

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu elemen dalam konstruksi yang merupakan struktur sederhana yang dibentuk oleh campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar yang berupa batu pecah atau kerikil, udara serta bahan campuran lainnya. Beton adalah material yang bersifat getas dan memiliki kuat tekan yang relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya. Nilai kuat tariknya berkisar 9 % - 15 % saja dari kuat tekannya. Karena itu beton hanya diperhitungkan bekerja dengan baik di daerah tekan pada penampangnya, sedangkan gaya tarik dipikul oleh tulangannya, baik tulangan yang berasal dari baja maupun dari bahan lainnya.

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Untuk memperbaiki mutu beton, ditambahkan pula bahan lain (admixture). Beton memiliki ketahanan terhadap gaya tekan yang tinggi, namun ketahanan terhadap gaya tarik sangat rendah (Asroni, 2013).

Agregat halus dan kasar atau dapat disebut sebagai bahan susun kasar dalam campuran beton, merupakan komponen utama dalam pembuatan beton. Nilai kekuatan beton serta daya tahan (durability) beton dapat ditentukan dari faktor nilai banding campuran dan mutu bahan susun campuran beton, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya.

Dalam SNI 7656 : 2012 beton dibedakan menjadi tiga jenis yaitu beton normal yang memiliki berat isi 2200 kg/m^3 - 2500 kg/m^3 , beton berat yang mempunyai berat isi $< 2500 \text{ kg/m}^3$ dan Beton massa yang mempunyai dimensi penampang yang besar, bisa juga dikatakan sebagai beton yang memiliki dimensi lebih besardari 60 cm. Menurut Asroni (2010), secara sederhana beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Kadang-kadang ditambahkan pula campuran bahan lain (admixture) untuk memperbaiki kualitas beton. Berdasarkan berat isinya beton dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu beton ringan, berat, dan normal.

Umumnya beton dibuat dengan menggunakan bahan agregat yang mempunyai kepadatan seperti yang diinginkan. Beton yang memakai agregat ringan akan membentuk berat isi menjadi ringan.

Perencanaan campuran beton untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta bahan tambahan yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Kekenyalan tertentu yang dapat memudahkan beton dilakukan pengecoran dengan hasil kehalusan muka beton basah yang ditentukan dari volume pasta adukan, keenceran pasata adukan dan perbandingan campuran agregat halus dan kasar.
2. Kekuatan beton yang dipengaruhi oleh faktor air semen dan kepadatan beton.
3. Material pembentuk beton seperti semen, air, agregat halus dan agregat kasar.

2.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 15 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm, (Ika Sulianti dkk, 2018). Ukuran maksimal dari beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan yaitu:

a. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gram/cm³ . Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kwarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gram/cm³ .

b. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³ , misalnya magnetic (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm³. Penggunaannya sebagai pelindung dari radiasi.

c. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,3 gram/cm³, yang biasanya dibuat untuk beton non structural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga structural ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pembuatan beton diusahakan memenuhi persyaratan di atas dan harus memenuhi ketentuan SI 0052-80 dan dalam hal-hal yang tidak tercakup dalam standar tersebut juga harus memenuhi ketentuan ASTM (American Society for Testing Material) C33-86 untuk agregat normal, serta pada ASTM C33-80 untuk agregat ringan agar mutu beton yang dihasilkan sesuai dengan keinginan. Variasi-variasi dalam sifat agregat dalam praktek sebagian besar dapat diimbangi dengan mengatur jumlah penggunaan air yang diisikan pada saat pencampuran. Dari beberapa persyaratan di atas, susunan gradasi gabungan merupakan hal yang sangat penting. Susunan gradasi agregat tersebut akan menentukan sifat dari beton yaitu kemudahan pengerjaan dan nilai ekonomis dari campuran beton.

Melihat pengaruh agregat pada kemudahan pengerjaan (workability) ada dua faktor penting yang mempengaruhi, yaitu jumlah agregat dan perbandingan proporsi agregat kasar dan halus. Kekurangan agregat halus menyebabkan campuran kaku, terjadi segregasi atau pemisahan dan sukar dikerjakan. Dilain pihak akan menyebabkan beton yang tidak ekonomis. Bleeding adalah bentuk dari segregasi, dimana bleeding adalah keluarnya air pada permukaan cetakan sesudah dicampur tetapi belum terjadi pengikatan. Bleeding disebabkan oleh partikel-partikel agregat dalam beton tidak mampu menahan air.

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm (Ika Sulianti dkk, 2018).

Agregat halus dapat digolongkan menjadi 5 (lima) macam yaitu:

a. Pasir Sungai

Pasir ini biasanya dengan kandungan lumpur yang lebih tinggi. Bentuk butirannya membulat.

b. Pasir Gunung

Jenis pasir ini biasanya berupa hasil letusan gunung berapi, mempunyai bentuk butiran yang menyudut dan biasanya mempunyai kadar lumpur yang lebih rendah.

c. Pasir Laut

Bila akan memakai pasir laut, perlu dicuci dahulu dan untuk pekerjaan-pekerjaan tertentu perlu diadakan penelitian.

d. Pasir dari Batu Pecah

Pasir ini biasanya diperoleh dari pemecahan bongkahan batu saat membuat batu pecah alami (natural crushed stone). Bentuk butirannya pipih dan lebih tajam sehingga mengurangi workability dan menghasilkan beton yang lebih berat.

e. Pasir Kwarsa Pasir

kwarsa biasanya diperoleh dari suatu penambangan di darat dan kandungan terbesarnya adalah silika. Beton dari pasir kwarsa akan memberikan bleeding yang berlebihan dan harus diperiksa kemungkinan terjadinya AAR (Alkali Aggregate Reaction).

Syarat-syarat berikut atau seperti pada tabel 2.2 tentang gradasi agregat halus.

1. Sisa diatas ayakan 4 mm, minimum 2 % berat-maximum 15% berat.
2. Sisa diatas ayakan 1 mm, minimum 10% berat.
3. Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% hingga 95 % berat.

Tabel 2. 3 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Presentase Lolos
19	100
9,6	100
4,8	98--100
2,4	96-100
1,2	90-100
0,6	80-100
0,3	15-50
0,15	0-15

Sumber : SNI 03-2834-2002

2.2.3 Semen

Semen adalah hidrolis binder (perekat hidrolis) yaitu senyawa yang terkandung di dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan. Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen Portland atau semen Portland pozzolan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan – bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Bonardo Pangaribuan, 2013). Penggunaan jenis semen disesuaikan dengan kondisi dilapangan. Sesuai dengan klasifikasi yang ditentukan oleh ASTM kita mengenal adanya lima type semen Portland, yaitu :

1. Semen Portland Type I

Semen Portland standard digunakan untuk semua bangunan beton yang tidak akan mengalami perubahan cuaca yang drastis atau dibangun dalam lingkungan yang sangat korosif.

2. Semen Portland Type II

Untuk bangunan yang menggunakan pembetonan secara masal seperti dam, yang panas hydrasinya tertahan dalam bangunan untuk jangka waktu lama. Pada saat terjadi pendinginan, timbul tegangan-

tegangan akibat perubahan panas yang akan menyebabkan retak-retak pada bangunan. Untuk mencegahnya, dibuatlah jenis semen yang mengeluarkan panas hydrasi lebih rendah serta dengan kecepatan penyebaran panas yang rendah pula. Disamping itu, semen type II ini lebih tahan terhadap serangan sulfat daripada type I. Semen type II disebut juga “modified Portland cement” dan penggunaannya sama seperti untuk type I.

3. Semen Portland Type III

Semen Portland type III adalah jenis semen yang cepat mengeras, yang cocok untuk pengecoran beton pada suhu rendah. Butiran-butiran semennya digiling lebih halus daripada semen type I, yang bertujuan untuk mempercepat proses hydrasi diikuti dengan percepatan pengerasan serta percepatan pengembangan kekuatan. Kekuatan tekan semen type III umur 3 hari sama kualitasnya dengan kekuatan tekan semen type I umur 7 hari. Semen type III disebut juga “semen dengan kekuatan awal tinggi”. Jenis ini digunakan bilamana kekuatan harus dicapai dengan waktu singkat, walaupun harganya sedikit lebih mahal. Biasanya dipakai pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk lalu lintas, juga apabila acuan itu harus bisa dibuka dalam waktu singkat. Panas hydrasinya 50% lebih tinggi daripada yang ditimbulkan semen type I.

