

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era pembangunan nasional yang berkembang serba cepat, pemakaian beton sebagai bahan konstruksi sangat banyak dipakai. Hal ini disebabkan karena beton mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan, baik dari segi biaya, struktur ataupun pelaksanaannya di lapangan. Selain dari pada itu beton merupakan suatu elemen struktur yang dapat dibuat sesuai dengan bentuk dari dimensi suatu struktur.

Oleh karena itu pemakaian beton sebagai bahan konstruksi sangat banyak digunakan oleh industri jasa konstruksi baik di lapangan maupun di pabrik. Dari berbagai hasil penelitian, beton dapat ditingkatkan fungsi dan kegunaannya seoptimal mungkin sejalan dengan pesatnya kemajuan teknologi konstruksi seperti bangunan gedung, jembatan dan jalan raya serta konstruksi lainnya. Sebuah bangunan dibuat untuk tempat tinggal atau tempat melakukan aktivitas pekerjaan. Adapun hal-hal umum yang direncanakan dalam pembuatan suatu bangunan atau gedung, adalah kekuatan strukturnya terhadap gaya-gaya serta beban-beban yang dipikulnya.

Setiap bangunan terdiri atas bagian-bagian yang memiliki fungsi tertentu. Salah satunya yakni balok. Balok berguna untuk menyangga lantai yang terletak di atasnya, dan balok juga dapat berperan sebagai penyalur momen menuju ke bagian kolom bangunan. Selain itu balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula.

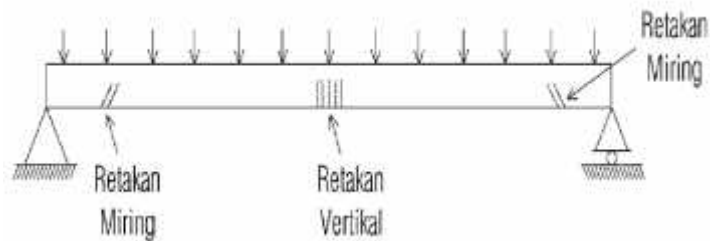
Balok merupakan salah satu elemen struktur yang penting pada struktur gedung yang mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser dan momen lentur. Salah satu jenis konstruksi yang paling banyak digunakan untuk membangun elemen struktur tersebut yaitu konstruksi beton bertulang.

Beton bertulang (reinforced concrete) adalah struktur komposit yang sangat baik untuk digunakan pada konstruksi bangunan. Pada struktur beton bertulang terdapat berbagai keunggulan akibat dari penggabungan dua buah bahan, yaitu beton dan baja sebagai tulangan.

Sebagaimana kita ketahui bahwa keunggulan dari beton adalah kuat tekannya yang tinggi, sementara baja tulangan sangat baik untuk menahan gaya tarik dan geser. Penggabungan antara material beton dan baja tulangan memungkinkan pelaku konstruksi untuk mendapatkan bahan baru dengan kemampuan untuk menahan gaya tekan, tarik, dan geser sehingga struktur bangunan secara keseluruhan menjadi lebih kuat dan aman.

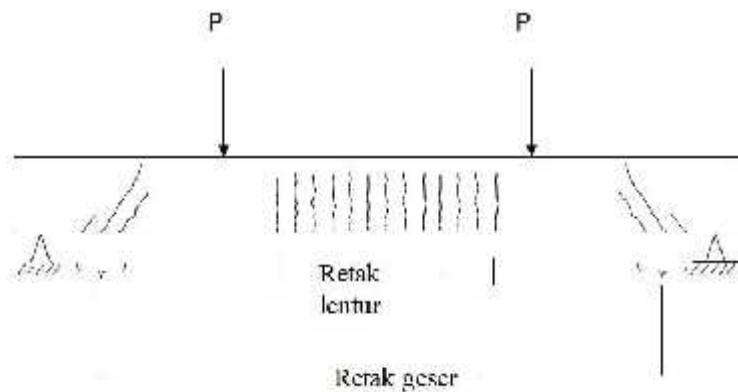
Namun dibalik kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh beton bertulang jika dibandingkan dengan bahan material lainnya, beton bertulang juga memiliki masalah yang dapat mengurangi keunggulannya. Diantara masalah yang sering dijumpai adalah masalah keretakan yang terjadi pada bahan tersebut. Keretakan pada beton bertulang diakibatkan oleh beban yang bekerja pada beton tersebut. Jika diperhatikan, retak struktur pada balok memiliki pola vertikal dan diagonal, selain itu terdapat juga pola retak-retak rambut.

Keretakan balok beton dapat dikategorikan menjadi retak struktur yang terdiri dari retak lentur yang memiliki pola vertikal/tegak biasanya disebabkan oleh beban yang melebihi kemampuan balok dan retak geser yang memiliki pola diagonal/miring biasa terjadi setelah adanya retak lentur yang memiliki pola vertikal. Keretakan yang terjadi tersebut akan membesar seiring bertambahnya beban pada balok beton bertulang. Pola retak yang terjadi juga menentukan jenis keruntuhan. Jika balok beton gagal akibat retak vertikal yang menjalar dari bawah menuju sisi atas balok, artinya terjadi keruntuhan lentur akibat tulangan longitudinal yang gagal menahan beban. Jika balok beton bertulang tersebut runtuh secara tiba-tiba akibat retak diagonal yang melebar, maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser.



Gambar.1.1.(a).Jenis retak pada balok.

(Sumber :Balok dan pelat bertulang, Ali Asroni hal 131)



Gambar.1.1.(b).Jenis retak pada balok.

(Sumber :<https://www.ilmutekniksipil.com/struktur-beton/tulangan-geser-pada-balok>)

Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan. Oleh Karena itu penulis merasa perlu untuk meneliti pola retak lentur pada balok beton bertulang dengan mengkaji pengaruh diameter tulangan terhadap retakan beton .

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah pada penelitian ini adalah menganalisis retak bentuk dan korelasi diameter tulangan lentur dengan retakan beton.

1.3. Batasan Masalah

1. Dimensi yang digunakan pada penulisan adalah sama dan ditentukan oleh penulis.
2. mutu bahan (mutu beton dan baja ditentukan penulis).
3. Luas tulangan sama,diameter yang berbeda.
4. Penulis hanya membahas bagian retak lentur.
5. Menghitung lebar retak.
6. Menghitung batas penyebaran tulangan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis retak dan hubungannya dengan diameter tulangan.

1.5. Maksud Penelitian

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui keretakan beton.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, perumusan masalah,batasan masalah,tujuan penelitian, maksud penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang teori dasar dari beberapa referensi yang mendukung serta mempunyai relevansi dengan penelitian ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisikan metoda penelitian.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisikan uraian analisis dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang di lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton bertulang

Pengertian dari struktur beton bertulang Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 3.13 mendefinisikan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya.

Beton bertulang terbuat dari gabungan antara beton dan tulangan baja. Oleh karena itu, beton bertulang memiliki sifat yang sama seperti bahan-bahan penyusunnya yaitu sangat kuat terhadap beban tekan dan beban tarik. Sifat utama dari baja tulangan yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun tekan. Karena baja tulangan harganya mahal, maka sedapat mungkin dihindari penggunaan baja tulangan untuk memikul beban tekan, sedangkan beban tekan yang bekerja cukup ditahan oleh betonnya.

2.1.1. Beton

Beton merupakan komponen dari konstruksi yang sering digunakan pada pembuatan berbagai jenis bangunan atau gedung, dengan skala kecil hingga besar. Seperti rumah tinggal, gedung bertingkat, bangunan umum, jalan, jembatan dan bangunan sipil lainnya.

Beton terbentuk dari berbagai material penyusun, semakin baik dan tepat komposisi pencampuran material, maka kualitas beton juga semakin baik.

“Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membuat masa padat”. (SNI 03-2847-2002).

“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, Kole dan Kusuma, 1993:143).

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”.

Oleh Asroni (2010:2), “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 beberapa uraian yang telah disampaikan oleh 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. Baja tulangan

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur. Perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul dalam satu sistem. Untuk keperluan penulangan tersebut digunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis menguntungkan.

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).

Agar dapat berlangsung lekatan erat antara baja tulangan dengan beton digunakan batang deformasi (BJTD) yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur 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.

Yang umum dipakai 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 $2\emptyset 12$ berarti memiliki arti bahwa gambar tersebut berupa beton bertulang dengan tulangan besi polos berjumlah 2 dengan diameter 12 mm. Notasi $5D20$ berarti beton bertulang dengan 5 batang besi ulir berdiameter 20 mm. Notasi lain adalah $\emptyset 14 - 200$ yang memiliki arti beton bertulang dengan batang besi polos berjarak 200mm.

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

Besi/baja, terdiri dari :

- **Tulangan polos**

Baja tulangan ini tersedia dalam beberapa diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, maka pemakaiannya terbatas. Tegangan leleh minimum pada baja tulangan polos biasanya sebesar 240 MPa saat ini tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga diameter 16 mm, dengan panjang 12 m.

Tabel 2.2. Dimensi noinal tulangan polos.

Diameter (mm)	Berat (kg/m)	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

- **Tulangan ulir (deform)**

Berdasarkan SNI, digunakan simbol D untuk menyatakan diameter tulangan deform (ulir = BJTD). Tegangan leleh minimum pada baja tulangan deform biasanya sebesar 400MPa.

Diameter tulangan deform di pasaran umumnya adalah D10, D13, D16, D19, D22, D25, D28, D32. Meskipun ada juga yang lebih besar, tetapi 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 / m)	Keliling (cm)	Luas penampang (cm ²)
10	0,617	3,14	0,785
13	1,04	4,08	1,33
16	1,58	5,02	2,01
19	2,23	5,96	2,84
22	2,98	6,91	3,80
25	3,85	7,85	4,91
32	6,31	10,05	8,04
36	7,99	11,30	10,20
40	9,87	12,56	12,60

Sumber :struktur bertulang. L wahyudi hal 33 tabel 2.6

Balok beton polos pada umumnya tidak efisien untuk berfungsi sebagai komponen struktur lentur karena kuat tariknya yang jauh lebih kecil dari pada kuat tekannya. Sebagai konsekuensi, balok beton polos tanpa tulangan ini akan mengalami kegagalan tarik pada tingkat beban yang rendah, jauh sebelum beton mencapai kuat tekannya. Untuk menjamin terjadinya lekatan yang baik maka pada umumnya digunakan tulangan baja ulir.

