

Sumber: Ali Asroni, 2010

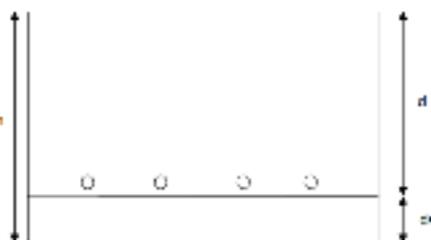
Tabel 2.8 Momen Momen Pelat Akibat Terbagi Rata (Tumpuan Terjepit Penuh)

Momen di setiap arah akibat beban merata pada pelat tumpuan terjepit penuh

No	Kondisi	Momen per lebar pelat (kNm/m)				Momen per lebar pelat (kNm/m)
		1	2	3	4	
1	1. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
2	2. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
3	3. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
4	4. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
5	5. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
6	6. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
7	7. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
8	8. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
9	9. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
10	10. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
11	11. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
12	12. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
13	13. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
14	14. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
15	15. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
16	16. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
17	17. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
18	18. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
19	19. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
20	20. Pelat tumpuan terjepit penuh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Sumber: Ali Asroni, 2010

e. Menentukan Tinggi Efektif (d)



Gambar 2.17 Tinggi efektif bentang Mu

$$d = h - d_s \tag{2.10}$$

f. Menghitung rasio tulangan (ρ)

1. Rasio tulangan minimum

Untuk mutu beton $f'_c \leq 31,36$, maka nilai

$$\rho = \frac{1,4}{f_y} \tag{2.11}$$

Untuk mutu beton $f'c > 31,36$, maka nilai

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \times f_y} \quad (2.12)$$

Pada pasal 7.12.2.1 SNI 2847 : 2013, menyebutkan sebagai berikut :

a. Bila $f_y = 240$ Mpa sampai 350 Mpa, maka $\rho_{\min} = 0,0020$

b. Bila $f_y = 400$ Mpa, maka $\rho_{\min} = 0,0018$

c. . Bila $f_y > 420$ Mpa, maka $\rho_{\min} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ $\rho_{\min} \geq 0,0014$

2. Rasio tulangan seimbang

$$\rho_b = \beta 1,0,85 \cdot \frac{f'c}{f_y} \times \frac{600}{(600+f_y)} \quad (2.13)$$

3. Rasio tulangan maksimum

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \beta 1 \cdot \frac{600}{(600+f_y)} \right) \quad (2.14)$$

4. Rasio tulangan perlu

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'c}} \right] \quad (2.15)$$

g. Luas Tulangan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \quad (2.16)$$

h. Jumlah Tulangan

$$n = A_s / A_t \quad (2.17)$$

i. Jarak antar Tulangan

$$S = b / (n-1) \quad (2.18)$$

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu membantu mempermudah didalam menentukan langkah-langkah yang sistematis dalam penyusunan penelitian dari segi teori dan konsep. Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan atau referensi untuk memudahkan membuat penelitian secara keseluruhan. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Peneliti Terdahulu

No.	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
1	M Adrian Adha 2014	Analisa Kuat Lentur Pelat Beton Bertulang Dengan Rasio Tulangan Yang Berbeda		semakin besarnya rasio tulangan maka kapasitas momen lentur dan kapasitas momen pelat dari mengalami crack pertama hingga mengalami kondisi leleh (yield)juga meningkat.
2	Rizki Maulana, dkk 2021	Tinjauan Kuat Lentur Pelat Beton Dengan Penambahan Kawat Di Antara Tulangan Pelat.	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menambahkan kawat padatulangan pelat beton yang nantinya akan digunakan sebagai benda uji.	Penambahan luas penampang tulangan dengan menggunakan kawat terbukti mampu meningkatkan kekuatan lentur pelat beton, dengan presentase sebesar 7,512

No.	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
				<p>% atau 0,354 kNm untuk pelat betondengan 3 kawat lilitan, 10,788 % atau 0,527 kNm, untuk pelat beton dengan 5 lilitan kawat, dan 13,411 % atau 0,625 kNm untuk pelat beton dengan 7 lilitan kawat yang telah dibuktikan dengan hasil dari pengujian ke empat varian.</p>
3	Arianto 2013	Kajian Kuat Lentur Pelat Bertulang Biasa Dan Pelat Beton Bertulangan Kayu Dan Bambu Pada Tumpuan Sederhana.	Metode penelitian ini ada beberapa tahap. Tahap pertama yaitu persiapan alat dan bahan. Tahap kedua meliputi: pemeriksaan bahan, perencanaan campuran dan	momen kapasitas pelat beton bertulang baja 13,256 kN.m, momen kapasitas pelat beton bertulang kayu 19,42 kN.m,