4. Semen Portland Type IV

Semen Portland type IV ini menimbulkan panas hidrasi yang rendah dengan prosentase maksimum. Semen type IV tidak lagi diproduksi dalam jumlah besar seperti pada waktu pembuatan Hoover Dam, akan tetapi telah diganti dengan semen type II yang disebut “modified Portland cement”. Semen Portland Type V Semen Portland type V ini tahan terhadap serangan sulfat serta mengeluarkan panas. Reaksi antara AC dan CaSO menyebabkan terjadinya Calcium sulfoaluminate. Seperti pada Tabel 2.5 dibawah merupakan susunan oksida semen.

Tabel 2. 4 Susunan Oksida Semen

No	Oksida	Presentase
1	Kapur (CaCO_3)	60– 65
2	Silika (SiO_2)	17– 25
3	Aluminium Oksida (Al_2O_3)	3– 8
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5– 6
5	Magnesium Oksida (MgO)	0,5– 4
6	Kalium Sulfat (CaSO_4)	1– 2
7	Soda/portash ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)	0,5– 1

Sumber : Teknologi Beton (2012)

2.2.4 Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk memperoleh beton dengan kekuatan yang maksimal maka penggunaan air harus diperhatikan. Jika nilai kadar airnya besar dapat mempengaruhi kualitas beton. Selain itu, nilai kadar air juga dipengaruhi oleh absorpsimaterial yang digunakan. Adapun persyaratan air yang digunakan untuk campuran beton antara lain :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dsb) lebih dari 5 gr/liter.
3. Tidak mengandung khlorida lebih dari 0,5 gr/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter Penggunaan air pada campuran beton yang dilakukan di laboratorium telah dianggap layak karena menggunakan air PDAM, sehingga tidak dalam pengujian.

2.2.5 Sifat dan Karakteristik Beton

- a. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekanyang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
- b. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yangmemikul momen lengkung atau tarikan.

- c. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin lama makin besar.
- d. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
- e. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
- f. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.
- g. Dengan perkiraan komposisi (mix desain) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
- h. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.
- i. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
- j. Untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok, maka dipasang tulangan baja pada daerah yang tertarik.
- k. Pada beton bertulang memanfaatkan sifat beton yang kuat dalam menerima gaya tekan serta tulangan baja yang kuat menerima gaya tarik.
- l. Dari segi biaya, beton menawarkan kemampuan tinggi dan harga yang relative rendah.
- m. Beton hampir tidak memerlukan perawatan dan masa konstruksinya mencapai 50 tahun serta elemen konstruksinya yang mempunyai kekakuan tinggi serta aman terhadap bahaya kebakaran.
- n. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi dengan massa jenis γ_c sekitar 2400 kg/m^3 bahan ini memiliki berat jenis $23,54 \text{ kN/m}^3$ (1000 g/kg setara dengan 1 kN , di mana gravitasi dalam cm/dt^2), mengakibatkan bangunan beton sangat berat.
- o. Kelemahan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa susut dan rangkai.

2.2.6 Aplikasi Beton Pada Konstruksi Bangunan

Dalam konstruksi bangunan gedung penggunaan beton umumnya dilengkapi dengan besi tulangan, sehingga beton yang memiliki kuat tekan yang baik dilengkapi dengan besi tulangan yang memiliki kuat tarik yang baik. Beton bertulang hampir dapat di jumpai pada semua elemen struktur bangunan, dari pondasi, tie beam/sloof, kolom, balok, dan pelat lantai. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1. Pondasi

Pengertian pondasi yang dimaksud disini adalah suatu jenis konstruksi yang menjadi dasardan pondasi ini berfungsi sebagai penopang bangunan yang ada di atasnya dan ini bertujuan untuk diteruskan secara bertahap dan merata ke lapisan tanah. Namun terdapat juga pengertian pondasi yang lain yang mengatakan bahwa pondasi adalah konstruksi yang telah diperhitungkan sebaik mungkin sehingga hal ini dapat menjamin keseimbangan dan kestabilan bangunan terhadap berat yang akan dibebankan pada pondasi tersebut.

2. Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Jenis konstruksi beton bertulang ini biasanya dibuat pada bangunan rumah atau gedung, dan posisinya biasanya pada lantai 1 atau orang-orang biasa menyebutnya lantai dasar.

3. Kolom

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

4. Balok

Balok adalah bagian dari structural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-

kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. Ring balok dibuat dari bahan yang sama dengan kolomnya sehingga hubungan ring balok dengan kolomnya bersifat kaku tidak mudah berubah bentuk. Pola gaya yang tidak seragam dapat mengakibatkan balok melengkung atau defleksi yang harus ditahan oleh kekuatan internal material.

5. Plat

Plat beton bertulang umumnya dicor ditempat, bersama-sama balok penumpu dan kolom pendukungnya. Dengan demikian akan diperoleh hubungan yang kuat yang menjadi satu kesatuan, hubungan ini disebut jepit-jepit. Pada plat beton dipasang tulangan baja pada kedua arah, tulangan silang, untuk menahan momen tarik dan lenturan. Untuk mendapatkan hubungan jepit-jepit, tulangan plat harus dikaitkan kuat pada tulangan balok penumpu.

2.2.7 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton adalah hasil pencampuran semen portland, air, dan agregat (terkadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimiatambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu.

Kelebihan beton diantaranya:

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen Portland.
2. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.
3. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
4. Ukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan beton tak bertulang atau pasangan batu.
5. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapa pun tergantung keinginan

Kekurangan beton diantaranya:

- a. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa.
- b. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah sehingga dilatasi (contraction joint) perlu diadakan pada beton yang panjang/lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
- c. Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu sehingga perlu dibuat dilatasi (expansion joint) untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
- d. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
- e. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

2.2.8 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan kombinasi antara dua material yaitu beton polos dan tulangan baja, dimana beton polos merupakan bahan yang mempunyai kekuatan tekan yang tinggi tetapi mempunyai kekuatan tarik yang rendah. Sedangkan tulangan baja mempunyai kekuatan tarik yang tidak dimiliki oleh beton polos, sehingga tulangan baja akan memberikan kekuatan tarik yang diperlukan oleh struktur beton.

Terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dalam beton bertulang sebagai bahan struktur, antara lain :

- a. Kelebihan beton bertulang
 - 1) Memiliki kekuatan tekan yang relative lebih besar dibandingkan dengan bahan yang lainnya.
 - 2) Struktur beton sangat kokoh dan tahan terhadap api dan air, sehingga tulangan baja terlindungi.
 - 3) Biaya pemeliharaan yang tidak terlalu mahal.
- b. Kelemahan beton bertulang

- 1) Dalam pelaksanaan beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan bentuk dan agar beton tetap di pada tempatnya sampai beton mengeras.
- 2) Pada dasarnya beton bertulang sangat berat, sehingga berpengaruh terhadap struktur dengan bentang-bentang panjang dan menyebabkan momen lentur.
- 3) Beton bertulang relative lebih besar, sehingga harus dipertimbangkan jika digunakan pada bangunan tinggi dan bentang panjang.

Dengan adanya kelebihan dari masing-masing material tersebut, maka konfigurasi antara beton dan tulangan baja dapat diharapkan saling bekerjasama untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam sebuah struktur bangunan tersebut, dimana beton dapat menahan gaya tekan dan tulangan baja dapat menahan gaya tarik yang terjadi di struktur.

Beton dan tulangan baja dapat bekerja sama dan saling menguatkan atas dasar beberapa hal, yaitu :

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

Material-material dalam pembuatan beton bertulang meliputi semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air, bahan campuran (admixture), dan tulangan baja.

Pada suatu struktur bangunan terdapat beberapa komponen penting yaitu, Kuda-kuda atap, pelat lantai/ pelat atap, balok, kolom, sloof dan pondasi. Dimana komponen ini sebagian besar berbahan

dasar beton, sehingga beton telah menjadi bahan utama dalam pembangunan struktur atau konstruksi, sehingga perkembangan perencanaan konstruksi lambat laun yang menggunakan bahan dasar beton mulai mengalami peningkatan yang sangat drastis, para ahli konstruksi mengembangkan suatu konstruksi yang tidak menggunakan salah satu komponen utamanya yaitu balok-pelat yang dinamakan flat slab yaitu pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom tanpa adanya balok pelat yang melintang, walaupun tanpa adanya balok-pelat tetapi tidak mengurangi kekuatan dari struktur tersebut.

2.2 Plat Lantai

Plat Lantai merupakan sebuah elemen struktur yang tidak berada diatas tanah langsung dan merupakan struktur pembatas ataupun penghubung sebuah bangunan, Pelat merupakan salah satu elemen struktur horizontal yang dipengaruhi oleh panjang bentang dan beban yang bekerja padanya. Pelat juga merupakan salah satu elemen struktur yang lebih dominan memikul momen lentur dan gaya geser, jika di bandingkan dengan gaya aksial. Oleh sebab itu perlu di perkuat dengan tulangan baja terutama pada daerah serat tariknya.

Pelat lantai adalah elemen struktur horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke krangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu arah atau bekerja dalam dua arah (Nawy,1990). Pelat adalah elemen bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan (Dora,2004). Oleh sebab itu perlu di perkuat dengan tulangan baja terutama pada daerah serat tariknya.

Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan waterpas (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), agar terasa mantap dan enak saat di jadikan pijakan kaki. Ketebalan plat lantai di tentukan oleh beban yang harus di dukung, besar lendutan yang di ijinakan, lebar bentangan atau jarak antar balok- balok.

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan.

Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh:

1. Besaran beban yang akan diterima oleh pelat lantai
2. Jarak antar balok penumpu pelat lantai
3. Bahan material konstruksi yang digunakan
4. Besar lendutan yang diijinkan Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan waterpass (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring)

Pelat lantai dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh: beban yang harus didukung, besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung, bahan konstruksi dari pelat lantai. Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat bisa saja dimodelkan dengan elemen 3 dimensi yang mempunyai tebal h , panjang b , dan lebar a .

2.2.1 Pengertian Plat Beton Bertulang

Plat 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 bandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya plat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, plat ini berfungsi sebagai diagfragma atau unsur pengaku dalam suatu struktur (Asroni,2013).

Plat konvensional umumnya tersusun atas komponen plat lantai, balok anak, balok induk dan kolom. Sedangkan menurut SNI 2847-2013 ada plat jenis lain selain plat konvensional, yaitu plat yang langsung didukung oleh kolom dengan atau tanpa penebalan plat di atas kolom yang kemudian dikenal dengan plat cendawan.

Plat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, baik itu beban mati maupun beban hidup yang kemudian disalurkan ke sistem struktur rangka yang lain. Ketebalan plat lantai disesuaikan dengan beberapa hal, diantaranya :

- a. Beban yang akan ditumpu.
- b. Jarak antar balok penumpu.

- c. Bahan yang digunakan.
- d. Besar lendutan yang diijinkan.

Pekerjaan plat lantai ini haruslah kokoh, kaku, mempunyai ketinggian yang sama dan nyaman untuk berpijak. Plat 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 plat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu plat juga direncanakan terhadap beban lentur.

2.2.1 Fungsi Plat Lantai

Adapun fungsi dari pelat lantai adalah untuk menerima beban yang akan disalurkan ke struktur lainnya. Pada pelat lantai merupakan beton bertulang yang diberi tulangan baja dengan posisi melintang dan memanjang yang diikat 27 menggunakan kawat bendrat, serta tidak menempel pada permukaan pelat baik bagian bawah maupun atas. Adapun ukuran diameter, jarak antar tulangan, posisi tulangan tambahan bergantung pada bentuk pelat, kemampuan yang diinginkan untuk pelat menerima lendutan yang diijinkan. (Dandi S. 2021)

Adapun fungsi plat lantai adalah sebagai berikut:

1. Memisahkan ruang atas dan ruang bawah
2. Sebagai tempat berpijak penghuni lantai atas
3. Meredam suara dari ruang atas maupun ruang bawah
4. Untuk meletakkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah
5. Menambah kekuatan bangunan pada arah horizontal.

2.2.2 Jenis-Jenis Peletakan Plat Lantai

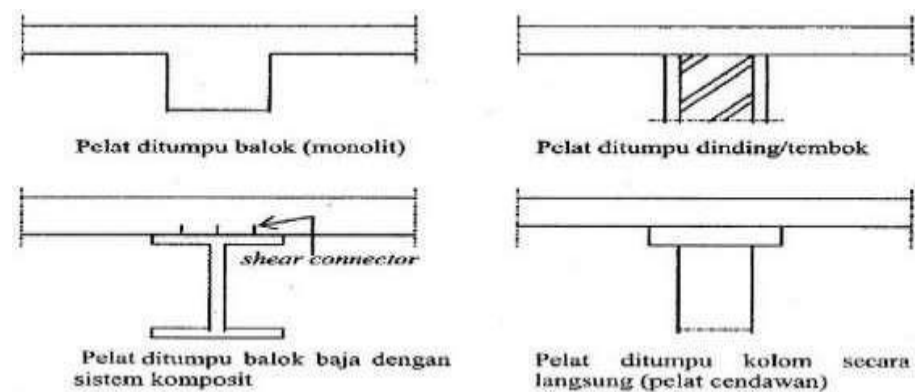
Pelaksanaan konstruksi beton bertulang pelat di pakai untuk mendapatkan permukaan datar yang berguna. Sebuah pelat beton bertulang merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal, dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar atau biasanya pelat di cor dengan satu kesatuan dengan 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.

Untuk bangunan gedung, umumnya pelat tersebut di tumpu oleh balok-balok dengan berbagai sistem sebagai berikut :

1. Monolit, yaitu pelat dan balok di cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
2. Di tumpu dinding-dinding atau tembok bangunan.
3. Di dukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
4. Di dukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.

Plat lantai merupakan struktur bangunan yang terbuat dari material monolit (biasanya dibuat dengan beton bertulang) yang ditumpu oleh struktur balok pada keempat sisi bawahnya. Struktur plat lantai terbagi menjadi dua jenis berdasarkan Geometri dan arah tumpuannya.

Penumpuan pelat dapat di lihat pada Gambar 2.1. seperti berikut ini:



Gambar 2. 1 Penumpuan Pelat Jenis-jenis

Perletakan pelat pada balok antara lain :

1. Terletak bebas

Jika pelat di letakan begitu saja di atas balok, atau antar pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.

2. Terjepit elastis

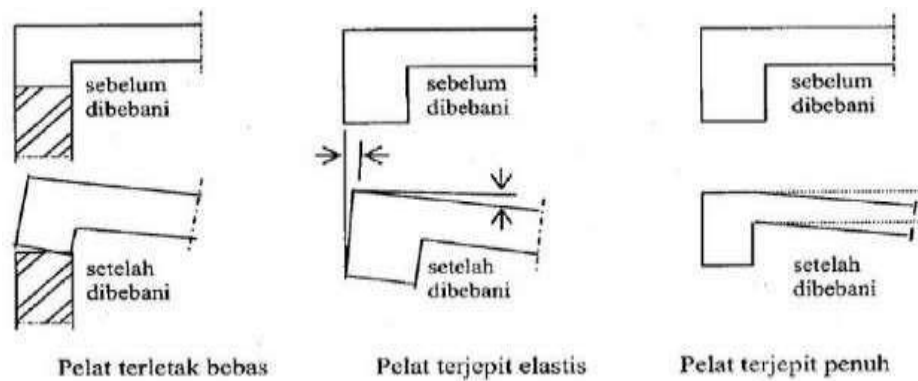
Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi.

3. Terjepit penuh

Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok

cukup besar sehingga mampu untuk mencegah rotasi pelat.

Perletakan pelat pada balok dapat di lihat pada Gambar 2.6. seperti berikut:



Gambar 2. 2Jenis Perletakan Pelat Pada Balok

2.3 Metode-metode Pengerjaan Kostruksi Plat Lantai.

Dalam pengerjaan kosntruksi plat lantai umumnya memiliki beberapa metode yang sering digunakan pada struktur bangunan Gedung di Indonesia. Metode-metode pengerjaan kostruksi plat lantai sebagai berikut :

2.2.9 Pelat Lantai Konvensional

Menurut Rambe (2018), pelat lantai konvensional merupakan pelat beton bertulang yang biasa digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai padadermaga. Berdasarkan fungsinya untuk menyalurkan gaya akibat beban, pelatdibedakan menjadi:

1. Pelat satu arah ini akan digunakan jika pelat beton lebih dominan menahanbeban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.Contoh pelatsatu arah adalah pelat kantilever dan pelat yang ditumpu dua tumpuan sejajar.
2. Pelat dua arah biasa digunakan jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat duaarah adalah pelat yang ditumpu oleh empat sisi yang sejajar.

Menurut Ervianto (2006), keunggulan dari penggunaan pelat beton konvensional adalah:

1. Perhitungan relatif mudah dan umum digunakan di proyek,

2. Mudah dibentuk dalam berbagai penampang,
3. Mudah dan umum dalam pengerjaannya dilapangan,
4. Sambungan balok, kolom dan pelat lantai bersifat monolit (terikat penuh).

Kelemahan pelat lantai beton konvensional adalah:

1. Memerlukan bekisting dalam pengerjaannya,
2. Memerlukan banyak tenaga kerja,
3. Terpengaruh oleh cuaca.

Pengerjaan pelat lantai konvensional dapat di lihat pada Gambar 2.3 seperti berikut:



Gambar 2. 3 Pengerjaan pelat lantai konvensional

2.2.10 Wiremesh

Wiremesh merupakan jaring baja tulangan *prefabrication*, yang pada tiap titik pertemuan tulangnya disatukan dengan menggunakan las listrik, untuk mendapatkan kuat geser ekstra kuat pada tiap sambungan silangan tulangnya. Tulangan baja yang digunakan adalah dari mutu U-50.

Spesifikasi *Wiremesh* :

Diameter : 4 mm – 16 mm

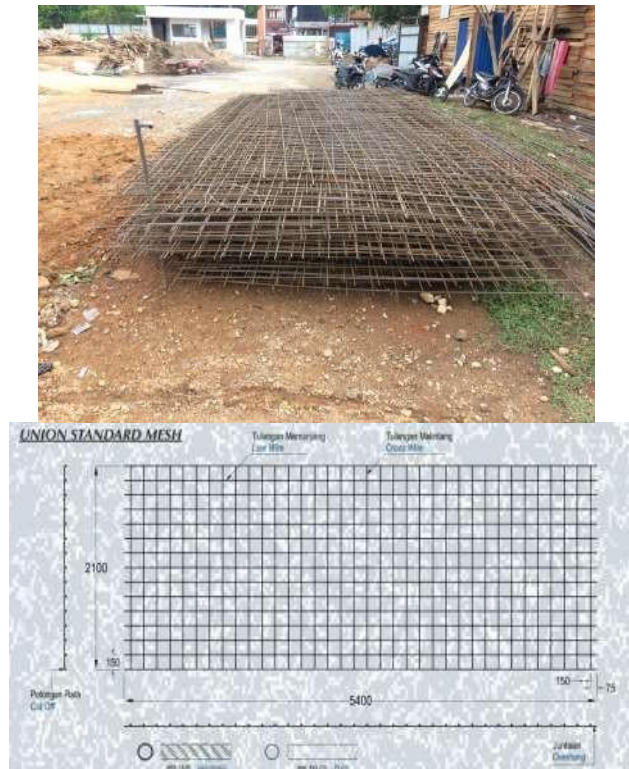
Tegangan leleh : 5.000 kg/cm², mutu U-50

Tegangan geser : 2.500 kg/cm²

Spasi standar : 150 mm x 150 mm (tipe M)
 100 mm x 200 mm (tipe B)

Ukuran standar : lembar : 5,4 m x 2,1 m
 Roll : 54 m x 2,1 m

Wiremesh yang sesuai dengan standar Union dapat di lihat pada Gambar 2.4 .seperti berikut :



Gambar 2. 4 Wiremesh (Sumber PT. UNION METAL)

2.2.11 Plat Lantai Bondek

Plat lantai bondek merupakan plat komposit yang menggunakan bondek (*steel deck*) sebagai pengganti tulangan momen positif (tulangan bawah), dimana *steel deck* (plat baja) ini juga sekaligus sudah berfungsi sebagai bekisting plat dan lantai kerja, sedangkan untuk tulangan momen negatif bisa menggunakan tulangan baja biasa atau menggunakan *wiremesh*.

Lembaran bondek ini berbentuk pelat gelombang yang terbuat dari baja struktural yang memiliki ketebalan 0,70 – 1,2 mm yang digalvanis secara merata. Bondek atau plat baja bergelombang jika dikombinasikan dengan campuran beton dan ditambahkan *wiremesh* akan membentuk suatu sistem plat komposit yang sempurna, (Uji, 2011).

Berikut contoh Gambar 2.5 Plat Bondek:



Gambar 2. 5 Plat Bondek

Menurut Uji (2011), keunggulan dari bondek sebagai penggunaan plat lantai bondek yaitu:

1. Cepat dan mudah dalam pemasangan,
2. Mengurangi pemakaian perancah dan tiang-tiang penyangga sehingga lebih menghemat biaya dalam pelaksanaan,
3. Ketahanan terhadap kebakaran lebih baik dan lolos uji kelenturan serta pembebanan,
4. Dapat dipesan sesuai kebutuhan dan memberikan platform kerja yang aman,
5. Dapat dipasang pada konstruksi baja maupun beton.

Kekurangan dari bondek sebagai penggunaan plat lantai bondek yaitu:

1. Tidak dapat dipasang pada plat sisi tepi gedung (plat lantai kantilevera).
2. Komponen plat lantai bondek (*steel deck*) rawan meleleh jika terjadi kebakaran.

2.4 Penulangan Pelat Lantai Konvensional

Struktur pelat lantai ditinjau dari penulangannya memiliki tiga macam tulangan. Tulangan-tulangan merupakan jenis tulangan tetep yang menyusun komponen dalam tubuh struktur pelat lantai. Adapun jenis tulangan sebagai berikut :

1. Tulangan Tarik

Tulangan tarik adalah tulangan yang memiliki fungsi untuk menahan

momen negatif dalam struktur pelat. Tulangan tarik disebut juga tulangan tumpuan dalam elemen pelat lantai. Posisi tulangan tarik berada pada bagian atas dari ketebalan dalam struktur pelat lantai.

2. Tulangan Tekan

Tulangan tekan berfungsi untuk menahan momen positif dari struktur pelat lantai. Letak tulangan tekan ini ada pada bentang permukaan lapangan pada pelat. Tulangan tekan juga disebut tulangan lapangan atau tulangan bawah. Letak tulangan tekan berada pada permukaan bawah dari ketebalan dalam struktur pelat lantai.

3. Tulangan Susut

Pada pelat struktural dimana tulangan lenturnya terpasang dalam satu arah saja harus disediakan tulangan susut yang arahnya tegak lurus terhadap tulangan lentur. Pemasangan tulangan tegak lurus berfungsi untuk meminimalisir retak yang diakibatkan oleh perubahan suhu atau temperature. Fungsi lain dari tulangan susut adalah membantu menyebarkan pembebanan sehingga beban-beban yang bekerja pada struktur pelat lantai menjadi merata.

Elemen pelat lantai dibedakan menjadi 2 jenis secara penulangannya, yaitu:

1. Pelat Lantai Satu Arah

Pelat lantai satu arah adalah pelat lantai yang memiliki tulangan utama satu arah bidang saja. Desain tulangan utama diletakkan pada arah x atau disisi yang terpanjang. Tulangan utama terdiri dari tulangan tarik dan tulangan tekan. Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_x}{L_y} \geq 2$.

2. Pelat Lantai Dua Arah

Pelat lantai dua arah adalah jenis pelat lantai yang mempunyai tulangan utamadikedua arah bidang permukaan pelat. Pelat lantai dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_x}{L_y} \geq 2$ untuk menentukan pembesian plat lantai, perlu dihitung momen-momen pada pelat tersebut.

2.4.1 Jenis-jenis Penulangan Pada Plat

Pelat merupakan salah satu elemen struktur horizontal yang dipengaruhi oleh panjang bentang dan beban yang bekerja padanya. Penulangan pelat yang di rencanakan untuk menahan beban-beban gravitasi yang biasanya merupakan suatu kesatuan struktur balok dan lantai berperilaku cukup baik sebagai penahan beban lentur dan sebagai diafragma horizontal untuk menyebarkan gaya gempa. Untuk tulangan pelat diameter minimum yang di gunakan adalah 8mm.

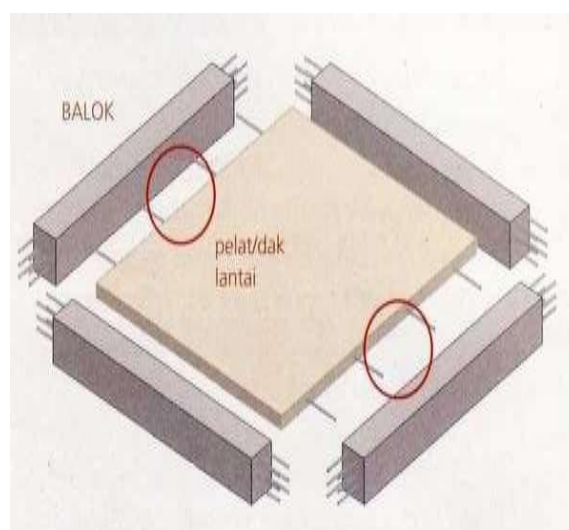
Tulangan tarik minimum pada setiap arah dan pada kedua sisi harus sebesar 0,15% untuk tulangan mutu tinggi dan 0,25% untuk baja lunak. Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan pada “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”. Pasal 3.2.5 Ayat 3.

Struktur plat lantai terbagi menjadi dua jenis berdasarkan Geometri dan arah tumpuannya, yaitu sebagai berikut :

2.4.2 Penulangan Plat Satu Arah (One Way Slab)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.

Pelat dengan penulangan satu arah dapat di lihat pada Gambar 2.6 seperti berikut:



Gambar 2. 6 Plat Dengan Tulangan Satu Arah

Karena momen lentur hanya bekerja pada satu arah saja yaitu searah dengan bentang λ , maka tulangan pokok juga di pasang satu arah yang searah bentang λ tersebut. Untuk menjaga kedudukan tulangan pokok pada saat pengecoran beton tidak berubah dari tempat semula, maka di pasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan ini di sebut tulangan bagi.

Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, tulangan pokok di pasang dekat tepi luar beton, sedangkan tulangan bagi di pasang di bagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok.

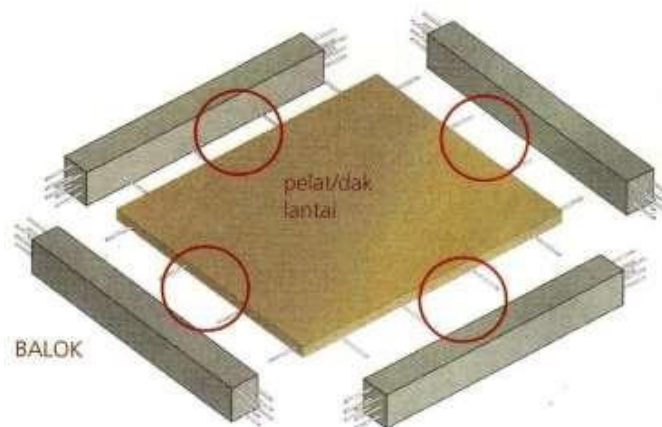
Adapun ketentuan – ketentuan yang harus diperhatikan dan dipenuhi dalam merencanakan suatu struktur plat satu arah dengan metode koefisien moment antara lain :

1. Minimum harus memiliki dua bentang
2. Komponen struktur adalah prismatic
3. Untuk panjang bentang lebih besar dari 1,2 kali bentang pendek
4. Beban yang dipikul oleh plat harus merupakan beban terbagi rata.
5. Beban hidup yang dipikul oleh plat harus lebih kecil dari 3 kali beban mati yang dipikul suatu struktur plat tersebut.

2.4.3 Penulangan Plat Dua Arah (Two Way Slab)

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan di jumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah.

Pelat dengan penulangan dua arah dapat di lihat pada Gambar 2.7 seperti berikut :



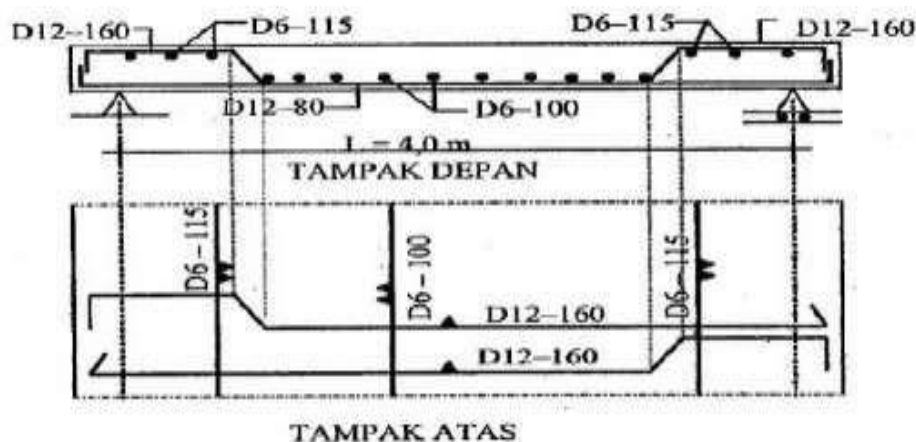
Gambar 2. 7 Pelat Dengan Penulangan Dua Arah

Karena momen lentur bekerja pada dua arah yaitu searah dengan bentang l_x dan bentang l_y , maka tulangan pokok juga di pasang pada dua arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu lagi tulangan bagi.

Pelat yang di tumpu oleh dua tumpuan berpasangan, yang dapat berupa tumpuan bebas, tumpuan jepit elastis, maupun tumpuan jepit penuh. Pelat ini termasuk jenis pelat satu arah yang dapat menghasilkan momen positif di lapangan atau bentang tengah dan momen negatif di ujung pelat.

Untuk daerah momen positif yaitu di daerah bentang tengah tulangan dipasang di bawah, sedangkan untuk momen negatif yaitu di daerah ujung pelat tulangan di pasang di atas. Baik daerah momen positif maupun momen negatif tersebut harus di pasang dua jenis tulangan, yaitu tulangan pokok dan tulangan bagi.

Penulangan pelat dengan dua tumpuan sejajar dapat di lihat pada Gambar 2.8 seperti berikut:



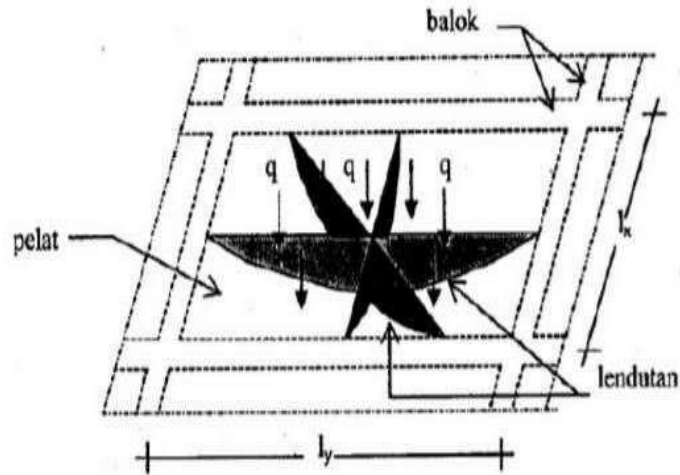
Gambar 2. 8 Penulangan Pelat Dengan Dua Tumpuan Sejajar

2.4.1 Pelat Dengan Empat Tumpuan Saling Sejajar

Pelat dengan empat tumpuan yang saling sejajar termasuk pelat dua arah, karena menahan momen lentur dalam dua arah yaitu arah l_x dan arah l_y . Beban merata q yang bekerja di atas pelat dapat mengakibatkan lendutan pada pelat, sehingga pelat melengkung ke bawah. Lendutan maksimal pada pelat akan terjadi di tengah bentang, kemudian melebar ke semua arah di antara bentang l_x maupun bentang

ly dan secara berangsur-angsur lendutannya semakin kecil menuju ke tumpuan (balok).

Pelat dengan empat tumpuan saling sejajar dapat di lihat pada Gambar 2.9 seperti berikut:



Gambar 2. 9 Pelat Dengan Empat Tumpuan Saling Sejajar.

2.5 Persyaratan Penulangan Pelat Lantai

Adapun persyaratan penulangan pelat lantai berdasarkan SNI 2847:2013 adalah sebagai berikut :

1. Luas tulangan slab dalam masing-masing arah untuk sistem slab dua arah harus ditentukan dari momen-momen pada penampang kritis, tetapi tidak boleh kurang dari yang disyaratkan.
2. Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab, kecuali untuk bagian luas slab konstruksi sel atau berusuk. Pada slab yang melintasi ruang sel, tulangan harus disediakan seperti disyaratkan.
3. Tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus menerus ke tepi slab dan mempunyai penanaman, lurus atau kait, paling sedikit 150 mm dalam balok tepi (*spandrel*), kolom, atau dinding.
4. Tulangan momen negatif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus dibengkokkan, dikait, atau jikalau tidak diangkur dalam balok tepi (*spandrel*), kolom, atau dinding, dan harus disalurkan pada muka tumpuan menurut ketentuan.

5. Bila slab tidak ditumpu oleh balok tepi (*spandrel*) atau dinding pada tepi tak menerus, atau bila kantilever slab melewati tumpuan, pengangkur tulangan harus diizinkan di dalam slab tersebut.
6. Pada sudut eksterior slab yang ditumpu oleh dinding tepi atau bila satu atau lebih balok tepi mempunyai nilai αf lebih besar dari 1,0, tulangan slab atas dan bawah harus disediakan pada sudut eksterior.
7. Tulangan sudut pada kedua sisi atas dan bawah slab harus cukup untuk menahan momen per satuan lebar sama dengan momen positif maksimum per satuan lebar pada panel slab.
8. Momen tersebut harus diasumsikan berporos terhadap sumbu tegak lurus terhadap diagonal dari sudut pada sisi atas slab dan berporos terhadap sumbu yang paralel terhadap diagonal dari sudut pada sisi bawah slab.
9. Tulangan pojok harus disediakan untuk suatu jarak dalam masing-masing arah dari sudut sama dengan seperlima bentang yang lebih panjang.
10. Tulangan sudut harus ditempatkan paralel terhadap diagonal pada sisi atas slab dan tegak lurus terhadap diagonal pada sisi bawah slab. Sebagai alternatif, tulangan harus ditempatkan dalam dua lapis paralel terhadap sisi-sisi slab pada kedua sisi atas dan bawah slab.
11. Bila panel drop (*drop panel*) digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada bagian slab datar (*flat slab*) diatas kolom, dimensi panel drop (*drop panel*).

2.6 Peraturan Teknis Pelaksanaan Pembesian Pelat

Adapun syarat cara pembengkokan tulangan berdasarkan SNI 2847: 2013 adalah sebagai berikut :

1. Semua tulangan harus dibengkokkan dalam keadaan dingin, kecuali bila diizinkan lain oleh insinyur profesional bersertifikat.
2. Tulangan yang sebagian yang sudah tertanam di dalam beton tidak boleh dibengkokkan di lapangan, kecuali seperti yang ditunjukkan dalam dokumen kontrak, atau oleh insinyur profesional bersertifikat.

Selain cara pembengkokan tulangan, kondisi permukaan tulangan juga harus diperhatikan. Berikut ini adalah syarat kondisi permukaan tulangan berdasarkan SNI 2847 : 2013.

1. Pada saat beton dicor, tulangan harus bebas dari lumpur, minyak, atau pelapis bukan logam lainnya yang dapat menurunkan lekatan. Pelapis epoksi tulangan baja yang sesuai dengan standar yang dirujuk dalam peraturan yang diizinkan.
2. Kecuali untuk baja prategang, tulangan baja dengan karat, lapisan permukaan hasil oksidasi akibat pemanasan (*mill scale*), atau kombinasi keduanya, harus dianggap memenuhi syarat, asalkan dimensi minimum (termasuk tinggi ulir) dan berat benda uji yang disikat dengan tangan menggunakan kawat baja memenuhi spesifikasi ASTM yang sesuai yang dirujuk dalam peraturan.
3. Baja prategang harus bersih dan bebas dari minyak, kotoran, lapisan permukaan hasil oksidasi (*scale*), lubang permukaan akibat korosi dan karat yang berlebihan. Lapisan tipis karat diizinkan.

2.7 Metode Pelaksanaan Plat Lantai

Metode pelaksanaan pengerjaan plat lantai beton konvensional merupakan suatu proses pemindahan campuran beton cair dari mixer ketempat atau wadah penampang yang sudah terbentuk sesuai rencana bentuk setruktur beton yaitu bekisting atau acuan pada sturktur yang akan dikerjakan. Pelat lantai konvensional dalam pembuatannya direncanakan terlebih dahulu dan semua pekerjaanya dilakukan secara manual dan langsung ditempat. Najoan (2016).

Adapun tahapan pelaksaan pekerjaan pelat lantai konvensional dilapangan yaitu meliputi penentuan elevasi, Pemasangan *scaffolding*, pemasangan bekisting, Pembesian, pemberian oli, pengecoran, pembongkaran bekisting dan perawatan yang akan dijabarkan sebagai berikut :

2.7.1 Penentuan Elevasi

Penentuan elevasi ini dilakukan sebelum pemasangan acuan dan perancah (*scaffolding*), untuk memastikan kerataan serta ketinggian posisi plat lantai agar sesuai dengan perencanaan ketinggian serta kerataan pelat lantai, elevasi dasar atas bekisting pelat ditentukan dengan cara melakukan

perhitungan elevasi dasar bekisting pelat dengan elevasi lantai dibawah plat sesuai dengan gambar rencana atau ketinggian yang sudah direncanakan.

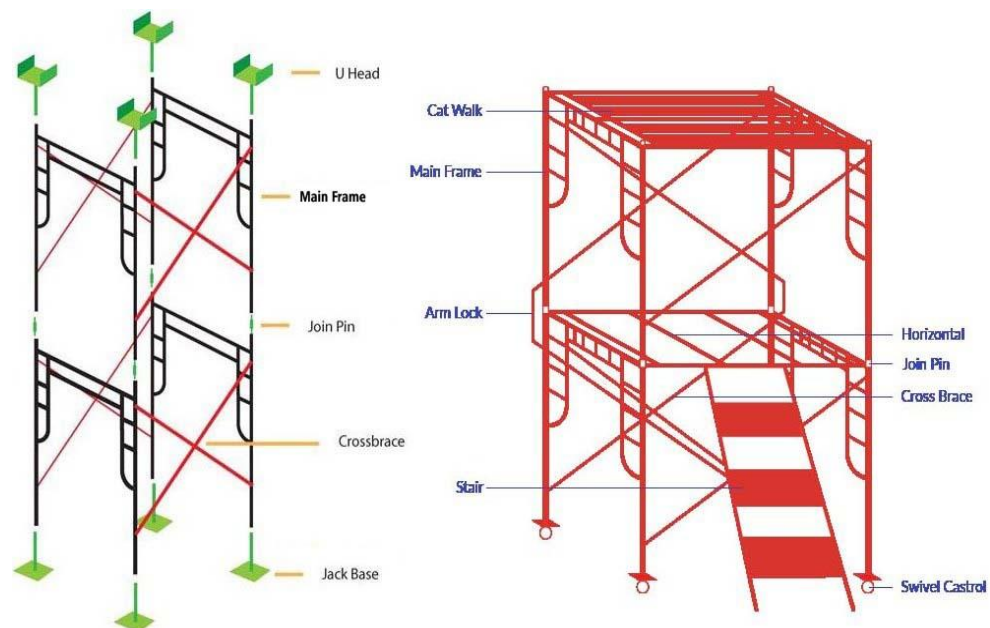
2.7.2 Pemasangan *scaffolding*

Pemasangan *scaffolding* dengan tinggi yang sudah direncanakan, selanjutnya dilakukan pemasangan kayu secara horizontal diatas *scaffolding* dengan tujuan untuk mencegah terjadinya lantai dan sekaligus menjadi lantai kerja dari pekerjaan pelat lantai .

Untuk pengerjaan pemasangan *scaffolding* dilakukan dengan cara memasang komponen komponen sampai elevasi yang ditentukan:

1. Memasang main frame Jack Base (JB)
2. Memasang main frame (MF)
3. Memasang cross brace (CB)
4. Memasang U- Head

Komponen Scaffolding dan Pemasangan scaffolding dapat dilihat pada Gambar 2.10 Komponen Scaffolding dan Pemasangan Scaffolding sebagai berikut:



Gambar 2. 10 Perancah atau Scaffolding

2.7.3 Pemasangan Bekisting

Setelah memasang scaffolding, dilanjutkan dengan tahap pemasangan bekisting. Bekisting berfungsi sebagai acuan untuk mendapat bentuk pelat lantai yang diinginkan serta sebagai penampang dan penumpu beton basah

selama proses pengeringan. Bekisting terdiri dari dua macam yaitu bekisting permanen dan bekisting sementara. Bekisting permanen adalah bekisting yang menjadi satu bagian utuh dalam struktur beton yang akan di cor. Sedangkan bekisting sementara yaitu bekisting yang digunakan bersifat sementara dan dilepas ketika beton telah mengeras.

Menurut Febriansyah (2011), yang harus dipertahikan selama pekejaan bekisting yaitu :

1. Kerapatan bekisting.
2. Kekencangan dan kekuatan pengikat dan penyangga bekisting.
3. Kebersihan dalam bekisting dari debu maupun kotoran sisa bahan bangunan.
4. Ketegaklurusan bekisting.

Perencanaan cetakan yang sesuai dengan standar Nasional Indonesia (SNI 2847:2013), yaitu:

- a. Cetakan harus menghasilkan struktur akhir yang memenuhi bentuk, garis, dan dimensi komponen struktur seperti yang disyaratkan oleh dokumen kontrak.
- b. Cetakan harus kokoh dan cukup rapat untuk mencegah kebocoran mortar.
- c. Cetakan harus diperkaku atau diikat dengan baik untuk mempertahankan posisi dan bentuknya.
- d. Cetakan dan tumpuannya harus direncanakan sedemikian hingga tidak merusak struktur yang dipasang sebelumnya.
- e. Perancangan cetakan harus menyertakan pertimbangan faktor-faktor berikut :
 - Kecepatan dan metode pengecoran.
 - Beban selama pelaksanaan konstruksi, termasuk beban vertikal, horizontal, dan tumbukan.
 - Persyaratan cetakan khusus untuk pelaksanaan konstruksi cangkang, pelat lipat, kubah, beton arsitektural, atau elemen-elemen sejenis.

- f. Cetakan untuk komponen struktural beton prategang harus dirancang dan dibuat untuk mengizinkan pergerakan komponen struktur tanpa kerusakan selama penerapan gaya prategang.

Contoh pemasangan bekisting dapat dilihat pada Gambar 2.11 sebagai berikut:



Gambar 2. 11 Contoh Pemasangan Bekisting

2.7.4 Pembesian

Pekerjaan pembesian merupakan pekerjaan terpenting dari aspek kualitas pelaksanaan karena fungsi dari besi tulangan sendiri sangat penting dalam menentukan kekuatan suatu elemen struktur. Dalam struktur beton bertulang, besi berfungsi menahan beban tarik ketika beban yang bekerja di atasnya.

Tahap-tahap dalam pekerjaan pembesian yaitu:

1. Penyimpanan besi beton.
2. Pemotongan dan pembengkokan besi (fabrikasi).
3. Pemasangan besi (instalasi).
4. Pengecoran

Contoh Pemasangan Pembesian dapat dilihat pada Gambar 2.12 sebagai berikut:



Gambar 2. 12 Pemasangan

2.7.5 Pemberian Oli Bekisting (*Oil From*)

Oli bekisting atau *oil form* digunakan sebagai pelapis cetakan (bekisting) agar pada saat pembongkaran bekisting mudah dibuka dan beton tidak menempel pada bekisting. Sehingga saat bekisting dilepas ketika beton sudah mengeras permukaan beton tetap terjaga kehalusannya dan permukaannya akan tampak bagus. Produk ini berupa cairan berwarna coklat muda. Dalam penggunaannya, olie bekisting dioleskan dengan menggunakan *roll* pada permukaan bekisting yang akan dicor sebelum bekisting dipasang. Contoh pemberian oli bekisting dapat dilihat pada gambar 2.13 Sebagai berikut :



Gambar 2. 13 Pemberian oli/ pelumas pada bekisting

2.7.6 Pengecoran

Proses pengecoran pada pelat lantai konvensional dilakukan langsung di lokasi pelat lantai yang sudah dilakukan pekerjaan pemasangan scaffolding, pemasangan bekisting, penulangan dan pembersihan dari kotoran lantai kerja pelat lantai yang akan dicor. Sebelum dilakukan pengecoran, biasanya dilakukan uji slump terlebih dahulu, uji slump bertujuan untuk mengetahui jumlah kadar air dalam campuran beton segar. Dalam proses pengecoran dilakukan mix desain terlebih dahulu sesuai dengan mutu beton yang akan digunakan.

Alat yang biasanya digunakan dalam proses pengecoran antara lain:

1. Concrete pump truck,
2. Concrete mixer truck,
3. Vibrator.
4. Perawatan beton (curing)

Setelah tahap pengecoran selesai dilakukan maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu perawatan beton. Perawatan beton dilakukan bertujuan untuk mendapatkan mutu yang diinginkan dan mengantisipasi pengeringan dini akibat pengaruh suhu. Dalam perawatan banyak cara yang digunakan, salah satu yang sering digunakan yaitu perawatan dengan air. Pekerjaan perawatan beton harus segera dilakukan setelah beton mulai mengeras dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga mengakibatkan retak pada beton.

Menurut Wahyuni (2017), volume suatu pekerjaan adalah menampung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga bisa disebut kubikasi pekerjaan karena menggunakan satuan m³. Volume suatu pekerjaan merupakan perkalian panjang, lebar dan tinggi. Untuk menghitung volume pekerjaan dapat menggunakan gambar kerja. Pekerjaan menghitung volume dilakukan dengan memperlihatkan skala pada gambar tersebut.

Pengecoran dilakukan setelah beton benar-benar siap dituang ke dalam cetakan atau bekisting, dalam hal ini material pembentuk beton sudah diaduk dan tercampur secara merata sesuai spesifikasi dan mutu yang sudah ditentukan yaitu menggunakan beton yang sudah direncanakan dan dengan

jumlah volume order beton yang sesuai dengan volume pengecoran. Proses pengecoran beton harus dilakukan sedekat mungkin dengan lokasi yang akan dicor untuk menghindari jatuhnya beton diluar cetakan. Pengadukan material beton dilakukan dengan mesin.

Adapun persiapan sebelum pengecoran beton berdasarkan yang dijelaskan pada (SNI 2847:2013) meliputi hal sebagai berikut :

- a. Semua peralatan untuk pencampuran dan pengangkutan beton harus bersih.
- b. Semua sampah atau kotoran harus dibersihkan dari cetakan yang akan diisi beton.
- c. Cetakan harus dilapisi dengan benar.
- d. Bagian dinding bata pengisi yang akan bersentuhan dengan beton harus dibasahi secara cukup.
- e. Tulangan harus benar-benar bersih dari lapisan yang berbahaya.
- f. Air harus dikeringkan dari tempat pengecoran sebelum beton dicor kecuali bila *tremie* digunakan atau kecuali bila sebaliknya diizinkan oleh petugas bangunan.
- g. Semua material halus (*laitance*) dan material lunak lainnya harus dibersihkan dari permukaan beton sebelum beton tambahan dicor terhadap beton yang mengeras.

Setelah melalui persiapan sebelum pengecoran lanjut pada sistem pengecoran sebaiknya harus sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI 2847:2013) bahwa :

- a. Beton harus dicor sedekat mungkin pada posisi akhirnya untuk menghindari terjadinya segregasi akibat penanganan kembali atau segregasi akibat pengaliran.
- b. Pengecoran beton harus dilakukan dengan kecepatan sedemikian hingga beton selama pengecoran tersebut, tetap dalam keadaan plastis dan dengan mudah dapat mengisi ruang di antara tulangan.
- c. Beton yang telah mengeras sebagian atau telah terkontaminasi oleh bahan lain tidak boleh dicor pada struktur.

- d. Beton yang ditambah air lagi atau beton yang telah dicampur ulang setelah pengikatan awal tidak boleh digunakan kecuali bila disetujui oleh insinyur profesional bersertifikat.
 - e. Setelah dimulainya pengecoran, maka pengecoran tersebut harus dilakukan secara menerus hingga mengisi secara penuh panel atau penampang sampai batasnya, atau sambungan yang ditetapkan sebagaimana diizinkan atau dilarang.
 - f. Permukaan atas cetakan vertikal secara umum harus datar.
 - g. Jika diperlukan siar pelaksanaan, maka sambungan harus dibuat sesuai dengan ketentuan.
 - h. Semua beton harus dipadatkan secara menyeluruh dengan menggunakan peralatan yang sesuai selama pengecoran dan harus diupayakan mengisi sekeliling tulangan dan seluruh celah dan masuk ke semua sudut cetakan.
- Pemadatan beton harus mengikuti ketentuan berikut ini (SNI 03 - 3976-1995) :
- a. Beton yang dicor harus dipadatkan secara sempurna dengan alat yang tepat agar dapat mengisi sepenuhnya daerah sekitar tulangan, alat konstruksi dan alat instalasi yang akan tertanam dalam beton dan daerah sudut acuan;
 - b. Dalam hal pemadatan beton dilakukan dengan alat penggetar :
 - Lama penggetaran untuk setiap titik harus dilakukan sekurang-kurangnya 5 detik, maksimal 15 detik;
 - Batang penggetar tidak boleh mengenai cetakan atau bagian beton yang sudah mengeras dan tidak boleh dipasang lebih dekat 100 mm dari cetakan atau dari beton yang sudah mengeras serta diusahakan agar tulangan tidak terkena oleh batang penggetar;
 - Lapisan yang digetarkan tidak boleh lebih tebal dari panjang batang penggetar dan tidak boleh lebih dari 500 mm. Untuk bagian konstruksi yang sangat tebal harus dilakukan lapis demi lapis.

Contoh tahapan pengecoran pelat lantai pada proyek Gedung kantor bank mandiri dapat dilihat pada gambar 2.14 Sebagai berikut ini:



Gambar 2. 14 tahapan pengecoran pelat lantai pada proyek Gedung kantor bank mandiri

2.7.7 Pembongkaran Bekisting dan Scaffolding

Pembongkaran bekisting dilakukan setelah proses pembetonan sudah setting atau matang Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 2847:2013) peraturan dalam pembongkaran cetakan dan penopang (*scaffolding*), serta penopang kembali,yaitu:

- **Pembongkaran Cetakan**

Cetakan harus dibongkar dengan cara sedemikian rupa agar tidak mengurangi keamanan dan kemampuan layan struktur. Beton yang akan terpapar dengan adanya pembongkaran cetakan harus memiliki kekuatan yang cukup yang tidak akan rusak oleh pelaksanaan pembongkaran.

- **Pembongkaran Penopang dan Penopangan Kembali**

Ketentuan untuk pelat dan balok kecuali bila komponen struktur tersebut dicor pada permukaan tanah, yaitu :

- a. Sebelum memulai pelaksanaan konstruksi, kontraktor harus membuat prosedur dan jadwal untuk pembongkaran penopang dan pemasangan penopang kembali dan untuk perhitungan beban yang disalurkan ke struktur selama proses.

- Analisis struktur dan data kekuatan beton yang dipakai dalam perencanaan dan pembongkaran cetakan dan penopang harus diserahkan oleh kontraktor kepada pengawas lapangan.
 - Tidak boleh ada beban konstruksi yang ditumpukan di atas suatu bagian struktur yang sedang dibangun, juga tidak boleh ada penopang dibongkar dari suatu bagian struktur yang sedang dibangun kecuali apabila bagian dari struktur tersebut bersama-sama dengan cetakan dan penopang yang tersisa memiliki kekuatan yang memadai untuk menumpu berat sendirinya dan beban yang ditempatkan padanya.
 - Kekuatan yang memadai tersebut harus ditunjukkan melalui analisis struktur dengan memperhatikan beban yang diusulkan, kekuatan sistem cetakan dan penopang, serta data kekuatan beton. Data kekuatan beton harus didasarkan pada pengujian silinder beton yang dirawat di lokasi konstruksi, atau bila mana disetujui pengawas lapangan, didasarkan pada prosedur lainnya untuk mengevaluasi kekuatan beton.
- b. Beban konstruksi yang melebihi kombinasi beban mati tambahan ditambah beban hidup tidak boleh ditumpukan di atas bagian struktur yang sedang dibangun tanpa penopang, kecuali jika analisis menunjukkan bahwa bagian struktur yang dimaksud memiliki kekuatan yang cukup untuk menumpu beban tambahan tersebut.

Tumpuan cetakan untuk beton prategang tidak boleh dibongkar sampai kondisi gaya prategang yang telah diaplikasikan mencukupi bagi komponen struktur prategang tersebut untuk memikul beban matinya dan beban konstruksi yang diantisipasi

2.7.8 Perawatan

Setelah proses pengecoran, beton tidak boleh dibiarkan begitu saja, dikarenakan beton harus dirawat agar mutu beton yang dihasilkan sesuai dengan perencanaan.

Perawatan beton menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 2847:2013), yaitu :

- a. Beton (selain beton kekuatan awal tinggi) harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran kecuali jika dirawat sesuai dengan perawatan dipercepat.
- b. Beton kekuatan awal tinggi harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama kecuali dirawat sesuai dengan perawatan dipercepat.

2.8 Segregasi

Segregasi merupakan kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, Bahar (2005). Segregasi adalah keadaan di mana terjadi kecenderungan pemisahan partikel agregat pada campuran cor beton. Agregat (material granular) yaitu pasir, kerikil, batu pecah, dan material pengisi campuran cor beton tidak dapat menyatu sebagai sebuah campuran yang homogen. Hal ini menyebabkan masalah pada tahap pengecoran baik ketika pengerjaan proyek pembangunan maupun masalah jangka panjang terkait ketahanan dan kekuatan bangunan jika tidak segera ditangani,

Ada beberapa kemungkinan penyebab segregasi pada beton cor, di luar dari faktor eksternal yang terjadi di lapangan seperti cuaca hujan pada saat pengecoran atau medan kerja yang cukup sulit, yaitu:

1. Penggunaan air yang terlalu banyak atau sebaliknya terlalu sedikit dalam membuat campuran semen, hal ini kerap terjadi di lapangan apabila tidak dilakukan pengawasan dengan ketat.
2. Kualitas bahan agregat yang rendah atau yang dibeli dengan asal-asalan.
3. Kurang perhitungan yang matang dalam menentukan komposisi campuran bahan cor, misal jumlah bahan agregat kasar jauh lebih banyak daripada agregat halus.
4. Adukan bahan cor yang tidak proporsional (tidak tercampur secara merata) sehingga menyebabkan slump beton yang tidak padat merata.
5. Proses penggunaan alat penggetar cor yang terlalu lama.

6. Distribusi adukan cor yang terlalu jauh atau terlalu tinggi dari titik pengecoran.

Untuk mengurangi terjadinya segregasi dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Rencanakan dengan matang pemilihan dan belanjaan bahan material agar mendapatkan bahan dengan kualitas baik dengan harga yang terjangkau.
2. Tentukan jumlah komposisi bahan cor, dengan perbandingan agregat, air dan semen sesuai kebutuhan.
3. Gunakan mixer beton (molen semen) untuk mendapatkan hasil campuran beton yang homogen dan lebih efisien.

Beikut ini adalah gambar 2.15 segregasi pada plat lantai:



Gambar 2. 15 Segregasi pada plat lantai