Sifat-sifat penting pada baja tulangan adalah :

1. modulus young/modulus elastisitas, E_s pada baja tulangan non pratekan sebesar 200.000 MPa.
2. Kekuatan leleh, f_y . Mutu baja yang digunakan biasanya dinyatakan dengan kuat lelehnya. Kuat leleh/tegangan leleh baja pada umumnya adalah $f_y = 240$ MPa, $f_y = 300$ MPa dan $f_y = 400$ MPa
3. Kekuatan batas, f_u .
4. Ukuran/diameter baja tulangan.

2.1.3. Fungsi utama beton dan tulangan

Dari uraian di atas dapatlah dipahami, bahwa baik beton maupun baja tulangan pada struktur beton bertulang tersebut mempunyai fungsi yang berbeda sesuai dengan sifat bahan yang bersangkutan.

Fungsi utama Beton:

- Menahan gaya tekan.
- Menutup baja tulangan agar tidak berkarat.

Fungsi utama Tulangan:

- Menahan gaya tarik.
- Mencegah retak beton agar tidak melebar.

2.1.4. 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:

1. Pondasi

Pondasi adalah elemen beton struktural yang meneruskan beban dari struktur di atasnya ke tanah yang memikulnya.

2. Kolom

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.

3. Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat ke kolom penyangga yang vertical.

4. Dinding

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.

5. Slab atau pelat

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 diatas balok ataupun pelat yang langsung bertumpu pada kolom.

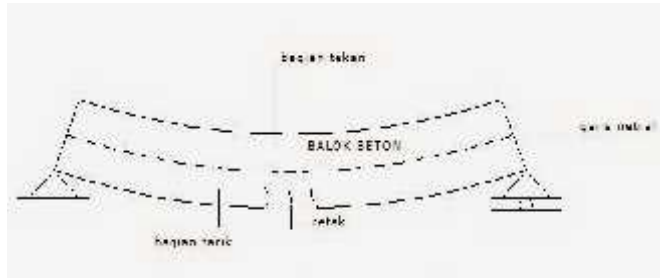
2.2. Prinsip dasar beton bertulang

Sifat dari beton, yaitu sangat kuat untuk menahan tekan, tetapi tidak kuat (lemah) untuk menahan tarik. Nilai kuat beton relatif tinggi dibanding dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Kekuatan tarik dari bahan beton besarnya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kekuatannya. Oleh karena itu, beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya.

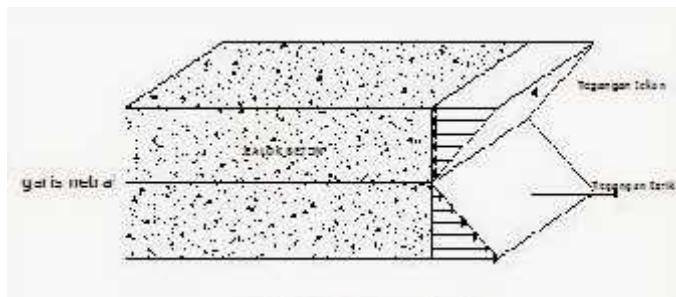
Jika sebuah balok beton (tanpa tulangan) ditumpu oleh tumpuan sederhana (sendi dan rol) dan di atas balok tersebut bekerja beban terpusat (P) dan beban merata (q), maka akan timbul momen luar, sehingga balok akan melengkung ke bawah seperti tampak pada gambar 2.1.(a) dan gambar 2.1.(b). Pada balok yang melengkung ke bawah akibat beban luar ini pada dasarnya ditahan oleh kopel gaya dalam yang berupa tegangan tekan dan tarik. Jadi pada serat-serat balok bagian tepi atas akan menahan tegangan tekan, dan semakin ke bawah tegangan tekan tersebut semakin kecil dan sebaliknya, pada serat bagian tepi bawah akan menahan tegangan tarik, dan semakin ke atas tegangan tarik semakin kecil pula. (lihat gambar 2.1.(c), pada bagian tengah, yaitu pada batas antara tegangan tarik dan tegangan tekan, serat-serat balok tidak mengalami tegangan sama sekali (tegangan tarik dan tegangan tekan bernilai nol). Serat-serat yang tidak mengalami tegangan tersebut membentuk suatu garis yang disebut garis netral.



Gambar 2.1.(a) balok dengan beban P dan q .



Gambar 2.1.(b) balok melengkung.



Gambar 2.1.(c) diagram tegangan beton.

(Sumber :Balok dan pelat bertulang, Ali Asroni hal 24)

Jika beban di atas balok itu cukup besar, maka serat serat beton bagian tepi bawah akan mengalami tegangan tarik yang cukup besar pula, sehingga dapat terjadi retak pada bagian tepi bawah. Keadaan ini terjadi terutama pada daerah beton yang momennya besar, yaitu pada bagian tengah bentang.

Untuk alasan inilah maka tulangan baja diletakkan pada bagian penampang yang mengalami tegangan tarik, sedekat mungkin dengan serat tarik luar yang timbul sebagai akibat dari momen lentur ditahan oleh tulangan baja, sedangkan beton sendiri bekerja menahan menahan gaya tekan yang timbul.

Oleh sebab itu struktur beton direncanakan dengan anggapan bahwa beton sama sekali tidak memikul gaya tarik. Untuk memikul gaya tarik yang ada, dipergunakan tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. sehingga didapatkan suatu aksi komposit dari kedua bahan tersebut. Komponen struktur beton dengan kerja sama seperti itu disebut sebagai beton bertulang baja atau lazim disebut beton bertulang saja.

Kombinasi kerja antara beton dan baja berdasarkan beberapa hal :

- Lekatan antara tulangan baja dengan beton yang mencegah slip tulangan terhadap beton (sifat monolit) bahan.
- Sifat kedap beton yang mencegah proses korosi tulangan.
- Derajat pemuaian akibat panas yang sama antara baja dan beton yang meniadakan beda tegangan antara dua permukaan bahan.

2.3. Kelebihan dan Kekurangan Beton

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

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya tersedia didekat lokasi pembangunan, kecuali semen portland.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan murah.
3. Kuat tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
4. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran yang sesuai keinginan.

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

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

Asroni (2010:14) menyebutkan bangunan yang menggunakan konstruksi beton mempunyai beberapa keunggulan, yaitu:

1. Beton termasuk tahan aus dan tahan terhadap kebakaran.
2. Beton sangat kokoh dan kuat terhadap beban gempa bumi, getaran, maupun beban angin.

3. Berbagai bentuk konstruksi dapat dibuat dari bahan beton menurut selera perancang atau pemakai.
4. Biaya pemeliharaan atau perawatan sangat sedikit (tidak ada).

Bangunan yang menggunakan konstruksi beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Konstruksi beton itu berat, sehingga jika dipakai pada bangunan harus disediakan fondasi yang cukup besar/kuat.
3. Untuk memperoleh hasil beton dengan mutu yang baik, perlu biaya pengawasan sendiri.
4. Konstruksi beton tidak dapat dipindah, disamping itu bekas beton tidak ada harganya.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan untuk kelebihan dan kekurangan beton diantaranya adalah.

➤ Kelebihan :

1. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Harganya relatif murah baik dalam pembuatan dan perawatan.
3. Material mudah didapat karena tersedia bebas di alam kecuali semen portland sehingga memungkinkan kemudahan dalam pelaksanaan.
4. Mudah dibentuk.
5. Beton termasuk tahan lama dan tahan aus.

➤ Kekurangan :

1. Memiliki berat yang besar
2. Perencanaan dan pembuatannya bermacam-macam.
3. Kuat tarik rendah sehingga mudah retak.
4. Untuk menghasilkan mutu beton yang baik, perlu biaya dan tenaga ahli.

2.4. Kegagalan struktur beton

Kerusakan yang terjadi umumnya dapat dikelompokkan dalam tiga kategori yaitu (Mohd Isneini,2009) :

1. Retak

Retak (cracks) adalah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit, retak ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab diantaranya: evaporasi air dalam campuran beton terjadi dengan cepat akibat cuaca yang panas, kering atau berangin. Retak akibat keadaan ini disebut plastic cracking, bleeding yang berlebihan pada beton, biasanya akibat proses curing yang tidak sempurna. Retakan bersifat dangkal dan saling berhubungan pada seluruh permukaan pada plat, retak jenis ini disebut crazing. Pergerakan struktur, sambungan yang tidak baik pada pertemuan kolom dengan balok atau plat, atau tanah yang tidak stabil. Retakan bersifat dalam atau lebar, retak jenis ini disebut random cracks Reaksi antara alkali dan agregat, retakan yang terbentuk sekitar 10 tahun atau lebih setelah pengecoran dan selanjutnya menjadi lebih dalam dan lebar, retakan saling berhubungan satu sama lain.



Gambar 2.2.Retak

2. Voids

Voids adalah lubang-lubang yang relatif dalam dan lebar pada beton. Void pada beton dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab, diantaranya pemadatan yang dilakukan dengan vibrator kurang baik, karena jarak antar bekisting dengan tulangan atau jarak antar tulangan terlalu sempit sehingga bagian mortar tidak dapat mengisi rongga antara agregat kasar dengan baik. Void yang terjadi berupa lubang-lubang tidak teratur yang disebut honey combing. Bocor pada bekisting yang menyebabkan air atau pasta semen keluar, akan lebih parah jika campuran banyak mengandung air, atau banyak pasta semen atau gradasi agregat yang kurang baik. Keadaan ini disebut sand streaking.



Gambar 2.3 Voids – Honey Combing

3. Scalling

Scalling/spalling/erosion adalah kelupasan dangkal pada permukaan, yang dapat ditimbulkan oleh beberapa sebab, diantaranya Eksposisi yang berulang-ulang terhadap pembekuan dan pencairan sehingga permukaan terkelupas, keadaan ini disebut scalling. Melekatnya material pada permukaan bekisting sehingga permukaan beton terlepas dalam kepingan atau bongkah kecil, keadaan ini disebut spalling. Terlepasnya partikel-partikel sehalus debu yang dapat terdiri dari semen yang sangat halus atau agregat yang sangat halus, terlepas akibat abrasi misalnya saat lantai disapu, hal semacam ini disebut dusting. Terdapatnya material organik dalam campuran, kontaminasi yang reaktif atau korosi pada tulangan dapat menimbulkan rongga pada beton yang disebut sebagai popouts, juga dapat disebabkan ekspansi agregat yang porous segera setelah pengecoran sampai setahun lebih tergantung permeabilitas beton dan ketidakstabilan volume agregat yang digunakan. Disintegrasi beton pada titik-titik dimana

terdapat aliran air turbulen akibat pecahnya gelembung-gelembung pada air, erosi seperti ini sering disebut water cavitation. Erosi oleh air dimana abrasi oleh benda-benda padat yang tersuspensi dalam air terhadap permukaan beton mengakibatkan disintegrasi beton sepanjang alur aliran air.