No.	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
			<p>pembuatan adukan beton. Tahap ketiga yaitu pembuatan benda uji dan perawatan. Tahap keempat yaitu pengujian kuat tekan beton dan kuat lentur pelat. Tahap kelima yaitu analisa data, pembahasan dan kesimpulan.</p>	<p>sedangkan untuk momen kapasitas pelat beton bertulang kayu yang diperkuat dengan bambu 20,756 kN.m.</p>
4	<p>Moh Lutfi Lukman Mubaroq,dkk 2002,</p>	<p>Analisis Pelat Beton Bertulang Bambu Ampel</p>		<p>rata-rata besar kuat tarik pada bambu Ampel adalah 396,10 MPa dan memenuhi standar tulangan besi polos yaitu minimal kuat tarik sebesar 350 MPa dan kekuatan lentur pelat beton yang didapat dengan mengganti tulangan besi menggunakan</p>

No.	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
				<p>bambu Ampel adalah 3,64 MPa dengan beban maksimum 9,07 KN. Juga dihasilkan lendutan pelat beton bertulang bambu ampel sebesar 0,913 mm.</p>

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif bentuk kuantitatif. yang meliputi penentuan jenis material, bentuk penampang dan semua ukurannya sehingga struktur tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat menahan segala pengaruh yang bekerja selama umur rencananya. Bentuk-bentuk pengaruh tersebut pada umumnya adalah berupa beban-beban yang bekerja pada struktur, maupun juga akibat pengaruh lingkungan seperti temperatur udara, penurunan pondasi, atau juga pengaruh lingkungan yang bersifat korosi.

Sesuai dengan namanya yaitu beton bertulang, maka material ini dikategorikan sebagai suatu material non-homogen karena terbuat dari dua buah material yang berbeda yaitu beton dan tulangan baja. Oleh karena itu metode yang digunakan untuk analisis suatu pelat beton bertulang berbeda dari metode yang digunakan untuk menganalisis pelat yang terbuat dari baja, kayu atau material lain yang homogen.

3.2 Metode Perencanaan

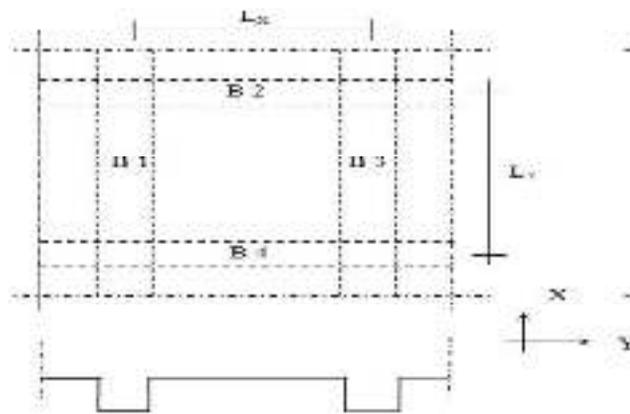
Metode yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah berupa study literatur, dengan mengumpulkan bermacam-macam teori dan pembahasan melalui buku- buku, peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan panduan dari American Concrete Institute (ACI), serta jurnal-jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas. Kemudian, dilakukan pemilihan mutu bahan, serta jenis dan dimensi penampang untuk besi tulangan komponen struktur pelat beton bertulang yang akan digunakan.

Perencanaan suatu komponen struktur beton dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak timbul retak berlebihan pada penampang sewaktu mendukung beban kerja, dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami runtuh. Timbulnya tegangan-tegangan lentur akibat terjadinya momen karena beban luar, dan tegangan tersebut merupakan faktor yang menentukan dalam menetapkan dimensi geometris penampang komponen struktur. Proses perencanaan atau analisis umumnya dimulai dengan memenuhi persyaratan terhadap lentur kemudian baru segi-segi lainnya.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisa sebuah pelat beton bertulang dengan data yang sama , tetapi mutu beton tulangan berbeda, mau dianalisis bagaimana dengan retakan betonnya.

3.3 Data Perencanaan

Dalam penyajian bahasan mengenai analisis kuat lentur pelat beton bertulang pada penelitian ini, penulis mengambil suatu model pelat beton bertulang dengan perletakan sederhana. seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.berikut.