Gambar 2.4 Scalling.

Jenis kerusakan lain yang biasanya terjadi pada komponen struktur penunjang bangunan sipil adalah lekatan baja beton; kekuatan lekatan dipengaruhi kekasaran permukaan baja, kualitas beton disekitar tulangan. Kegagalan lekatan berakibat menurunnya daya dukung komponen struktur terhadap beban yang bekerja, meningkatnya deformasi, bahkan runtuhnya struktur. Kegagalan lekatan bisa diakibatkan korosi pada tulangan, kebakaran, tipisnya selimut beton, jarak tulangan yang rapat serta diameter tulangan yang besar dan gaya siklis akibat gempa. Korosi pada baja tulangan biasanya dikenali dengan bercak karat pada permukaan beton, korosi

mudah terjadi pada lingkungan asam namun bila terdapat ion klorida, proses karat dapat terjadi pada lingkungan basa (Mohd Isneini,2009).

Kebakaran, pengaruhnya tergantung lama terjadinya serta tingginya temperatur. Pengaruh kebakaran terhadap kekuatan komponen beton yaitu menurunnya kuat tekan, modulus elastisitas, kuat lekat baja serta ekspansi longitudinal dan radial. Sedangkan akibat gempa, saat terjadi gempa bukan saja diuji secara siklis namun beban yang bekerja pada komponen struktur telah mendekati batas kemampuan komponen dalam memikul beban yang bekerja (Mohd Isneini,2009).

Kerusakan lain diakibatkan penurunan pondasi, sering dijumpai daya dukung tanah baik namun disertai konsolidasi besar. Dilain pihak ada daya dukung tanah tidak seragam di sebagian lokasi bangunan, menjadikan perbedaan penurunan pondasi, komponen yang sering rusak akibat penurunan pondasi adalah dinding pengisi (Mohd Isneini,2009).

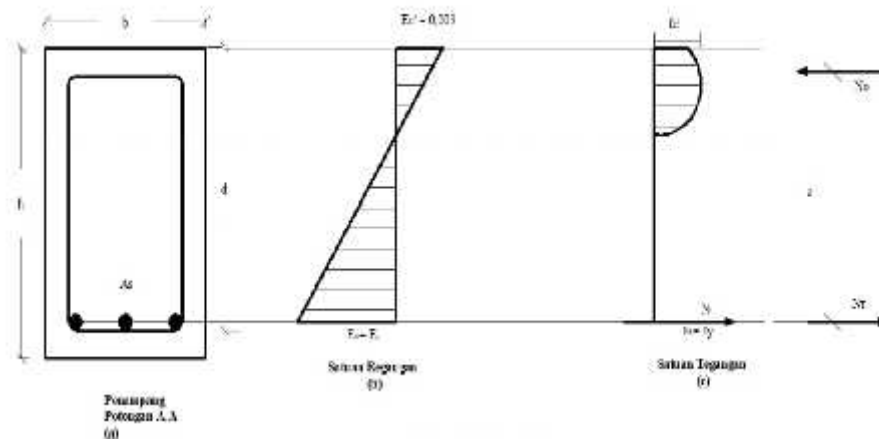
2.5. Balok Persegi

Balok dikenal dengan elemen lentur yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Dua hal utama yang dialami oleh suatu balok adalah kondisi tekan dan tarik, yang antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral. Gaya luar yang bekerja pada struktur beton bertulang akan ditahan oleh beton dan baja tulangan secara bersama-sama melalui gaya internal.

Apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi dibagian atas dan regangan. tarik dibagian bawah penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan disebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitasnya terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut. Untuk memperhitungkan kemampuan dan kapasitas dukung komponen struktur beton terlentur (balok, plat, dinding, dan sebagainya), sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan dengan cara memberikan batang tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan didapat apa yang dinamaka struktur beton bertulang.

2.6. Kuat lentur balok persegi

Telah dikemukakan bahwa distribusi tegangan beton tekan pada penampang bentuknya setara dengan kurva tegangan-regangan beton tekan seperti pada Gambar 2.5, bentuk distribusi tegangan tersebut berupa garis lengkung dengan nilai nol pada garis netral, dan untuk mutu beton yang berbeda akan lain pula bentuk kurva dan lengkungannya. Tampak bahwa tegangan tekan f'_c , yang merupakan tegangan maksimum, posisinya bukan pada serat tepi tekan tetapi agak masuk kedalam.



Gambar 2.5. balok menahan momen ultimit.

(sumber: Struktur beton bertulang, Istimawan Dipohusodo hal 28)

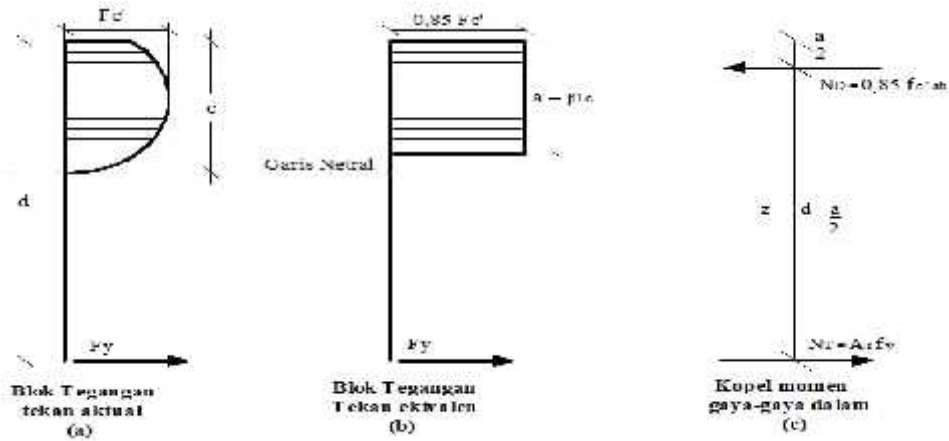
Pada suatu komposisi tertentu balok menahan beban sedemikian hingga regangan tekan lentur beton maksimum ($\epsilon'_{b\ maks}$) mencapai 0,003 sedangkan tegangan tarik baja tulangan mencapai tegangan luluh. Apabila hal demikian terjadi, penampang dinamakan mencapai keseimbangan regangan, atau disebut penampang bertulang seimbang.

Berdasarkan pada anggapan-anggapan seperti yang telah dikemukakan diatas, dapat dilakukan pengujian regangan, tegangan, dan gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang bekerja menahan momen batas, yaitu momen akibat beban luar yang timbul pada saat terjadi hancur. Momen ini mencerminkan kekuatan dan dimasa lalu disebut sebagai kuat lentur ultimit balok. Kuat lentur suatu balok beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-tegangan dalam yang timbul didalam balok pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam. Seperti pada gambar 2.6, N_D adalah resultante gaya tekan dalam, merupakan resultante seluruh gaya tekan pada daerah diatas garis netral. Sedangkan N_T adalah

resultante gaya tarik dalam, merupakan jumlah seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah dibawah garis netral. Kedua gaya ini, arah garis kerjanya sejajar, sama besar, tetapi berlawanan arah dan dipisahkan dengan jarak z sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam dimana nilai maksimumnya disebut kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur.

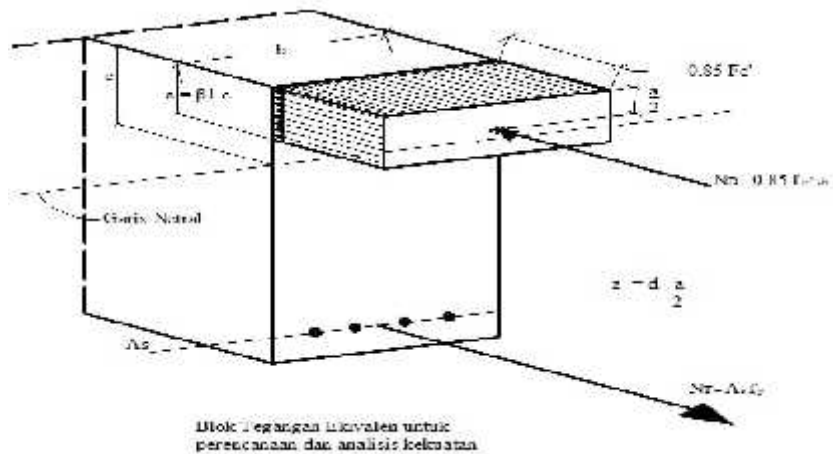
Momen tahanan dalam tersebut yang akan menahan atau memikul momen lentur rencana aktual yang ditimbulkan oleh beban luar. Untuk itu dalam merencanakan balok pada kondisi pembebanan tertentu harus disusun komposisi dimensi balok beton dan jumlah serta besar (luas) baja tulangnya sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan momen tahanan dalam paling tidak sama dengan momen lentur maksimum yang ditimbulkan oleh beban. Menentukan momen tahanan dalam merupakan hal yang kompleks sehubungan dengan bentuk diagram tegangan tekan diatas garis netral yang berbentuk garis lengkung. Kesulitan timbul tidak hanya pada waktu menghitung besarnya N_D , tetapi untuk menentukan letak garis kerja gaya relatif terhadap pusat berta tulangan baja tarik tetapi karna momen tahanan dalam pada dasarnya merupakan fungsi dari N_D dan z , tidaklah sangat penting benar untuk mengetahui bentuk tempat distribusi tegangan tekan diatas garis netral.

Untuk tujuan penyederhanaan, whitney telah mengusulkan bentuk persegi panjang sebagai distribusi tegangan beton tekan ekuivalen. Standar SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.2 ayat 7 juga menetapkan bentuk tersebut sebagai ketentuan meskipun pada ayat 6 tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan bentuk-bentuk yang lain sepanjang hal tersebut merupakan hasil-hasil pengujian pada kenyataannya usulan whitney telah digunakan secara luas karena bentuknya berupa empat persegi panjang yang memudahkan dalam penggunaannya, baik untuk perencanaan maupun analisis.



Gambar 2.6. Blok tegangan ekivalen Whitney.

(sumber: Struktur beton bertulang, Istimawan Dipohusodo hal 30)



Gambar 2.7. blok tegangan ekialen untuk perencanaan dan analisis kekuatan.

(sumber: Struktur beton bertulang, Istimawan Dipohusodo hal 31)

Berdasarkan bentuk empat persegi panjang seperti tampak pada gambar 2.6, intensitas tegangan beton tekan rata-rata ditentukan sebesar $0,85 f'_c$ dan dianggap bekerja pada daerah tekan dari penampang balok sebesar b dan sedalam a , yang mana besarnya ditentukan dengan rumus:

$$a = \beta_1 c$$

di mana, c = jarak serat tekan terluar ke garis netral

β_1 = konstanta yang meruapakan fungsi dari kelas kuat beton.

Standar SK SNI T-15-1991-03 menetapkan nilai β_1 diambil 0,85 untuk $f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$. Berkurang 0,008 untuk setiap kenaikan 1 Mpa kuat beton, dan nilai tersebut tidak boleh kurang dari 0,65. Dari berbagai hasil penelitian dan pengujian telah terbukti bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan distribusi tegangan persegi empat ekuivalen tersebut memberikan hasil yang mendekati terhadap tegangan aktual yang rumit.

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi maupun beban-beban lain seperti beban angin atau juga beban karena susut dan beban akibat perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena beban luar.

Jika beban yang terjadi pada suatu struktur bertambah, maka pada balok akan terjadi regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur disepanjang bentang balok. Jika bebannya semakin bertambah maka akan mengakibatkan keruntuhan pada elemen struktur.

Tegangan-tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur luar tegangan ini hampir selalu menuntukan dimensi geometris penampang beton bertulang. Proses desain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap lentur, lebar retak dan sebagainya sampai keseluruhan memenuhi syarat.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat lentur benda uji, yaitu (Luis, 2015):

1. Dimensi benda uji Dimensi yang baku adalah 100 x 100 x 400 mm dengan rasio bentang terhadap ketinggiannya sebesar tiga kali. Untuk lebar dan bentang yang sama, nilai kekuatan lentur benda uji mengecil dengan bertambahnya ketinggian benda uji.
2. Ukuran benda uji Keseragaman hasil pengujian meningkat dengan membesarnya ukuran benda uji. Secara umum dapat dikatakan kekuatan lentur beton berkurang dengan membesarnya ukuran benda uji.
3. Laju pembebanan Sama halnya dengan kuat tarik beton, kekuatan lentur beton umumnya meningkat dengan meningkatnya laju pembebanan yang diterapkan.
4. Kelembaban dan Suhu Hasil pengujian lentur sangat dipengaruhi oleh kelembaban benda uji pada saat pengujian. Jika benda uji dites pada kondisi kering, nilai kuat lentur yang diperoleh biasanya lebih rendah 10-30% dari kuat lentur yang diperoleh dari benda uji jenuh. Penurunan kekuatan lentur juga terjadi pada benda uji yang dites pada temperatur yang lebih tinggi.

2.7. Komponen lentur

Jika balok dibebani secara bertahap dari besaran beban 0 sampai q_u yang merupakan beban batas, penampang balok mengalami lentur. Hal ini menimbulkan kondisi diagram tegangan dan regangan yang berbeda pada tahapan pembebanan. Pada kondisi batas q_u , pola tegangan yang terjadi tidak lagi linear. Apabila terlebih dahulu tulangan mencapai titik leleh sebelum kehancuran beton, maka kondisi ini memberikan daktilitas yang berguna bagi tanda kehancuran. Sifat inilah yang dikehendaki dalam desain dan disebut perencanaan tulangan lemah. Sebaliknya perencanaan penampang tulangan kuat didefinisikan bila terlebih dahulu beton mencapai tegangan batas sebelum terjadinya kelelahan baja tulangan. Desain tulangan kuat sedapat mungkin dihindari dalam perencanaan, karena keruntuhan akan terjadi secara mendadak yang sifatnya destruktif dan berakibat mencelakakan pengguna. Metode analisis penampang lentur dengan beban kerja disebut metode Beban Kerja. Pada cara ini, variasi regangan berbanding lurus terhadap garis netral, sehingga tegangan proporsional secara linear terhadap regangan. SNI 032847-2002 menetapkan cara ini dengan tegangan yang terjadi dibatasi oleh tegangan izin. Kecuali untuk beton prategang, metode ini ditetapkan dalam peraturan sebagai cara alternatif untuk analisis dan desain elemen struktur beton bertulang, disamping pemeriksaan dalam kondisi layan menghitung lendutan dan lebar retak.

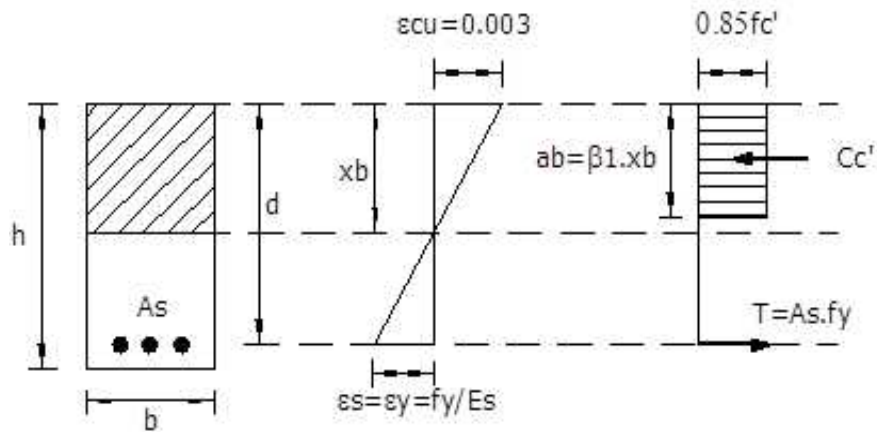
2.8. Analisa perencanaan penampang balok persegi dengan tulangan tunggal.

Balok Tulangan Tunggal Suatu balok dinyatakan bertulangan tunggal jika pada penampang beton bertulang tersebut hanya diperhitungkan terpasang baja tulangan pada satu sisi saja, yaitu pada bagian serat yang menerima gaya tarik.

Beban-beban luar yang bekerja pada struktur akan menyebabkan lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur yang terjadi pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban dari luar. Apabila beban luar yang bekerja terus bertambah, maka balok akan mengalami deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila bebannya terus bertambah sampai batas kapasitas baloknya, maka balok akan runtuh. Taraf pembebanan seperti ini disebut dengan keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Oleh karena itu, pada saat perencanaan, balok harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak berlebihan pada saat beban bekerja dan

mempunyai keamanan cukup dan kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami runtuh.

Pada tahun 1930-an Whitney menyarankan penggunaan dari suatu distribusi tegangan tekan pengganti yang berbentuk persegi yang lebih sederhana dari distribusi tegangan sebelumnya yang berbentuk parabola.



Gambar 2.8. Distribusi tegangan dan regangan balok persegi.

(sumber: Struktur beton bertulang, Istimawan Dipohusodo hal 32)

Keterangan :

h = Tinggi balok

b = Lebar balok.

d = Tinggi efektif penampang balok diukur dari tepi serat yang tertekan ke pusat tulangan tarik.

ϵ_c = Regangan pada tepi serat yang tertekan

A_s = Luas tulangan tarik.

f_c' = Kekuatan tekan beton.

ϵ_s = Regangan pada tulangan baja yang tertarik.

f_y = Kekuatan leleh tulangan tarik.

Balok tegangan persegi mempunyai tinggi a dan tekanan tegang rata-rata sebesar $0,85 f_c'$. Besarnya tinggi blok tegangan segi empat adalah $c \cdot \beta$. Nilai ini tergantung dari mutu beton yang digunakan. Dalam SNI 2002 pasal 12.2 butir 7.(3) ditetapkan bahwa besarnya β harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c' lebih kecil atau sama dengan 30

Mpa. Untuk mutu beton dengan nilai kuat tekan diatas 30 Mpa, β harus dikurangi 0,05 setiap kenaikan 7 Mpa tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,65. Ketentuan SNI 2002 ini dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 && \text{untuk } 0 < f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \\ \beta &= 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) && \text{untuk } 30 < f_c' < 55 \text{ Mpa} \\ \beta &= 0,65 && \text{untuk } f_c' > 55 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik T pada baja tulangan dapat di tetapkan sebagai berikut:

$$T = A_s \cdot f_y \quad (2.1)$$

Pada beton resultan gaya tekan ditetapkan sebagai:

$$C_c = 0,85 f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.2)$$

Dari kedua persamaan ini harus memenuhi keseimbangan gaya horizontal, sehingga akan didapat:

$$T = C_c \quad (2.3)$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.4)$$

Maka diperoleh tinggi blok dengan tegangan a sebesar:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' \cdot b} \quad (2.5)$$

Lengan momen internal (z) yaitu jarak antara resultan gaya beton dengan gaya tarik tulangan adalah sejauh $d - a/2$, dengan demikian momen internal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$M_n = Tz = C_c \cdot z$$

Atau

$$M_n = A_s f_s d - a/2 \quad (2.6)$$

Karena $C_c = T$ maka persamaan momen nominal diatas dapat ditulis sebagai :

$$M_n = 0,85 f_c' a b d - a/2 \quad (2.7)$$

Adapun jenis-jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang adalah sebagai berikut :

1. Keruntuhan tarik (under reinforced)

Jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil (jumlah tulangnya sedikit), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0,003).

Keruntuhan tarik akan terjadi apabila persentase baja tulangan relatif kecil sehingga tulangan lebih dulu mencapai tegangan lelehnya sebelum tegangan tekan beton mencapai maksimum.

$$\epsilon_s = \epsilon_{sy}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_{cu}$$

Peningkatan beban luar berikutnya akan memperbesar deformasi baja tulangan secara plastis yang kemudian memperlebar retak pada daerah tarik beton. Kehancuran tarik berlangsung secara perlahan dan bertahap sehingga sempat memberikan tanda-tanda keruntuhan.

Untuk kondisi keruntuhan tarik dipenuhi:

$$f_s = f_y \quad (2.8)$$

Sehingga, persamaan keseimbangan diatas menjadi

$$0,85 f_c' a b = A_s f_y \quad (2.9)$$

Lengan momen internal

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} \quad (2.10)$$

Sehingga momen nominalnya menjadi

$$M_n = A_s f_y d - a/2 \quad (2.11)$$

2. Keruntuhan tekan (over reinforced)

Jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar (jumlah tulangnya banyak), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0,003). Keruntuhan ini terjadi secara tiba-tiba, bahkan sering disertai bunyi ledakan beton hancur, dan sebelumnya tidak ada tanda-tanda berupa defleksi yang besar.

3. Keruntuhan seimbang (balance)

Jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan. Tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0,003).

2.9. Retak pada Balok

Retak terjadi pada umumnya menunjukkan bahwa lebar celah retak sebanding dengan besar tegangan yang terjadi pada batang tulangan baja tarik dan beton pada ketebalan tertentu yang menyelimuti batang baja tersebut. Retak merupakan jenis kerusakan yang paling sering terjadi pada struktur beton, dimana terjadi pemisahan antara massa beton yang relatif panjang dengan yang sempit. Secara visual retak nampak seperti garis. Retak pada struktur beton terjadi sebelum beton mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak akan terjadi saat beton mulai mengeras tapi telah dibebani, beton mengeras pada musim dingin, susut (shrinkage), penurunan (settlement) dan penurunan acuan (formwork). Retak struktural adalah retak yang terjadi setelah beton mengeras, terjadi karena adanya pembebanan yang mengakibatkan timbulnya tegangan lentur, tegangan geser dan tegangan tarik. Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan. Apabila struktur dibebani dengan suatu beban yang menimbulkan momen lentur masih lebih kecil dari momen retak maka tegangan yang timbul masih lebih kecil dari momen retak maka

tegangan yang timbul masih lebih kecil dari modulus of rupture $f_r = 0.7 f'_c$. Apabila beban ditambahkan sehingga tegangan tarik mencapai f_r , maka retak kecil akan terjadi. Apabila tegangan tarik sudah lebih besar dari f_r , maka penampang akan retak.

Ada tiga kasus yang dipertimbangkan dalam masalah retak yaitu :

- a. Ketika tegangan tarik $f_t < f_r$, maka penampang dipertimbangkan untuk tidak terjadi retak. Untuk kasus ini
- b. Ketika tegangan tarik $f_t = f_r$, maka retak mulai timbul. Momen yang timbul disebut momen retak .
- c. Apabila momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak, maka retak penampang sudah meluas, untuk perhitungan digunakan momen inersia retak.

Lebar retak yang terjadi pada suatu struktur beton bertulang dibatasi besarnya sesuai rekomendasi oleh ACI Committee 224, yang nilai syaratnya ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.3. Syarat Lebar Retak Izin

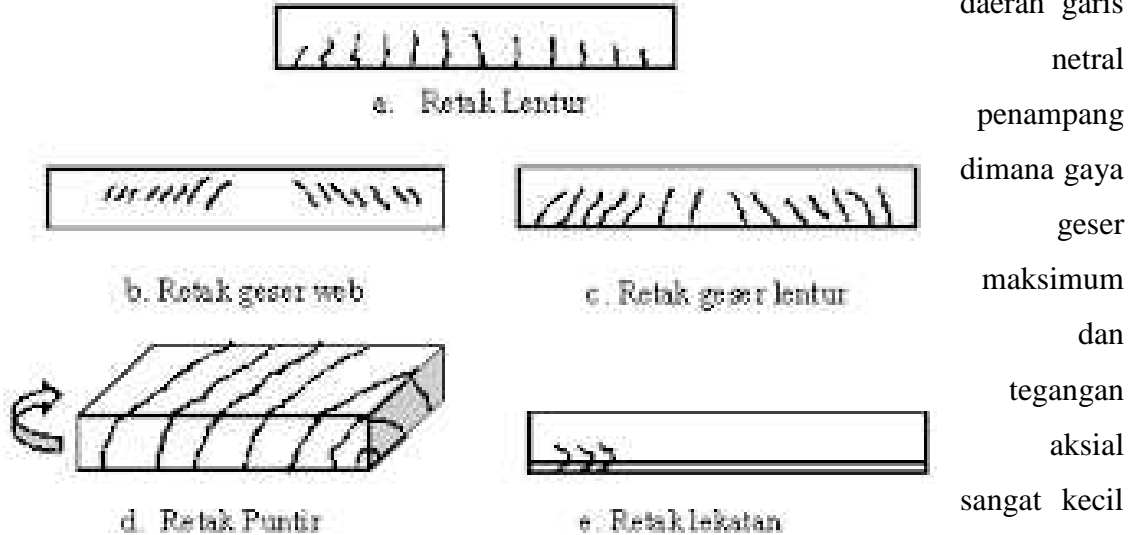
Kondisi Lingkungan	Lebar Retak yang Dizinkan (mm)
Udara kering	0,40
Udara lembab, tanah	0,30
Larutan bahan kimia	0,18
Air laut dan percikan air laut	0,15
Struktur penahan air	0,10

Sumber : Perancangan struktur bertulang. Agus setiawan hal 226

Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok, (Gilbert, 1990) :

1. Retak lentur (flexural crack), terjadi di daerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok (lihat Gambar 2.9 (a)) .

2. Retak geser pada bagian balok (web shear crack), yaitu keretakan miring yang terjadi pada



daerah garis
netral
penampang
dimana gaya
geser
maksimum
dan
tegangan
aksial
sangat kecil

(lihat Gambar 2.9 (b)).

3. Retak geser-lentur (flexural shear crack), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sesudah terjadi sebelumnya (lihat Gambar 2.9 (c)).
4. Retak puntir (torsion crack), retak ini mirip retak geser terkecuali retak puntir melingkar di sekeliling balok. Contoh jika sebuah balok tanpa tulangan menerima torsi murni, maka beton tersebut akan retak dan runtuh pada disepanjang garis spiral 45° karena tarik diagonal disebabkan tegangan puntir. Retak lekatan adalah retak yang terjadi di sekitar tulangan. Hal ini terjadi akibat kemampuan awal tulangan melawan beton, terjadi perpindahan pada tulangan di dalam beton dimana terjadi interlocking dan menghasilkan retak radial, tegangan lekat dan kekakuan beton ditahan oleh ulir tulangan di sepanjang penyaluran gaya di dalam beton.

Gambar 2.9 Pola retak

(sumber: <https://core.ac.uk/download/pdf/89563944.pdf>)

Sebenarnya setiap beton bertulang yang diaplikasikan pada struktur bangunan pasti akan terjadi retakan, yang harus dipertimbangkan adalah apakah retakan tersebut dapat ditolerir karena tidak berbahaya atau retakan tersebut membahayakan struktur bangunan secara keseluruhan.

Keretakan pada beton bertulang ini disebabkan oleh beberapa hal, karena pengaruh dari sifat beton itu sendiri maupun faktor lingkungan luar yang mempengaruhi beton secara langsung.

Kalau dilihat dari jenis retakannya, ada dua jenis keretakan pada beton bertulang yaitu retakan yang terjadi saat pembuatan beton dan retakan yang terjadi setelah beton selesai dibuat. Dari dua jenis retakan tersebut banyak sekali berbagai faktor yang melatarbelakangi terjadinya retakan tersebut. Apa saja faktor yang menyebabkan terjadinya keretakan pada beton bertulang tersebut, Berikut uraiannya.

Faktor -Faktor Penyebab Keretakan Beton Yang Terjadi Saat Pembuatan Beton Bertulang

:

1. Sifat Beton

Untuk melihat bagaimana sifat dari beton bertulang yang dapat menimbulkan keretakan kita harus melihat proses dari awal pembuatan beton bertulang tersebut. Pada saat awal pembuatan beton bertulang dengan pencampuran bahan penyusunnya seperti kerikil, pasir, air, semen, dan baja tulangan. Dalam proses pengerasannya beton akan mengalami pengurangan volume dari volume awal. Umumnya hal ini disebabkan air yang terkandung pada campuran beton akan mengalami penguapan sebagian yang mengurangi volume beton bertulang tersebut. Sehingga apabila dikondisikan pada saat beton mengalami pengerasan dan akibat dari volume beton berkurang yang akan menyebabkan penyusutan pada beton tetapi beton tersebut dibiarkan untuk menyusut tanpa adanya pembebanan maka beton pun tidak akan mengalami keretakan. Tetapi pada kondisi sebenarnya dilapangan tidak ada beton yang tidak mengalami pembebanan. Karena tidak ada balok atau kolom pada bangunan yang berdiri sendiri melainkan akan bersambung satu sama lain dan hal ini akan membuat beton bertulang bekerja menahan beban-beban pada bangunan. Apabila pada kondisi saat beton mengalami penyusutan volume kemudian terjadi pembebanan, maka retakan pun tidak dapat dihindari.

2. Suhu

Tidak dapat diabaikan suhu juga dapat menyebabkan keretakan pada beton bertulang. Maksud suhu disini adalah suhu campuran beton saat mengalami perkerasan. Karena pada saat campuran beton bertulang mengalami perkerasan suhu yang timbul akibat reaksi dari air dengan semen akan terus meningkat. Sehingga pada saat suhu campuran beton ini terlalu tinggi, pada saat beton sudah keras sering timbul retak-retak pada permukaan beton.

3. Korosi pada tulangan

Sebenarnya untuk mengantisipasi retakan yang terjadi akibat dari sifat beton itu sendiri, beton diberi tulangan pada bagian dalamnya yang terbuat dari baja. Sehingga diharapkan dengan adanya baja tulangan tersebut retakan akibat dari sifat beton disebar pada keseluruhan beton menjadi bagian-bagian yang sangat kecil sehingga retakan tersebut dapat diabaikan. Tetapi apabila tulangan yang dipakai pada saat pembuatan beton sudah mengalami korosi, tulangan tersebut itu pun akan menyebabkan retakan pada saat beton mengeras.

4. Proses pembuatan yang kurang baik

Banyak sekali penyebab retak yang terjadi pada beton bertulang disebabkan oleh proses pembuatan yang kurang baik. Seperti contoh pada saat beton mengalami perkerasan dimana banyak mengeluarkan air, maka perlu adanya perawatan pada beton agar pengeluaran air dari campuran beton tidak berlebihan. Tetapi akibat tidak adanya perawatan, sehingga pada saat beton terbentuk maka terjadi banyak retakan.

5. Material yang kurang baik.

Banyak sekali terjadi keretakan pada struktur beton bertulang diakibatkan karena material penyusunnya yang kurang baik. Beberapa hal diantaranya yang sering ditemukan adalah agregat halus atau pasir yang kurang bersih, masih bercampur dengan lumpur sehingga ikatan antara PC dan agregat menjadi terlepas. Sehingga ketika beton mengering maka retakan-retakan akan mudah sekali terjadi.

6. Cara penulangan

Sering sekali struktur beton bertulang dibuat dengan cara yang kurang tepat. Hal yang paling umum terjadi adalah ketebalan dari tulangan sampai permukaan beton terlampaui besar. Hal ini sebenarnya kurang tepat karena fungsi dari baja tulangan tersebut adalah untuk menahan gaya lintang (pada balok dan plat), deformasi akibat lendutan, serta gaya geser. Jika tebal selimut beton terlampaui besar maka retakan biasa terjadi mulai dari permukaan struktur beton sampai pada bagian tulangan yang ada didalamnya. Seharusnya tulangan dibuat agak keluar, dan selimut atau kulit yang membungkus tulangan dibuat setipis mungkin (1,5 s/d 2 cm). Karena gaya tarik dan gaya tekan paling besar terjadi pada ujung permukaan beton tersebut.

Faktor- Faktor Penyebab Keretakan Beton Yang Terjadi Setelah Pembuatan Beton Bertulang :

1. Pengaruh lingkungan

Karena beton bertulang pada bangunan mengalami kontak langsung dengan cuaca luar, pengaruh cuaca ini sedikit banyaknya memberi andil dalam keretakan pada beton sehingga konstruksi bangunan yang berumur cukup lama banyak mengalami retakan. Salah satu pengaruh lingkungan yang menyebabkan beton retak adalah akibat dari air hujan. Akibat sekian lama beton pada bangunan tua menerima air hujan secara langsung, lama – kelamaan air hujan masuk meresap kedalam pori-pori beton yang kemudian mencapai tulangan pada beton. Apabila saat air hujan telah mengenai baja tulangan, maka akan terjadi reaksi antara baja tulangan dengan tulangan yang menyebabkan baja tulangan menjadi berkarat atau korosif. Akibat korosifnya baja tulangan dan ditambah faktor luas seperti pembebanan mengakibatkan beton akan mengalami retak-retak.

2. Pembebanan

Setelah struktur beton bertulang sudah jadi dan bangunan secara keseluruhan telah siap untuk digunakan, maka struktur beton bertulang tersebut akan menerima beban-beban. Beban-beban yang bekerja pada struktur beton bertulang secara umum terdiri atas beban sendiri dan beban luar (beban akibat angin, manusia, beban gempa, dsb). Apabila struktur beton bertulang tersebut menerima beban sesuai dengan kapasitas atau kuat dukung beban yang direncanakan, seharusnya struktur beton tersebut akan baik-baik saja. Tetapi kadangkala beton akan menerima beban diluar kemampuannya, dan biasanya pembebanan yang melebihi kapasitas yang telah direncanakan itulah yang menyebabkan keretakan pada struktur beton. Pada saat terjadi keretakan, besi tulangan (pada daerah tarik) tersebut mulai mengambil alih secara penuh beban tarik yang terjadi. Artinya beton (daerah tarik) sudah tidak memikul beban tarik. Beban tarik dialihkan ke besi tulangan. Secara struktural kondisi ini memang dirancang seperti itu dan kekuatan struktur masih dapat dipertanggung jawabkan. Beton yang retak saat beban mulai bertambah sama sekali tidak berarti ada kegagalan struktur. Lokasi retakan yang terjadi saat beban mulai membesar adalah pada daerah tumpuan / ujung balok sisi atas dan tengah bentang di sisi bawah. Retak yang terjadi hanya 1-2 retakan di satu tempat observasi. Dimana tebalnya juga tidak besar. Bahkan seringkali hanya retak rambut. Keretakan seperti ini mestinya tidak perlu diperbaiki sama sekali. Ini kondisi yang alamiah terjadi dan memang perhitungannya sudah memperhitungkan retak itu akan terjadi. Jika retak beton yang terjadi masih wajar seperti retak halus atau retak rambut , maka tidak perlu diperbaiki. Tidak perlu juga untuk khawatir, karena perhitungan struktur beton memang sudah tidak memperhitungkan beton yang mengalami retak.

Namun jika retak yang terjadi cukup parah, perlu dilakukan penelitian yang lebih rinci yang melingkupi perhitungan struktur sesuai kondisi lapangan. Apakah cukup ditutup dengan epoxy, memperbesar dimensi struktur beton bertulanganya atau diberi perkuatan tambahan.

2.10. Momen Retak

Pada tingkat beban yang kecil, pada balok timbul momen lentur yang kecil pula, sehingga tegangan pada serat tarik terluar dari penampang tidak melebihi modulus hancur beton yang besarnya adalah $0,62 \lambda \overline{f'_c}$.

Faktor λ diberikan untuk mengakomodasi penggunaan beton ringan. Nilai λ dapat diambil sebesar 0,85 untuk beton ringan pasir dan 0,75 untuk beton ringan total. Apabila dilakukan pengantian pasir secara parsial maka faktor pengali bisa diperoleh dengan menggunakan interpolasi linier dari kedua harga tersebut. Untuk beton normal λ diambil sama dengan 1,0.

Apabila beban ditingkatkan hingga tegangan tarik mencapai f_r , maka retak pada penampang akan mulai timbul. Juga, apabila tegangan tarik yang timbul sudah melebihi f_r , retak akan makin melebar, dan analisis penampang pada tahap ini harus didasarkan pada penampang retak. Dengan demikian ada tiga kasus yang dapat ditinjau pada suatu balok yang memikul beban lentur :

1. Jika tegangan tarik, f_t kurang dari f_r , maka penampang belum mengalami retak, sehingga momen inersia yang digunakan dalam perhitungan adalah momen inersia bruto, $I_g = b^3/12$, dengan bh adalah luas penampang beton.
2. Apabila f_t mencapai sama dengan $f_r = 0,62 \lambda \overline{f'_c}$, maka retak pada penampang akan mulai timbul, dan momen yang mengakibatkan tercapainya tegangan tersebut dinamakan dengan momen retak, M_{cr} dengan menggunakan persamaan lentur sederhana, maka dapat dituliskan.

$$f_r = M_{cr} \frac{c}{I_g} \quad \text{atau} \quad M_{cr} = f_r \frac{I_g}{c}$$

Dengan $f_r = 0,62 \lambda \overline{f'_c}$, I_g adalah momen inersia bruto, dan c adalah jarak dari sumbu netral ke serat tarik terluar dari penampang. Sebagai contoh untuk penampang persegi $I_g = b^3/12$ dan $c = h/2$.

3. Jika yang bekerja melebihi M_{cr} , maka analisis akan dilakukan berdasarkan penampang retak, beton pada daerah tarik diabaikan. Momen inersia yang digunakan adalah momen inersia retak, I_{cr} dari bagian penampang yang belum retak serta luas tulangan baja yang ditransformasi sebesar nA_s .

selain modulus elastisitas, momen inersia turut menentukan kekakuan dari suatu elemen lentur. Pada tingkat beban yang kecil, momen lentur yang timbul pada balok juga akan kecil sehingga tegangan pada serat tarik belum mencapai modulus hancur beton. Pada saat tersebut, maka momen inersia yang dipergunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto dari penampang. Pada tingkat beban yang lebih tinggi, pada saat tegangan tarik melampaui modulus hancur beton, maka akan mulai muncul retak pada penampang. Timbulnya retak akan mengakibatkan persoalan dalam perhitungan momen inersia penampang karena bagian retak pada sisi tarik harus diabaikan dalam perhitungan, momen inersia pada keadaan ini dinyatakan sebagai I_{cr} , dalam SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3. diberikan rumus untuk momen inersia efektif yang dapat digunakan dalam perhitungan lendutan:

$$I_e = \frac{M_{cr}^3}{M_a^3} I_g + \left(1 - \frac{M_{cr}^3}{M_a^3}\right) I_{cr} \leq I_g$$

Dengan :

I_e = momen inersia efektif

M_{cr} = momen retak yang besarnya = $f_r \times I_g / Y_t$

f_r = modulus hancur beton = $0,62 \lambda \sqrt{f'_c}$

M_a = momen tak terfaktor maksimum yang terjadi pada elemen struktur pada saat lendutan dihitung

I_g = momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

I_{cr} = momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang di transformasikan ke penampang beton.

Y_t = jarak dari sumbu pusat penampang kesisi tarik, dengan mengabaikan tulangan baja.

2.11. Retak akibat Susut (shrinkage) dan Swelling pada beton

Salah satu sifat beton adalah susut, dimana yang harus diperhatikan adalah bagaimana menjaga beton agar penyusutan yang terjadi dapat diminimalisasi hal ini dikarenakan akibat dari penyusutan yang terjadi dapat menurunkan kualitas beton serta dapat menimbulkan keretakan pada beton.

Pada waktu proses hidrasi, saat air bercampur dengan semen beton melepaskan panas dan air, dapat diamati dengan naiknya suhu beton tersebut menyebabkan terjadinya susut (shrinkage). Susut yang berlebihan dapat menyebabkan retak.

Susut (shrinkage) didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Susut (shrinkage) adalah sifat beton dimana mengecilnya volume beton akibat berkurangnya kadar air dalam beton tersebut. Susut pada beton merupakan salah satu akibat dari hilangnya kelembaban beton saat terjadi proses pengerasan (Phil M. Ferguson).

Yang berpengaruh dalam sifat susut adalah faktor air semen, air dan semen. Jika dicampurkan mengalami reaksi kimia dimana campuran tersebut akan menghasilkan suatu barang baru dan tidak dapat diurai kembali (Nawy, 1997). Kadar air pada saat pecampuran dengan semen harus tepat, bila tidak akan menyebabkan kelebihan air dan menyebabkan rongga pada mortar dan dapat menyebabkan keretakan. Panas yang ditimbulkan oleh bermacam-macam tipe semen selama pengikatan dan pengerasan sangat bervariasi, yang tentunya mempengaruhi susut pada beton karena tegangan-tegangan susut dan temperatur menjadi hal yang sangat penting.

Penyusutan pada beton akan berakibat terjadi keretakan pada beton yang masih plastis, dan terjadinya retak ini tentu akan mengakibatkan berkurangnya mutu beton yang dihasilkan. Fenomena sebaliknya penambahan volume karena penyerapan air, disebut swelling. Dengan perkataan lain, susut dan swelling menunjukkan adanya perpindahan air ke luar dan ke dalam struktur gel pada beton akibat adanya perbedaan kelembaban atau perbedaan kejenuhan diantara elemen-elemen yang berdekatan. Fenomena ini tidak bergantung pada beban luar.

Menurut (Phil M. Ferguson) susut pada beton terjadi karena beton kehilangan kelembabannya karena penguapan. Karena kelembaban tidak pernah meninggalkan beton seluruhnya secara uniform, perbedaan-perbedaan kelembaban mengakibatkan terjadinya tegangan-tegangan internal dan susut yang berbeda. Tegangan-tegangan yang disebabkan oleh

perbedaan susut dapat cukup besar dan ini merupakan salah satu alasan perlunya kondisi-kondisi perawatan perkerasan yang basah.

2.11.1. Jenis susut pada beton

Menurut Edward G. Nawy susut beton pada dasarnya dibedakan menjadi dua jenis yaitu: susut plastis dan susut pengeringan.

a. Susut plastis

Susut plastis terjadi beberapa jam setelah beton segar dicor ke dalam acuan. Permukaan yang diekspos seperti pelat lantai akan lebih mudah dipengaruhi oleh udara kering karena adanya bidang kontak yang luas. Dalam hal demikian terjadi penguapan yang lebih cepat melalui permukaan beton dibandingkan dengan pergantian oleh air dari lapisan beton yang lebih bawah. Sebaliknya susut pengeringan terjadi setelah beton mencapai bentuk akhirnya dan proses hidrasi pasta semen telah selesai.

b. Susut pengeringan

Susut pengeringan setelah beton mencapai bentuk akhirnya dan proses hidrasi pasta semen telah selesai. Susut pengeringan adalah berkurangnya volume elemen beton jika terjadi kehilangan uap air karena penguapan. Air bebas pada saat pertama pencampuran menyebabkan terjadinya susut beton. Pada saat pengeringan berlangsung, penguapan terus berjalan dan perubahan volume pasta semen tidak ditahan. Pada saat itulah terjadi kehilangan air sekitar 1%. Peristiwa ini dikenal sebagai susut pengeringan karena proses ini terjadi saat beton berada pada saat pengeringan. Susut adalah proses yang tidak reversible. Jika beton yang sudah mengalami susut kemudian dijenuhkan dengan air maka tidak akan mencapai volume asalnya (Edward G. Nawy).

2.11.2. Faktor yang mempengaruhi susut

Faktor utama penentu besarnya susut adalah kandungan air dalam beton, berikut adalah beberapa faktor-faktor lain yang mempengaruhi besarnya susut (Nawy, Edward G. 1990) :

a. Agregat

Agregat beraksi menahan susut pasta semen. Beton dengan modulus elastisitas tinggi atau dengan permukaan kasar lebih dapat menahan proses susut.

b. Fakto air/semen

Semakin besar faktor air-semen, akan semakin besar pula efek susut. semakin tinggi air/semen maka semakin tinggi susut yang dihasilkan dan semakin besar kandungan agregat yang dimiliki beton, maka semakin kecil susut yang dialami.

c. Ukuran elemen beton

Baik laju maupun besar total susut berkurang apabila volume elemen beton semakin besar. Namun, durasi susut akan lebih lama untuk komponen struktur yang lebih besar karena lebih banyak waktu yang dibutuhkan dalam pengeringan untuk mencapai daerah dalam.

d. Kondisi lingkungan sekitar

Kelembaban relatif di sekeliling beton sangat mempengaruhi besarnya susut. Laju perubahan susut semakin kecil pada lingkungan dengan kelembaban relatif yang tinggi. Temperatur di sekeliling juga merupakan faktor yang menentukan, yaitu susut akan bertahan pada temperatur rendah.

e. Banyaknya penulangan

Beton bertulang menyusut lebih sedikit dibanding dengan beton polos. Perbedaan relatifnya merupakan fungsi dari persentase tulangan.

f. Bahan tambahan

Pengaruh ini sangat bervariasi, efek ini bergantung pada jenis bahan tambahan. Akselerator seperti kalsium klorida digunakan untuk mempercepat proses pengerasan dan memperbesar susut. Sedangkan bahan tambahan Superplasticizers, Plasticity retarding agent, Retarder adalah bahan tambahan yang dapat meningkatkan workability campuran beton dan mengurangi penggunaan air serta penundaan panas hidrasi sehingga dapat memperkecil susut pada beton.

g. Jenis semen

Semen yang cepat mengering akan susut lebih banyak dibandingkan jenis-jenis lainnya. Sangat perlu diperhatikan penggunaan semen yang mengandung kadar C_3A yang makin besar akan mengakibatkan setting time yang makin pendek, sedangkan gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) yang lebih banyak akan menghasilkan setting time yang makin panjang.

h. Karbonasi

Susut karbonasi disebabkan oleh reaksi antar karbon dioksida (CO_2) yang ada di atmosfer dan yang ada di pasta semen. Banyaknya susut gabungan tergantung pada urutan proses karbonisasi dan pengeringan. Apabila kedua fenomena tersebut terjadi secara simultan, maka susut yang terjadi akan lebih sedikit. Proses karbonisasi dapat sangat tereduksi pada kelembaban relatif dibawah 50 persen.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Tugas utama dari seorang perencana adalah mendesain suatu komponen struktur. Desain dalam hal ini adalah 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.

Dalam perencanaan struktur pada umumnya ada tiga hal utama yang harus diperhatikan:

1. Keamanan dari struktur untuk memikul beban-beban layan dengan baik. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan kuat rencana komponen struktur yang mencukupi.
2. Lendutan dari komponen struktur akibat beban layanan. Lendutan yang dapat terjadi pada suatu struktur pada umumnya dibatasi oleh suatu nilai yang besarnya ditentukan oleh panjang bentang komponen struktur tersebut.
3. Kontrol terhadap lebar retak yang terjadi akibat beban layan. Retak yang terjadi pada struktur akan mengurangi penampilan dari struktur tersebut, disamping itu adanya retak akan memungkinkan udara masuk kedalam beton dan menyebabkan korosi pada baja tulangan yang pada akhirnya akan menurunkan kekuatan dari komponen struktur tersebut. Lebar retak yang terjadi pada suatu struktur beton bertulang dibatasi besarnya sesuai rekomendasi oleh ACI Committee 224 secara implisit membatasi lebar retak sebesar 0,40 mm untuk komponen struktur interior, dan 0,30 mm untuk komponen struktur eksterior. Lebar retak dapat dikontrol dengan membatasi jarak antara tulangan baja.

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 balok beton bertulang berbeda dari metode yang digunakan untuk menganalisis balok yang terbuat dari baja, kayu atau material lain yang homogen.

3.2. Metode Perencanaan

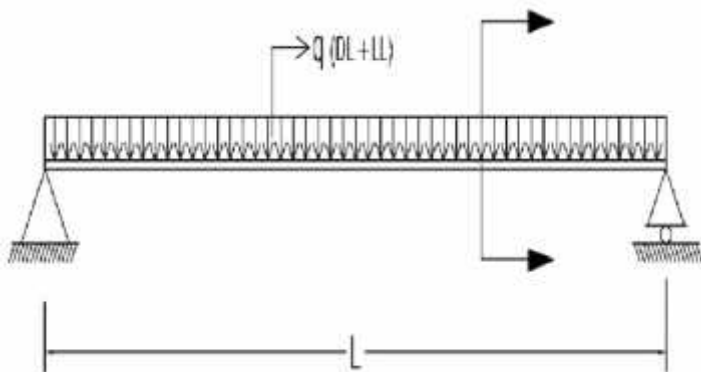
Metode yang digunakan dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini adalah berupa study literatur, dengan mengumpulkan bermacam-macam teori dan pembahasan melalui buku-buku, peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan panduan dari American Concrete Institute (ACI), serta jurnal-jurnal yang berkaitan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

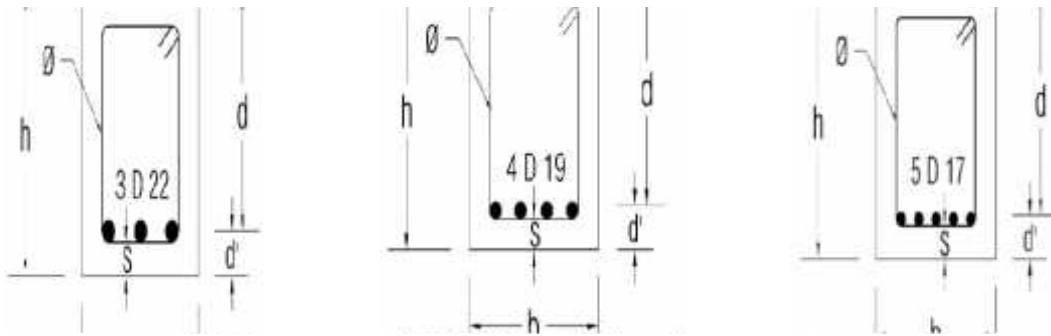
Perencanaan komponen struktur beton dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak timbul retak berlebihan pada penampang sewaktu mendukung beban kerja, dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami runtuh. Timbulnya tegangan-tegangan 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 skripsi ini adalah analisa sebuah balok bertulang dengan data yang sama, tetapi diameter tulangan berbeda, mau dianalisis bagaimana dengan retakan betonnya

3.3. Data Perencanaan

Dalam penyajian bahasan mengenai analisis lendutan balok bertulang pada Tugas Akhir ini, penulis mengambil suatu model balok beton bertulang dengan perletakan sederhana dan beban merata q . seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.berikut.





Gambar 3.1. Model balok beton bertulang yang dianalisis

Balok beton bertulang yang dianalisa menggunakan mutu beton $f_c' = 25\text{Mpa}$ dan besi tulangan 350 Mpa . Lendutan balok beton bertulang tersebut direncanakan memikul beban merata q . Panjang balok adalah 8m model balok beton bertulang tersebut nantinya akan dianalisa, bagaimana lebar retak yang terjadi akibat perbedaan ukuran dan jumlah diameter besi tulangan yang memiliki luas penampang tulangan yang tetap sama.

Menentukan tinggi minimum balok, yaitu:

$$\ell_{min} = \frac{L}{16}$$

$$\ell = 1,25 \cdot \ell_{min}$$

$$b = \frac{\ell}{2}$$

$$d = \ell - s + \phi + \frac{D}{2}$$

$$d' = s + \phi + \frac{D}{2}$$

3.4. Retak Pada Elemen Struktur Lentur

Pada elemen struktur lentur,retak akan terjadi akibat beban kerja, dan karena beton bersifat lemah terhadap tarik, maka tulangan baja ditempatkan pada daerah tarik yang potensial mengalami retak, untuk memikul gaya retak yang dihasilkan oleh beban luar.

Retak lentur pada balok akan terjadi apabila tegangan pada serat tarik terluar melampaui modulus hancur dari beton. Penggunaan tulangan baja mutu tinggi akan menimbulkan retak yang lebih besar pada penampang balok. Lebar retak yang cukup besar akan berakibat timbulnya potensi korosi pada tulangan baja, disamping itu adanya retak akan mengurangi penampilan dari struktur tersebut.

Retak pada balok diawali dengan munculnya bukaan kecil pada penampang balok yang disebabkan oleh tegangan tarik internal yang timbul. Tegangan internal ini dapat disebabkan oleh gaya eksternal (seperti gaya tarik aksial, geser, lentur atau torsi), susut, rangkai, dan ekspansi internal yang disebabkan oleh perubahan sifat material penyusun beton.

Lebar retak dan spasi/jarak retak sangat ditentukan oleh beberapa faktor seperti persentase tulangan baja, distribusi tulangan pada penampang beton, tegangan lentur tulangan baja pada beban layan, selimut beton serta sifat-sifat material dasar penyusun beton yang digunakan. Beberapa persamaan empiris dapat digunakan untuk menentukan lebar retak yang akan terjadi pada struktur beton bertulang. Salah satu persamaan empiris tersebut banyak digunakan adalah yang diusulkan oleh Gergely-Lutz: (Agus setiawan 2016;225)

$$W = 11,0 \beta f_s^3 \overline{A \times d_c} \times 10^{-6}$$

Dengan :

W = lebar retak (mm)

β = Perbandingan jarak dari serat terluar ke garis netral untuk balok $\beta = 1,20$

dan untuk plat 1,35.

dc = jarak dari serat tarik terluar ke pusat tulangan terdekat ($dc = s + \emptyset + \frac{1}{2} \times$
Diameter)

A = luas daerah tarik efektif disekeliling tulangan dibagi jumlah tulangan

fs = tegangan baja yang diperlukan (0,6 fy)

3.5. Pengendalian Retak

Sejalan dengan perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi, maka semakin banyak dan intensif pula penggunaan bahan-bahan kuat tinggi di dunia struktur bangunan, dalam hal ini termasuk penggunaan bahan beton dan baja tulangan. Apabila komponen struktur terlentur penulangannya menggunakan baja mutu tinggi, agar mencapai tegangan tinggi diperlukan kemampuan regangan yang lebih besar pula baik baja maupun beton. Bahan beton kemampuannya terbatas sehingga timbulnya retak akan menimbulkan masalah. Seperti diketahui, beton mempunyai cukup kekuatan untuk menahan tekanan akan tetapi kurang kuat untuk menahan gaya tarik. Sehingga komponen struktur beton bertulang cenderung mengalami retak yang tidak bisa dihindarkan ditempat-tempat yang mengalami gaya tarik. Retak pada beton merupakan kontribusi dan awal dari keadaan yang lebih parah lagi yaitu berlangsungnya proses korosi tulangan baja, rusaknya permukaan beton, dan dampak kerusakan jangka panjang lainnya. Oleh karena itu pengetahuan perilaku retak dan pengendalian lebar retak, khususnya retak lentur, perlu mendapatkan perhatian secukupnya. Dengan demikian maka prakiraan lebar retak merupakan hal penting dalam memperhitungkan kemampuan kelayakan komponen struktur untuk kondisi pembebanan jangka panjang.

Didalam mempertimbangkan retak beton, perhatian lebih diutamakan pada lebar celah retak daripada jumlah retakan yang terjadi. Dengan demikian berarti lebih baik hanya terjadi retak rambut meskipun mungkin terdapat dalam jumlah banyak, dari pada terjadi retak dengan celah besar meskipun hanya beberapa. Pada beton yang terekat erat disekeliling batang tulangan tarik akan mengalami dua jenis tegangan, yaitu tegangan arah memanjang batang tulangan dan tegangan lateral. Pada saat terjadi tegangan lentur memanjang pada komponen struktur sebelum terjadi retak beton, daerah tarik komponen mengalami kontraksi lateral yang mengakibatkan timbulnya tekanan lateral pada lekatan beton dan tulangan baja. Dengan timbulnya retak beton, bagian yang mengalami retak tegangan lateral biaksialnya lenyap karena tegangan tarik memanjang pada beton didaerah itu juga hilang karena terputus. Disamping itu, tegangan lekatan memanjang antara beton dan batang tulangan secara perlahan-lahan mencapai maksimumnya tepat pada lokasi terjadinya retakan, yang mana mengakibatkan tegangan tarik beton pada tempat tersebut mencapai maksimum pula, bahkan cenderung secara tiba-tiba dan terjadi pemusatan tegangan tinggi. Sehingga beton tidak mampu lagi menahannya dan terjadilah awal keruntuhan dimana beton terbelah membentuk retakan.

Cara-cara pengendalian retak yang tercantum dalam peraturan didasarkan pada berbagai hasil penelitian yang pada umumnya menunjukkan bahwa lebar celah retak sebanding dengan besarnya tegangan yang terjadi pada batang tulangan baja tarik dan beton dengan ketebalan tertentu yang menyelimuti batang baja tersebut. Dengan demikian, lebar celah retak dapat dipertahankan agar tidak menjadi lebar dengan cara menyebar letak batang tulangan secara merata didaerah tarik. Tata cara penanggulangan tersebut juga tercantum dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6 untuk diterapkan pada balok-balok dan plat dengan penulangan satu arah. Permasalahan flens dari balok-T yang mengalami gaya tarik (momen negatif pada balok T) dan balok dengan tinggi badan lebih dari satu meter juga dicantumkan secara khusus. Peraturan mengarahkan bahwa penulangan beton bertulang hanya menggunakan batang tulangan baja deformasian dan untuk penulangan tarik letaknya harus disebar merata didaerah tarik.

Apabila kuat luluh rencana baja f_y lebih dari 300 Mpa, harus diperhatikan dan dilakukan pemeriksaan secara khusus dalam rangka menjamin bahwa letak atau susunan batang tulangan didaerah tarik telah tersebar secara merata. Untuk balok atau plat dengan penulangan satu arah, pemeriksaan penyebaran letak batang tulangan baja dilakukan dengan menghitung penyebaran tulangan tarik (Z), sebagai berikut, (istimawan dipohusodo 1999;283).

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{A \cdot d_c}$$

di mana,

f_s = tegangan yang diperlukan (0,6 f_y).

d_c = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

A = luas efektif beton tarik yang mengelilingi tulangan ($b \cdot 2d_c$)

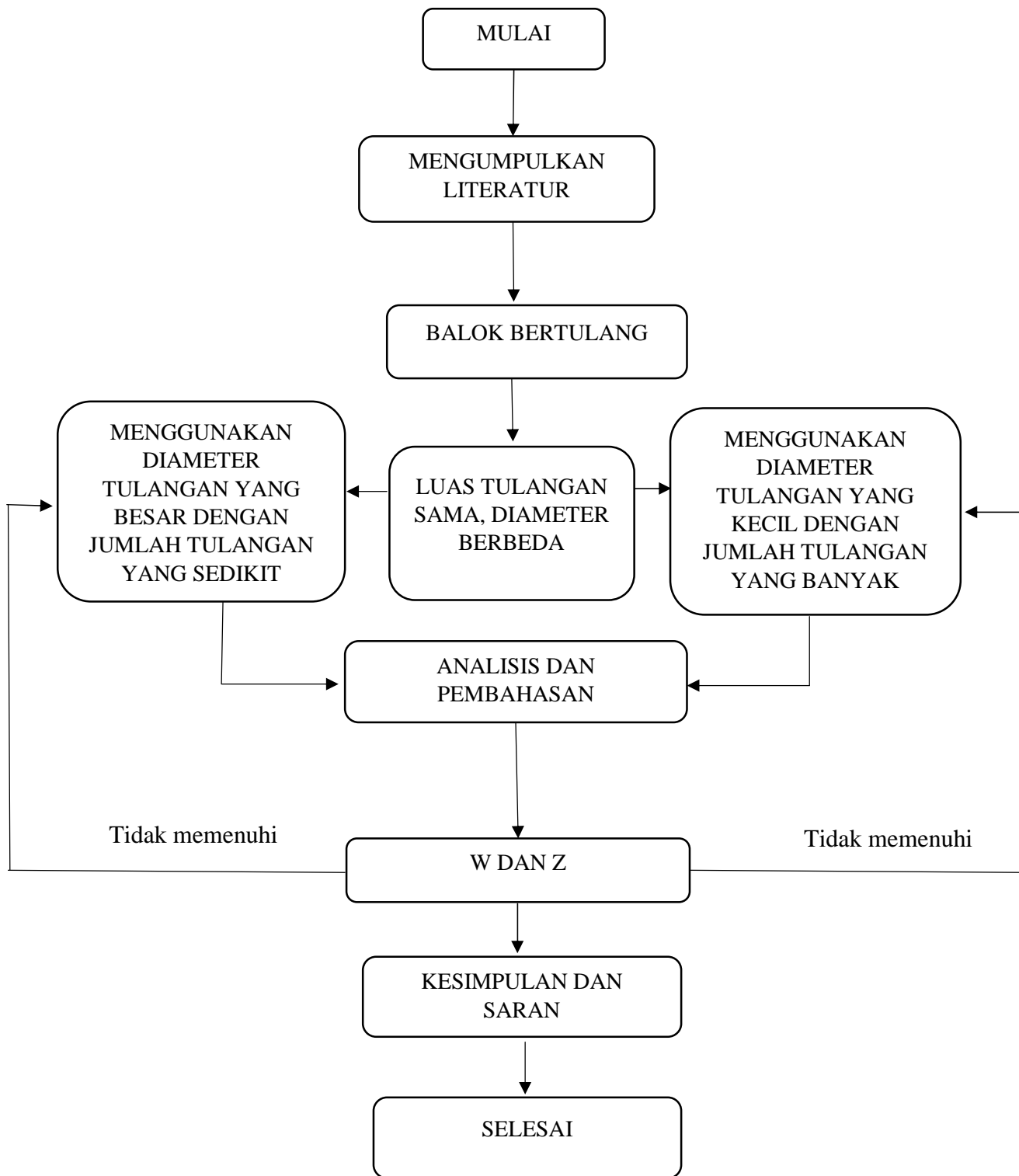
Z = tulangan sebagai batas penyebaran tulangan dengan batas

maksimum 30 MN/m untuk struktur terlindung dan 25 MN/m

untuk struktur terbuka yang terpengaruh oleh cuaca luar.

3.6. Flowchart Penyusunan Tugas Akhir

Untuk memudahkan pengerjaan perencanaan maka dibuat flowchart tentang urutan hal-hal yang harus dikerjakan sehingga diharapkan pengerjaan perencanaan dapat berurutan dan sistematis. Secara garis besar rancangan penelitian dapat dilihat pada flow chart dibawah ini :



Gambar 3.2. Diagram tahapan penelitian.