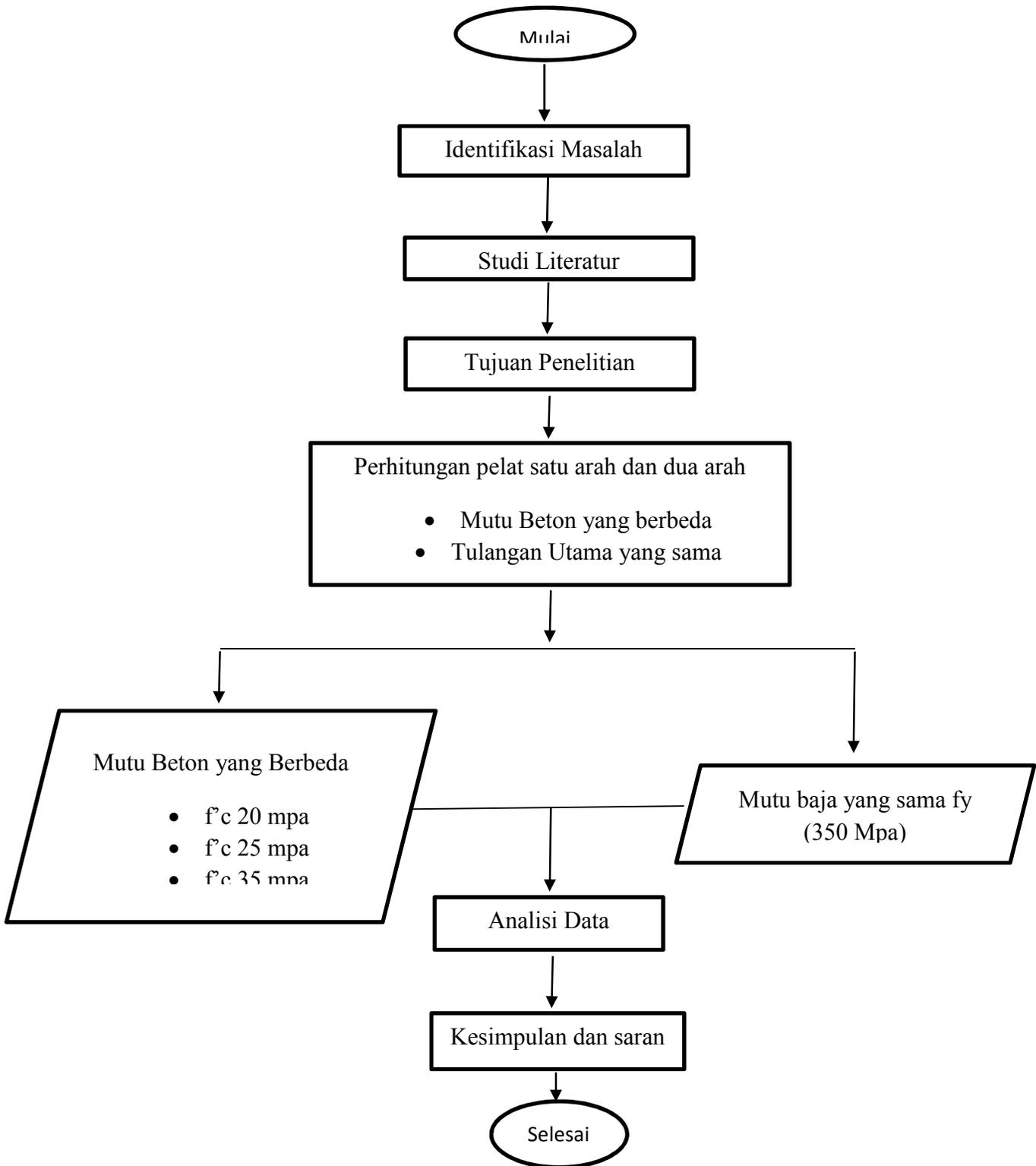


Gambar 3.1 model pelat yang dianalisis

Pelat beton bertulang yang dianalisa. Lentur pelat beton bertulang tersebut direncanakan memikul beban merata. Panjang balok adalah 8m model pelat beton bertulang tersebut nantinya akan dianalisa, bagaimana lebar retak yang terjadi akibat perbedaan ukuran dan jumlah besi tulangan yang memiliki luas penampang tulangan yang tetap sama.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini adapun diagram alir sesuai dengan langkah langkah yang digunakan untuk mendapatkan nilai rasio tulangan yang berbeda dan hasilnya. Dapat dilihat pada gambar 3.2 diagram penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian