

PROPOSAL SKRIPSI

Analisis Pengaruh Perilaku Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Lebar Balok Menggunakan SAP 2000



Disusun oleh:

RYANNIZAR

201912047

**TEHNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KALTARA
2025**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal yang berjudul:

“Analisis Pengaruh Perilaku Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Lebar Balok Menggunakan SAP 2000”

Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kaltara

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setulusnya kepada:

1. Bapak Zainal Abidin, S.T, M.Pd selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan arahan, kritik, dan bimbingan selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Sepry Rantesalu, S.T, M.Pd selaku Dosen Pengampu mata kuliah struktur beton bertulang, yang telah memberikan materi terkait beton bertulang.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II LANDASAN TEORI	 5
2.1 Balok Beton Bertulang.....	5
2.2 Perilaku Balok Beton Bertulang.....	5
2.2.1 Distribusi Tegangan Balok Beton Bertulang.....	8
2.3 Tipe Keruntuhan Balok	12
2.4 Faktor Pembebanan yang terjadi.....	14
2.5 Desain Balok Bertulangan Tumpang.....	16
2.6 Korelasi Dimensi Balok dengan parameter yang ada	17
2.7 Kuat Tekan Beton.....	18
2.8 Kuat Tarik Beton	20
2.9 Permodelan SAP 2000	21
2.10 Penelitian terdahulu.....	23
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 26
3.1. Pendekatan Jenis Penelitian	26
3.2 Identifikasi Variabel penelitian.....	26
3.3 Tahapan Penelitian	26
3.3.1 Studi Pustaka.....	26
3.3.2 Desain Model dan Persiapan.....	27
3.3.3 Tahapan Perhitungan dan analisis	27
3.4 Permodelan SAP 2000	28
3.5 Analisis Hasil	28
3.6 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur bangunan pada dasarnya terdiri dari sistem elemen yang saling bekerja sama untuk menyalurkan beban vertikal dan horizontal secara aman ke tanah melalui pondasi. Salah satu elemen penting dalam sistem struktur tersebut adalah balok, yakni elemen horizontal yang berfungsi menahan dan menyalurkan beban dari pelat lantai, atap, maupun beban hidup menuju kolom atau dinding penyangga. Dalam konstruksi beton bertulang, balok memiliki peran yang tidak dapat diabaikan karena tidak hanya bertugas menahan gaya-gaya akibat beban statis dan dinamis, tetapi juga harus menjaga kestabilan dan kekakuan struktur secara keseluruhan.

Secara struktural, balok dirancang untuk menahan dua jenis gaya utama, yaitu gaya lentur (bending) dan gaya geser (shear). Perancangan balok harus memenuhi berbagai persyaratan seperti kekuatan, kekakuan, serta ketahanan terhadap retak, sesuai dengan standar perencanaan seperti SNI 2847:2019 atau ACI 318. Salah satu faktor geometris yang sangat berpengaruh terhadap performa balok adalah dimensi penampangnya, khususnya lebar balok (b). Lebar balok tidak hanya mempengaruhi luas penampang (A) dan momen inersia (I), tetapi juga sangat menentukan besarnya tegangan, kapasitas momen lentur, dan lendutan yang terjadi.

Dalam praktik lapangan, pemilihan dimensi balok sering kali dilakukan berdasarkan pendekatan empiris, acuan standar, atau pengalaman praktisi. Namun, pendekatan tersebut belum tentu memberikan hasil yang optimal dalam hal efisiensi material dan ekonomi proyek. Oleh karena itu, dibutuhkan kajian teoritis yang mendalam untuk mengetahui sejauh mana variasi lebar balok dapat memengaruhi perilaku struktur balok beton bertulang. Penelitian semacam ini penting tidak hanya untuk perencanaan struktur baru, tetapi juga untuk evaluasi, perbaikan, atau rehabilitasi struktur yang sudah ada.

Dengan mencoba pendekatan analisis perilaku balok beton bertulang dengan variasi lebar balok menggunakan sap 2000, diharapkan akan mendapatkan

pemahaman pengaruh balok karena lebar balok itu sendiri, karena dengan metode simulasi menggunakan software dapat membantu mempercepat suatu pekerjaan.

Alasan Penulis menggunakan software SAP 2000 sebagai software pembantu dalam menganalisis karena beberapa faktor, seperti tampilannya yang mudah digunakan, tersedia template untuk desain, dan banyak lagi kemudahan lainnya

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara sistematis pengaruh variasi lebar balok terhadap perilaku struktur balok beton bertulang, khususnya terhadap momen lentur, tegangan lentur, dan lendutan maksimum, menggunakan pendekatan perhitungan manual yang mengacu pada teori elastis linier. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar pertimbangan teknis dalam pemilihan dimensi balok yang efisien, kuat, dan sesuai kebutuhan struktural.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dari penelitian ini :

Bagaimana perilaku Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Lebar Balok Beton Beton Bertulang.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini :

Menganalisis perilaku balok beton bertulang akibat variasi lebar balok (b) menggunakan perhitungan manual dan SAP 2000.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari Hasil Penelitian yang dilakukan di harapkan dapat bermanfaat dalam aspek pembangunan, terutama pembangunan dengan struktur beton bertulang yang mana penentuan dimensi lebar balok dapat memberi tambahan refresnsi dalam penentuan dimensi balok beton bertulang. Selain dari manfaat di atas terdapat dua manfaat berdasarkan penelitian ini yaitu manfaaf akademik dan manfaat non akademik, berikut manfaat dari dua jenis manfaat di atas :

a. Manfaat akademik :

Memberikan mahasiswa refrensi dalam mempelajari pengaruh variasi lebar balok terhadap analisa balok bertulangan tunggal dan juga memberikan tambahan

pemahaman analisa akibat pengaruh dimensi balok terhadap beberapa komponen, seperti blok tegangan, garis netral dan tipe keruntuhan secara simulasi perhitungan serta memberi tambahan pengetahuan tentang software simulasi khususnya SAP 2000

b. Manfaat non akademik

Memberikan referensi teknis mengenai pengaruh dimensi penampang terhadap kekuatan dan kekakuan balok.

Dan menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan dimensi balok untuk struktur sederhana.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang diangkat, Analisis Pengaruh Variasi Lebar Balok terhadap Perilaku Balok Beton Bertulang secara Teoritis untuk membatasi masalah agar penelitian ini tetap fokus pada inti permasalahannya maka akan permasalahannya akan dibatasi pada:

1. Material yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu tetap ($f_c = 25$ MPa).
2. Panjang bentang dan tinggi balok dibuat konstan 6m.
3. Variasi dilakukan hanya pada lebar balok (150 mm, 200 mm, 250 mm, dan 300 mm).
4. Pembebanan bersifat statis dan seragam.
5. Pembebanan dibatasi hanya pada beban mati saja untuk memperingkas
6. perhitungan analisis fokus kepada Tegangan, Momen Kapasitas, tinggi blok tegangan, dan regangan.
7. Jenis Desain/ Perhitungan yang digunakan balok bertulangan tunggal.
8. Perhitungan dilakukan secara manual dengan mengacu pada teori lentur, momen inersia, dan tegangan, kemudian dari hasil perhitungan manual akan dibantu simulasi menggunakan aplikasi SAP 2000

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dalam lima bab, yaitu:

Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, Tinjauan manfaat, batasan, sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori, membahas teori-teori yang berkaitan dengan balok beton bertulang, lentur, lendutan, dan perhitungan struktur.

Bab III Metodologi Penelitian, menjelaskan cara dan tahapan penelitian serta parameter yang digunakan.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, memuat hasil perhitungan dan analisis pengaruh lebar balok terhadap perilaku struktur.

Bab V Kesimpulan dan Saran, berisi rangkuman hasil penelitian serta rekomendasi untuk studi lanjutan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Balok Beton Bertulang

Balok beton bertulang merupakan elemen struktural horizontal yang berfungsi menahan beban dari lantai, atap, dan beban lain yang bekerja secara transversal terhadap panjang balok. Dalam sistem struktur bangunan, balok berperan penting dalam mendistribusikan beban ke kolom dan pondasi.

Menurut Dr.Edward G.Nawi,P.E. , (1985), beton merupakan campuran dari semen, pasir, batu pecah dan air yang melalui proses pengerasan sehingga menjadi beton. Beton yang terbentuk ini memiliki kekuatan tekan yang tinggi, namun lemah terhadap tarik atau kira-kira kuatannya 10 % dari kekuatan tekan, untuk mengatasi masalah ini maka pada area tarik diberi perkuatan berupa baja tulangan yang berfungsi menambah kuat tarik pada beton, dan paduan ini dinamakan beton bertulang.

Balok beton bertulang dirancang untuk menahan beban lentur dan geser. Beton, sebagai material yang kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik, diperkuat dengan tulangan baja agar mampu menahan gaya tarik yang timbul akibat momen lentur. Menurut SNI 2847:2019, perancangan balok harus memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), dan ketahanan terhadap retak (*cracking resistance*).

2.2 Perilaku Balok Beton Bertulang

Struktur Balok Beton Bertulang merupakan elemen struktur yang menerima beban seperti beban mati, hidup dan beban beban lainnya, hal ini memberikan lentur dan deformasi terhadap balok.

Apabila di telaah lebih dalam akibat beban yang diterima oleh balok maka balok akan mengalami dua kondisi yang terjadi, yaitu gaya tekan dan Tarik, padahal beton cenderung lemah terhadap tarik, maka dari itu di berikan kombinasi baja tulangan pada balok beton untuk mengatasi kelemahan pada balok beton.

Tetapi Meskipun balok beton bertulang dengan bantuan tulangan baja dapat lebih efektif menahan gaya tekan maupun gaya tarik, tetapi balok beton juga memiliki limit apabila beban yang diterima lebih besar dari kapasitas yang dapat di terima oleh balok.

Agar dapat menahan beban yang terjadi pada balok maka balok harus memenuhi kriteria dan dijelaskan pada persamaan (2.1)

$$\phi mn > mu \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

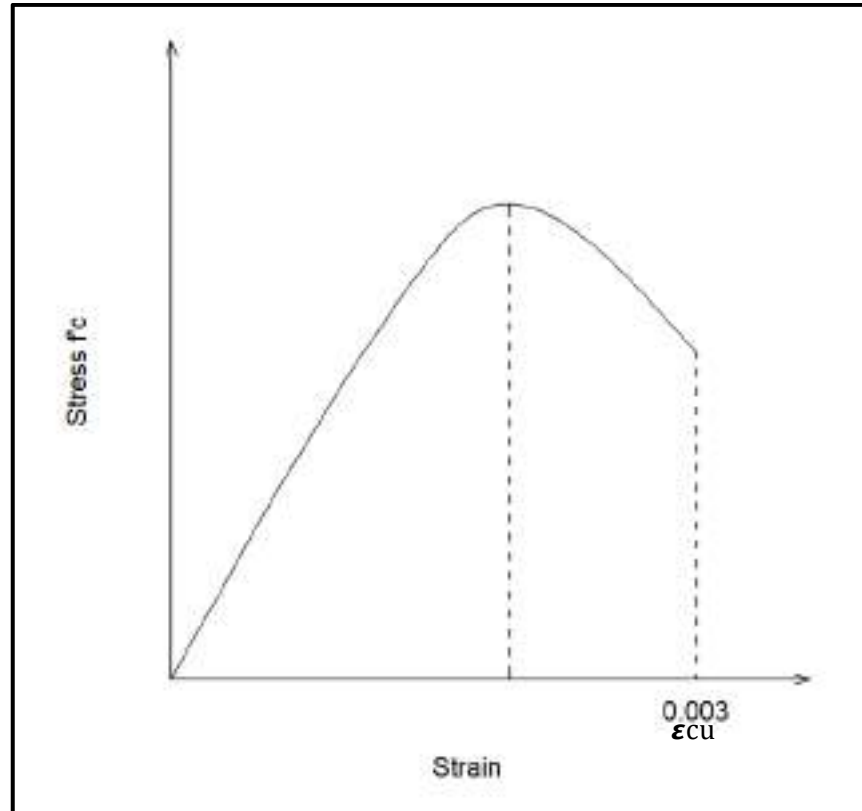
ϕ (Phi) = 0,90 (Faktor Reduksi akibat Kesalahan berdasarkan SNI 2847:2019)

Mn = momen nominal dari penampang

Mu = Momen Batas terfaktor

Dan bila beban yang bekerja melebihi kapasitas balok maka terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya retak lentur disepanjang bentang balok dan akhirnya dapat terjadi keruntuhan elemen struktur, karena itu perancangan dimensi balok harus di perhitungkan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebih bahkan sampai pada titik kegagalan elemen struktur, karena dapat menahan tegangan-tegangan yang terjadi dan tidak mencapai batas regangan, batas regangan itu sendiri diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), yang mengacu pada *American Concrete Institute* (ACI), Menurut SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung menetapkan bahwa regangan tekan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar harus diasumsikan sebesar 0,003.

Menurut Hognestad secara umum bentuk tegangan –regangan beton seperti Gambar 2.1



Sumber : Ir. Lilis Indriani, 2024

Gambar 2.1 Kurva Tegangan Regangan Beton Empiris

Kurva pendekatan empiris ini banyak digunakan dalam riset untuk kondisi beban uniaxial tekan.

Adapun asumsi-asumsi yang dilakukan dalam menetapkan perilaku penampang (Dr. Edward G. Nawy, P.E., 1985) adalah sebagai berikut :

1. Distribusi regangan dianggap linear. Asumsi ini berdasarkan hipotesis Bernoulli yaitu penampang datar sebelum mengalami lentur akan tetap datar dan tegak lurus terhadap sumbu netral setelah mengalami lentur.
2. Regangan pada baja dan beton di sekitarnya sama sebelum terjadi retak pada beton atau leleh pada baja.
3. Beton lemah terhadap tarik. Beton akan retak pada taraf pembebanan kecil, yaitu sekitar 10% dari kekuatan tekannya. Akibatnya bagian beton yang mengalami tarik pada penampang diabaikan dalam perhitungan analisis dan desain, juga tulangan tarik yang ada dianggap memikul gaya tarik tersebut.

4. Maka agar keseimbangan gaya horizontal terpenuhi, gaya tekan C pada beton dan gaya tarik T pada tulangan harus saling mengimbangi, maka apabila dimasukkan kedalam persamaan seperti pada persamaan (2.2)

$$C = T \dots\dots\dots(2.2)$$

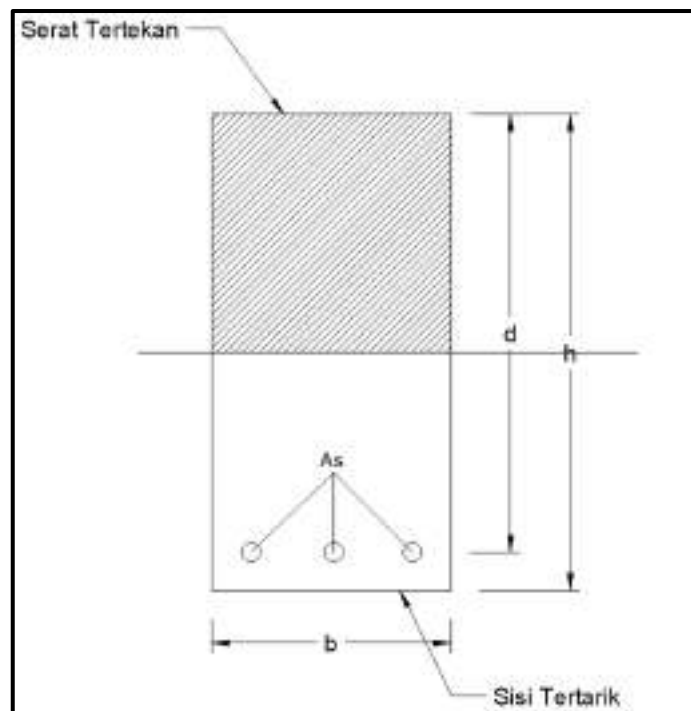
Dimana :

$C = \text{Compression}$ (Gaya tekan yang terjadi pada balok beton bertulang)

$T = \text{Tension}$ (Gaya tarik yang terjadi pada balok beton bertulang)

2.2.1 Distribusi Tegangan Balok Beton Bertulang

Dalam balok beton bertulang distribusi tegangan yang aktual terjadi pada balok beton bertulang adalah berbentuk parabola seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.4 (c) untuk menghitung blok tegangan yang berbentuk parabola terbilang sulit, maka itu menurut (C.S. Whitney,1937) agar menggunakan blok tegangan segiempat ekuivalen seperti pada gambar 2.5 (d) untuk menghitung volume blok tekan tanpa harus kehilangan ketelitiannya.

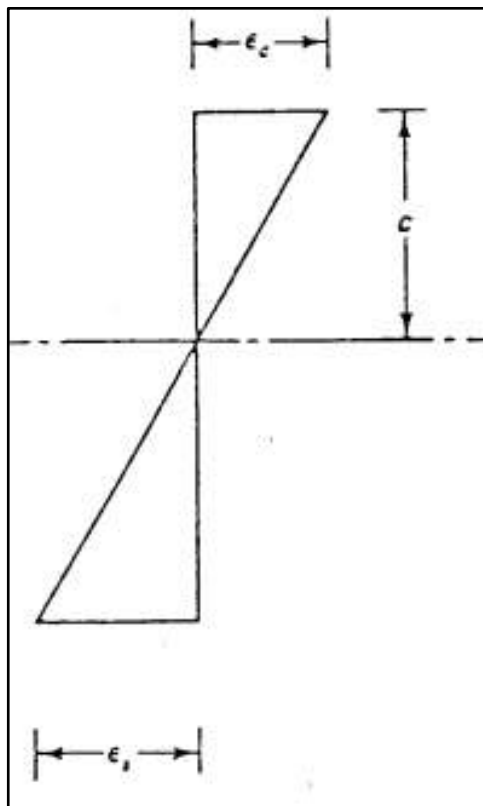


Sumber : Sumber : Ir. Lilis Indriani,2024

Gambar 2.2 Penampang Balok

Penjelasan Gambar 2.2 merupakan penampang balok bertulangan tunggal menggambarkan kondisi tekan (area berarsir) pada area atas dan tarik pada area bawah. Pada gambar terdapat notasi sebagai berikut :

1. d : tinggi balok diukur dari tepi serat tertekan ke titik berat luas beton (tengah tulangan tarik atau sering disebut tinggi efektif balok).
2. b : Lebar Balok
3. h : tinggi balok dari area serat tertekan sampai area serat tarik
4. A_s : Luas tulangan baja



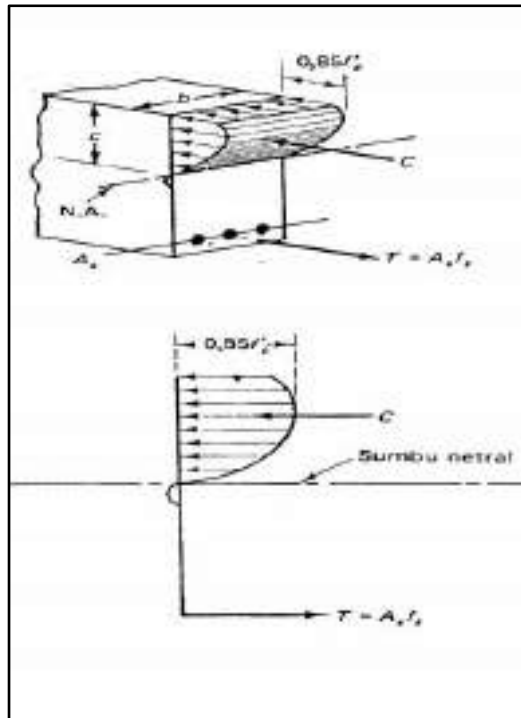
Sumber : Sumber : Ir. Lilis Indriani,2024

Gambar 2.3 Regangan

Penjelasan Gambar 2.3 merupakan gambar regangan . Pada gambar terdapat notasi sebagai berikut :

1. ϵ_c : Regangan yang terjadi pada beton
2. ϵ_s : Regangan yang terjadi pada baja

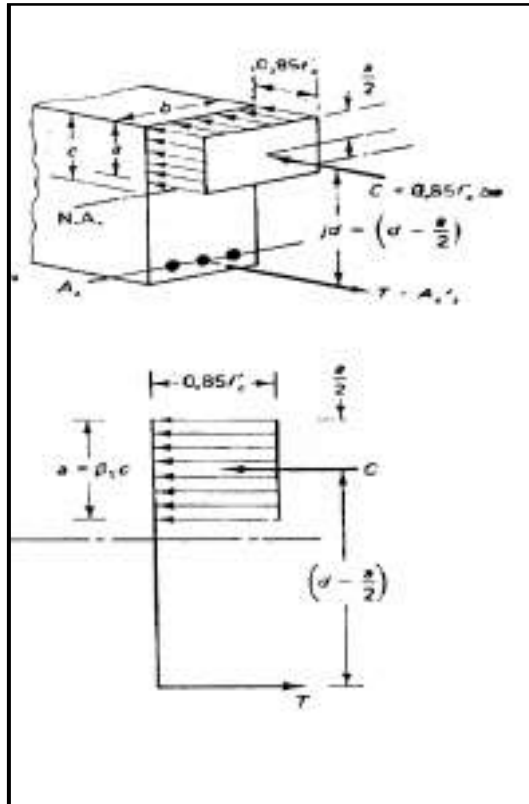
3. c : kedalaman garis netral



Sumber : Dr.Edward G.Nawi,P.E. , 1985

Gambar 2.4 Blok tegangan aktual berbentuk parabola

Blok tegangan aktual yang terjadi berbentuk parabola, namun bentuk parabola memiliki kesulitan untuk menghitung volume tegangan (Whitney,1937) dengan merubah bentuk parabola menjadi persegi membuat mudah dalam perhitungan blok tegangan tanpa kehilangan ketelitiannya.



Sumber :Edward G.Nawi,1985

Gambar 2.5 Blok tegangan Ekuivalen (whitney,1937) berbentuk persegi

Dari gambar 2.5 Blok ekuivalen digambarkan memiliki volume layaknya persegi yang mana $V = P \times L \times T$ maka persamaan dengan blok ekuivalen C (tekan) dianggap sebagai volume maka $C = 0,85 f'_c ab$ yang mana $0,85 f'_c$ adalah mutu beton dikalikan faktor reduksi $0,85$ dianggap sebagai panjang dari blok dan a tinggi dari blok kemudian b lebar balok merupakan lebar dari blok tegangan. Sedangkan gaya tarik sendiri dapat dilihat pada gambar 2.5

$$T = A_s.f_s. \dots\dots\dots(2.3)$$

Namun dalam desain balok bertulangan tunggal perhitungan f_s diasumsikan sama dengan f_y untuk mencapai tipe keruntuhan yang daktail sehingga didapat persamaan di bawah ini :

$$T = A_s.f_y. \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk perhitungan blok tegangan ekuivalen adalah sebagai berikut c adalah tinggi kedalaman garis netral, b adalah Lebar Balok, $0,85 f'_c$ adalah Panjang tegangan, $N.A$ adalah *Neutral Axis* garis netral, A_s adalah Luas Tulangan Tarik, T

adalah Area Tarik = $A_s \cdot F_s$, C adalah Compresion (tegangan akibat gaya tekan), J_d adalah Lengan Momen, d adalah tinggi efektif balok, a adalah tinggi teganganMengacu pada hukum keseimbangan (Charles S. Whitney, 1937)

Seperti pada persamaan 2.2 $C = T$ maka didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$0.85 f'_c ab = A_s f_y \dots\dots\dots (2.5)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \dots\dots\dots (2.6)$$

Lalu momen nominal dapat dihitung dengan mengalikan salah satu gaya (C atau T) dengan lengan momennya. (J_d) yaitu jarak antara gaya tarik dan tekan yang membentuk kopel, J_d dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$J_d = d - \frac{a}{2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Maka momen nominal dapat dihitung dengan :

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

Karena $c = T$ maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$M_n = 0.85 f'_c ab \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

2.3 Tipe Keruntuhan Balok

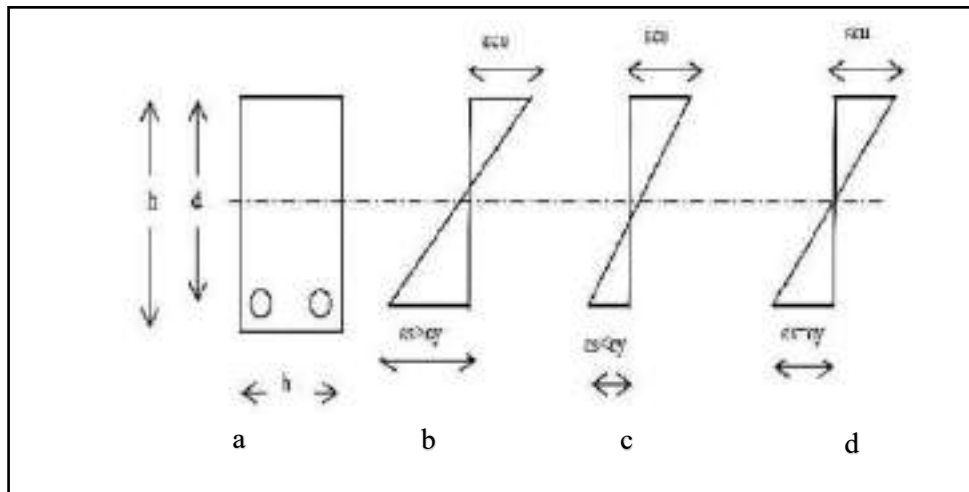
Berdasarkan komposisi dari penggabungan antara beton dan baja tulangan sehingga menjadi beton bertulang, maka dari kedua komposisi tersebut dapat menciptakan tiga jenis tipe keruntuhan, hal ini dikarenakan kaitannya dengan parameter-parameter yang telah disebutkan di atas.

Berdasarkan tipe keruntuhan di bagi menjadi 3 tipe yaitu :

1. Keruntuhan (*Under Reinforce*) Keruntuhan tarik keruntuhan yang terjadi jika baja tulangan mencapai lebih dulu batas leleh sebelum beton mencapai batas leleh, keruntuhan ini di sebabkan oleh prosentase pada tulangan relatif kecil sehingga mencapai batas leleh lebih dulu dapat diartikan dengan persamaan $\epsilon_s = \epsilon_{sy}$ sedangkan pada beton $\epsilon_c < \epsilon_{cu}$ dalam mendesain balok tipe keruntuhan ini yang diharap kan terjadi, karena dapat memberikan peringatan sebelum keruntuhan total terjadi

2. Keruntuhan (*Over Reinforce*) Keruntuhan tekan yang terjadi jika baja tulangan belum leleh namun beton telah mencapai batas leleh atau dapat dilihat dengan persamaan $\varepsilon_s < \varepsilon_{sy}$ pada baja dan $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ pada beton
3. Keruntuhan (*Balanced*) Seimbang Keruntuhan ini terjadi bersamaan pada beton dan baja tulangan

Pada gambar 2.6 merupakan ilustrasi hubungan regangan dan tegangan yang terjadi pada tiga tipe keruntuhan :

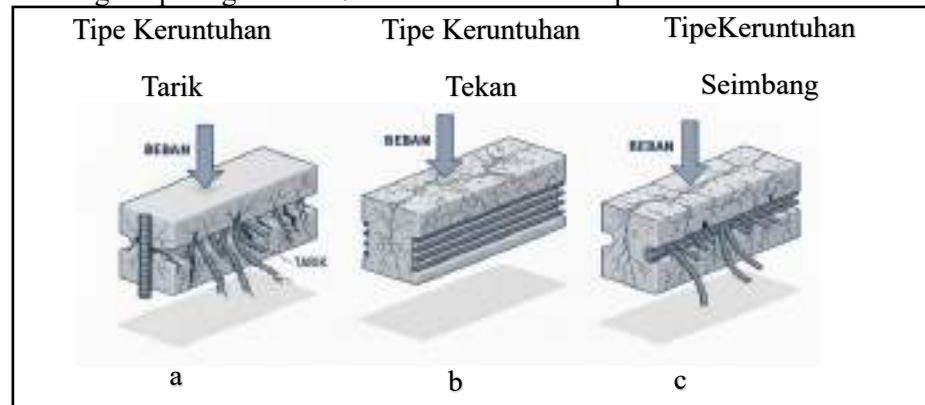


Sumber : Edward G.Nawi,1985

Gambar 2.6 a. Penampang Balok, b. Keruntuhan Tarik c. Keruntuhan Tekan
d. Keruntuhan Seimbang

Keterangan Gambar 2.6 adalah sebagai berikut gambar a. merupakan gambar dari Penampang Balok, gambar b merupakan kondisi regangan beton belum mencapai titik leleh sedangkan regangan baja telah sampai pada titik leleh hal ini terjadi pada tipe Keruntuhan Tarik lalu gambar c merupakan kondisi regangan beton telah mencapai pada titik leleh, sedangkan baja belum mencapai titik leleh kondisi ini terjadi pada Keruntuhan Tekan dan pada gambar d merupakan kondisi regangan beton dan baja sama-sama mencapai titik leleh kondisi ini terjadi pada d. Keruntuhan Seimbang.

Sedangkan pada gambar 2.7 adalah ilustrasi dari tipe keruntuhan balok



Sumber : Edward G.Nawi,1985 Tipe keruntuhan fisik

Gambar 2.7 Ilustrasi 3 tipe keruntuhan

2.4 Faktor Pembebanan yang terjadi

Elemen struktur pada dasarnya didesain dan dibangun untuk dapat menerima beban-beban yang bekerja dalam setiap perletakan struktur. dari setiap beban-beban yang bekerja maka diperoleh desain struktur yang kokoh dan mampu menopang beban.

Untuk pembebanan sendiri menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu SNI 2847:2019 - Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan

1. SNI 2847:2019 Ini adalah acuan utama di Indonesia untuk perancangan struktur beton bertulang.
2. Dokumen ini mengadopsi standar internasional American Concrete Institute (ACI), terutama ACI 318, dengan penyesuaian untuk kondisi di Indonesia.
3. Di dalamnya terdapat ketentuan mengenai kombinasi pembebanan, termasuk nilai-nilai faktor pembebanan yang digunakan untuk beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W), dan beban gempa (E).

Untuk perancangan struktur terutama faktor pembebanan terdapat perhitungan sendiri yang berupa kombinasi-kombinasi pembebanan beserta nilai koefisiennya dalam SNI 2847:2019 memberikan pedoman untuk kombinasi-kombinasi ini. Beberapa contoh kombinasi pembebanan umum untuk balok adalah:

1. 1.4 D: Jika hanya ada beban mati.

2. $1.2 D + 1.6 L$: Kombinasi ini digunakan untuk desain balok yang menahan beban mati dan beban hidup.
3. $1.2 D + 1.0 E + 1.0 L$: Kombinasi untuk memperhitungkan beban mati, gempa, dan beban hidup.

Dan beberapa kombinasi lainnya yang dapat ditemukan dalam SNI 2847:2019.

Penerapan faktor pembebanan pada struktur balok memiliki beberapa tujuan utama :

1. Keselamatan: Memastikan balok dirancang untuk menahan beban yang lebih besar dari yang diharapkan.
2. Keandalan: Mencegah kegagalan struktur akibat ketidakpastian dalam sifat beban dan material.
3. Keseragaman desain: Memberikan standar yang seragam untuk perancangan struktur.
4. Memperkirakan kemungkinan terburuk: Mempertimbangkan skenario di mana beban maksimum terjadi secara bersamaan.
5. Dalam hal desain balok kombinasi pembebanan diterapkan untuk menemukan momen ultimit yang akan diterima oleh balok. Dengan persamaan contoh sebagai berikut :

$1.4 D$ yang mana D merupakan beban mati (Death) yang berasal dari benda yang ditopang oleh balok dan berat balok itu sendiri, yang dapat dihitung melalui berat jenis benda dikalikan dimensi dari balok itu sendiri dengan persamaan sebagai berikut untuk beban mati yang berasal dari balok itu sendiri :

$$D : (b \times h \times \text{Panjang Balok}) \times \text{Berat Jenis Beton} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

D = Beban Mati (kN)

b = Lebar balok (m)

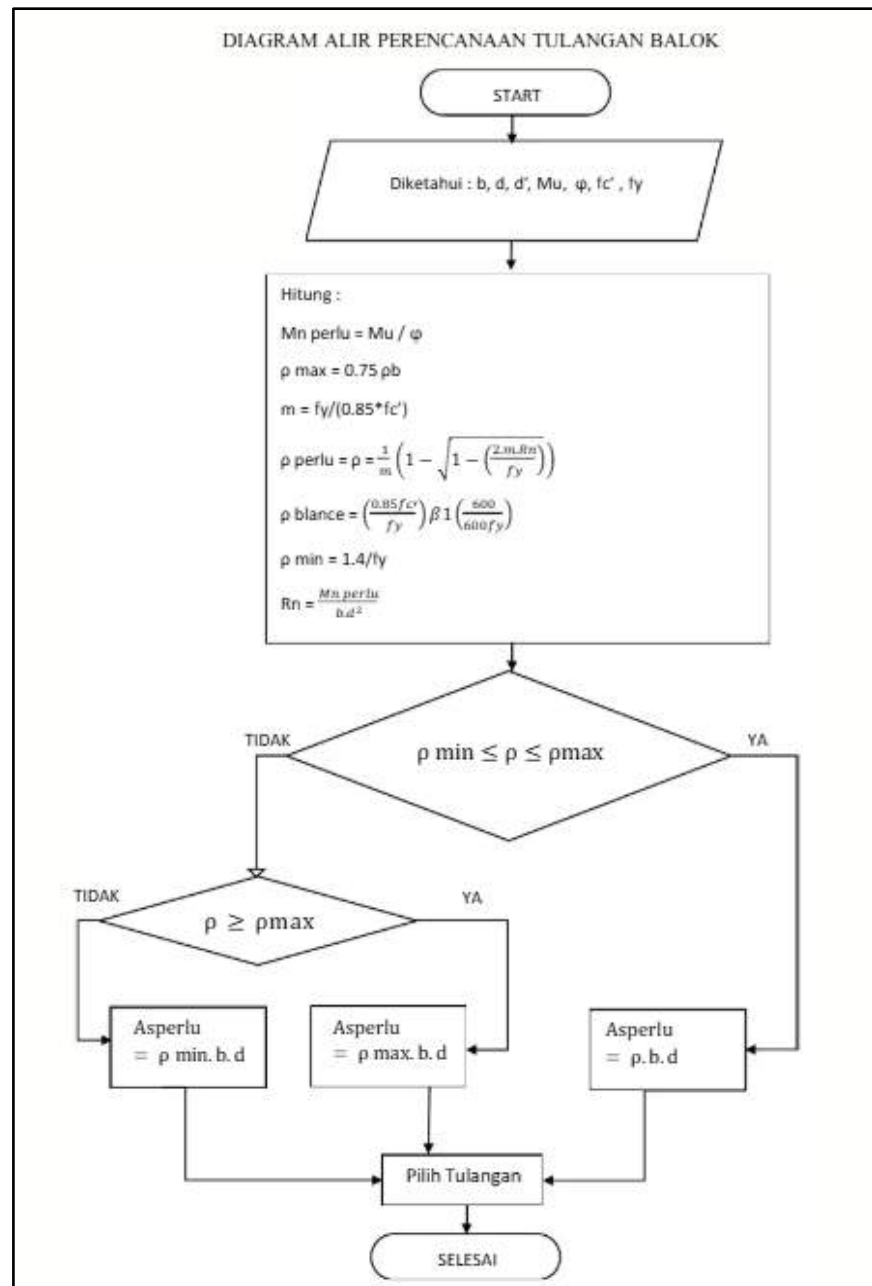
h = Tinggi balok (m)

Setelah didapatkan berat beban mati maka selanjutnya di masukkan dalam perhitungan kombinasi yaitu : $D = Mu$ (Momen Ultimit)

2.5 Desain Balok Bertulangan T tunggal

Untuk Mendesain Balok Bertulangan T tunggal Terdapat Alur penyusunan yang telah dikemukakan oleh beberapa ahli, dengan menggunakan persamaan yang ada.

Untuk contoh dari desain balok tulangan tunggal pada gambar 2.5 berupa diagram alir tahapan desain balok bertulangan tunggal sebagai berikut :



(Sumber : Google,2025)

Gambar 2.5 Diagram alir Desain balok tulangan tunggal

2.6 Korelasi Dimensi Balok dengan parameter yang ada

Dimensi balok memiliki korelasi yang erat dengan beberapa parameter yang telah ditinjau sebelumnya sebagai contoh :

Dalam blok tegangan ekuivalen untuk menghitung besar tekanan C memiliki persamaan sebagai berikut :

$$C = 0.85 f'_c ab \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

b = Lebar balok (m)

a = Tinggi Tegangan

f'_c = Mutu beton (Mpa)

C = Gaya tekan (kN)

Masih dalam blok tegangan ekuivalen untuk mendapatkan nilai *a* maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

a = Tinggi blok tegangan

A_s = Luas tulangan tarik (mm)

f_y = Kekuatan leleh baja (Mpa)

f'_c = Mutu beton (Mpa)

c = Kedalaman garis netral

yang berarti kembali berkaitan dengan b lebar balok.

Garis netral atau c dapat dihitung dengan :

$$c = \frac{a}{\beta_1} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

a = Tinggi blok tegangan

c = Kedalaman garis netral (mm)

β_1 = Koefisien dari persamaan

Dari persamaan di atas a masih berkorelasi dengan dimensi yaitu b lebar balok. Berdasarkan korelasi di atas dimensi mempengaruhi dalam desain balok beton bertulang.

2.7 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton (f'_c) adalah besarnya beban tekan per satuan luas yang dapat ditahan oleh beton hingga hancur [SNI 1974:2011]. Ini merupakan properti mekanis fundamental yang paling penting untuk mengukur mutu beton dan menjadi parameter utama dalam desain struktur beton [SNI 2847-2019]. Menurut Tjokrodinuljo [2007], kuat tekan beton ditentukan oleh beberapa faktor, yang secara signifikan memengaruhi nilai akhirnya.

Kuat tekan beton dapat dinyatakan dalam berbagai satuan, tetapi yang paling umum digunakan dalam standar modern adalah MegaPascal (MPa) [SNI 2847-2019].

1. **MegaPascal (MPa):** Satuan standar dalam Sistem Internasional (SI), di mana 1 MPa setara dengan 1 N/mm². Dalam konteks desain struktural, satuan ini digunakan untuk menyatakan kuat tekan beton karakteristik, f_c sub c prime f'_c .
2. **Kilogram per sentimeter persegi (kg/cm²):** Satuan yang dulunya sering digunakan di Indonesia. Mutu beton K-300 misalnya, mengacu pada kuat tekan sebesar 300 kg/cm².
3. **Pound per inci persegi (psi):** Satuan yang umum digunakan di Amerika Serikat.

Faktor-faktor yang memengaruhi kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

1. **Faktor air-semen (fas):** Mulyono [2004] menyatakan bahwa rasio air terhadap semen adalah faktor terpenting yang memengaruhi kuat tekan. Semakin rendah fas, semakin tinggi kuat tekan beton, dengan catatan workabilitas adukan harus tetap terjaga.
2. **Umur beton:** Kuat tekan beton akan meningkat seiring berjalannya waktu, tetapi peningkatan yang paling signifikan terjadi dalam 28 hari pertama [Tjokrodinuljo, 2007]. Kuat tekan pada umur 28 hari umumnya dijadikan standar untuk patokan desain.
3. **Kualitas bahan:** Kualitas agregat (pasir dan kerikil), semen, dan air memengaruhi kuat tekan secara keseluruhan. Agregat yang bersih, kuat, dan memiliki gradasi yang baik akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang optimal [Tjokrodinuljo, 2007].
4. **Pemadatan:** Pemadatan yang efektif sangat penting untuk menghilangkan udara yang terperangkap dalam adukan beton, yang jika tidak dihilangkan akan membentuk rongga dan mengurangi kuat tekan beton.
5. **Perawatan (*curing*):** Menurut Mulyono [2004], perawatan yang tepat dengan menjaga kelembaban beton sangat penting untuk proses hidrasi semen yang optimal, sehingga kuat tekan dapat berkembang secara maksimal.

Pengujian kuat tekan beton diatur oleh standar seperti SNI 1974:2011. Prosedur pengujiannya meliputi :

4. **Pembuatan benda uji:** Benda uji silinder dengan ukuran standar (misalnya, diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) dicetak di laboratorium atau di lokasi proyek.
5. **Perawatan:** Benda uji dirawat dalam kondisi yang terkontrol (direndam dalam air) hingga umur pengujian yang ditentukan, biasanya 28 hari.
6. **Pengujian:** Menggunakan mesin uji tekan, benda uji ditekan hingga hancur. Beban maksimum yang dapat ditahan dicatat.
7. **Perhitungan:** Kuat tekan dihitung dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang benda uji, seperti yang juga disebutkan oleh Garuda Teknik Asia.

$$f'_c = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan Persamaan :

Pmaks = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

2.8 Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya yang cenderung memisahkan atau merenggangkan partikelnya [Tjokrodinuljo, 2007]. Sifat ini secara fundamental jauh lebih lemah dibandingkan dengan kuat tekannya. Oleh karena itu, dalam perancangan struktur beton bertulang, kuat tarik beton biasanya diabaikan dan dianggap nol, dengan seluruh gaya tarik ditahan oleh tulangan baja [SNI 2847-2019]. Namun, nilai kuat tarik tetap penting untuk menentukan kapan beton pertama kali retak, yang dikenal sebagai **momen retak** (M_{cr}).

Metode pengukuran kuat tarik beton

Karena sulitnya mengukur kuat tarik beton secara langsung di lapangan, ada beberapa metode tidak langsung yang umum digunakan (Windah, 2011). Metode-metode ini umumnya menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih rendah daripada kuat tekan, biasanya berkisar antara 10% hingga 15% dari kuat tekan beton [Testbook, 2021].

Uji Tarik Belah (*Split Tensile Test*): Metode ini melibatkan penekanan spesimen silinder beton secara diametral hingga pecah. Gaya tekan yang diberikan secara tidak langsung menghasilkan tegangan tarik pada penampang vertikal silinder. Hasil pengujian ini disebut kuat tarik belah (f_{sp}) [SNI 2491:2014].

1. Satuan: f_{sp} dinyatakan dalam MPa (MegaPascal) atau N/mm².

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots (2.15)$$

- a. P adalah beban maksimum (dalam N).
- b. D adalah diameter silinder (dalam mm).
- c. L adalah panjang silinder (dalam mm).

Uji Lentur (*Flexural Test*): Metode ini mengukur kuat tarik beton dari balok beton tanpa tulangan yang diberi beban hingga retak. Hasil pengujian ini disebut *modulus of rupture* (f_r). Nilai f_r digunakan dalam perhitungan momen retak [SNI 2847-2019].

1. Satuan: f_r dinyatakan dalam MPa.
2. Rumus Empiris [SNI 2847-2019]:

$$f_r = 0,7 \cdot \lambda \cdot f'_c \sqrt{\dots\dots\dots} \quad (2.16)$$

- a. λ adalah faktor modifikasi beton, biasanya 1,0 untuk beton normal.
- b. f'_c adalah kuat tekan beton (dalam MPa).

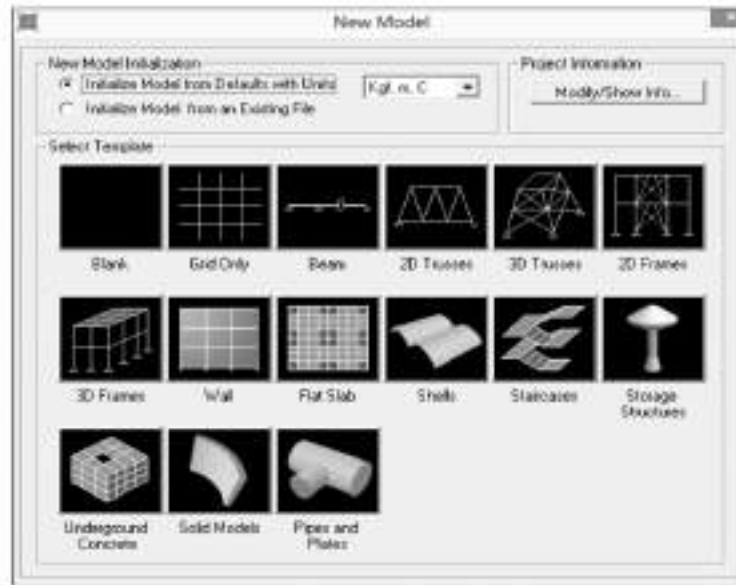
2.9 Permodelan SAP 2000

SAP merupakan salah satu software atau program analisis yang digunakan untuk menganalisis dan merancang struktur suatu bangunan (Sugito,2012).

Didalam SAP 2000 terdapat berbagai fasilitas untuk melakukan analisis struktur, seperti modeling menggunakan template, kemudian pendefinisian material, beban, dan kombinasi beban

1. Model

Dalam Permodelan SAP 2000 Menyediakan beberapa template siap pakai untuk beberapa variasi struktur, sehingga untuk modeling hanya perlu sedikit modifikasi dan menjadikan proses permodelan jadi lebih cepat. (Sugito,2012).



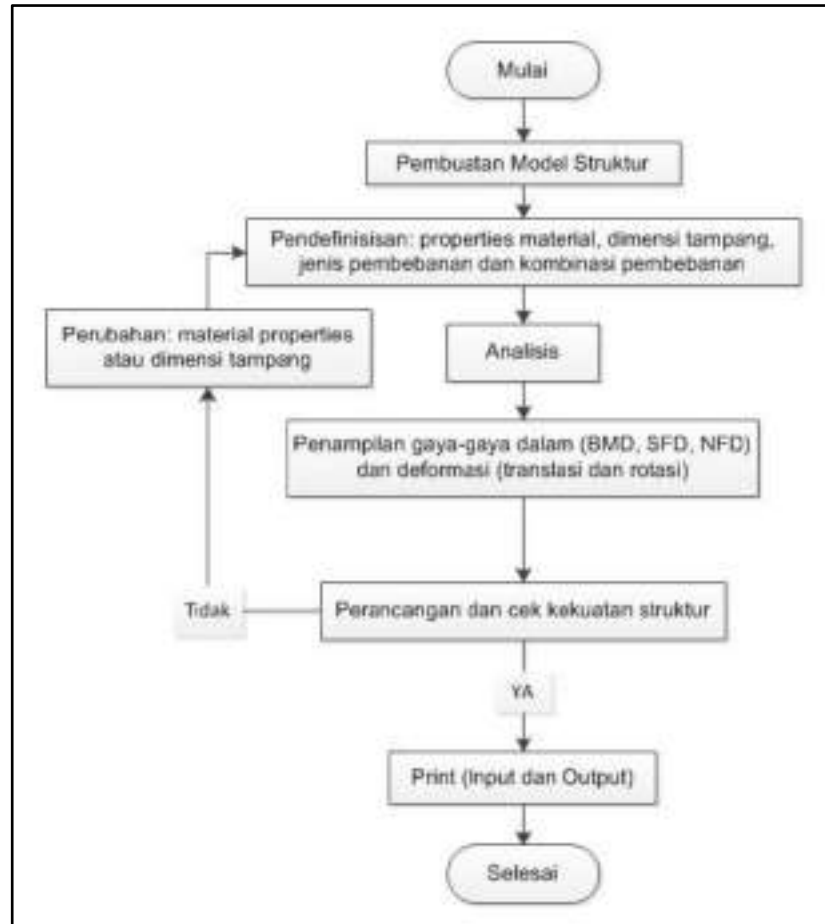
Sumber : Sugito,2012

Gambar 2.6 Template Model SAP 2000

2. Tahap Analisis Pada SAP 2000

Untuk melakukan analisis maupun desain struktur melalui tahapan yang dimulai dari permodelan struktur, pendefinisian material, dimensi, beban dan kombinasi beban, setelah itu baru dilakukan analisis. (Sugito,2012)

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari diagram alir pada gambar 2.7 dibawah ini, proses perencanaan, analisis dan desain suatu struktur.



Sumber : Sugito,2012

Gambar 2.7 Tahapan Analisis SAP 2000

2.10 Penelitian terdahulu

Penelitian oleh Ferizal.IB dan Rusnapi (2005), Kapasitas lentur suatu balok beton bertulang akan sangat dipengaruhi oleh rasio tinggi terhadap lebar (h/b) penampangannya. Dimana semakin besar nilai rasio tinggi terhadap lebar (h/b) sebuah penampang balok, maka kapasitas lentur akan semakin besar. Hal ini karena momen inersia sumbu lentur akan bertambah besar dengan membesarnya nilai rasio (h/b), sehingga balok akan memiliki kapasitas dalam menahan lentur yang besar sebagai akibat dari beban-beban yang dikerjakan padanya. Kapasitas lentur yang besar akan dicapai dengan membesarnya nilai rasio (h/b), tetapi penampang balok akan semakin langsing. Kelangsingan penampang adalah fungsi dari rasio (h/b) dan Panjang bentang balok. Kelangsingan penampang akan mempengaruhi kestabilan arah lateral balok (lateral Instability), karena lebar penampang yang kecil akan memperkecil momen inersia sumbu. Lateralnya dan akan

mempengaruhi kestabilan tampang terlentur. Kegagalan instabilitas disebabkan kekakuan lenturan (flexural Stiffness) pada bidang yang terlentur sangat besar jika dibandingkan dengan kekakuan lateralnya, akibatnya kapasitas lentur balok tidak akan tercapai karena balok akan mengalami kegagalan lentur arah lateral yang terlalu dini yang akan mengendalikan kekuatannya. SNI dan ACI juga membatasi rasio h/b penampang dalam disain balok tidak lebih besar dari 3. Berdasarkan uraian di atas, berarti hubungan rasio tinggi dengan lebar penampang balok terhadap kapasitas lentur mempunyai nilai optimum. Dimana proporsi tinggi terhadap lebar balok memiliki nilai batas tertentu dalam menahan gaya lentur tanpa harus terjadi kegagalan kestabilan arah lateral.

Penelitian Oleh Erwin Syaiful Wagola (2021), Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuat lentur balok beton dengan perkuatan GFRP setelah direndam dalam air laut selama 2 tahun. Dimensi balok memiliki panjang 3.30 m, lebar 15 cm dan tinggi 20 cm. Balok diberi perkuatan GFRP pada daerah lentur. Sistem pembesian balok beton yang dianalisis menggunakan tulangan pokok besi polos ϕ 6 dan tulangan sengkang dari besi ulir D10. Metode pengujian yang digunakan dalam pengujian benda uji ialah metode pembebanan monotonik yang menggunakan sistem two point load pada kecepatan ramp actuator konstan sebesar 0.05 mm/dt. Balok yang diperkuat dengan GFRP sebanyak dua buah, yang direndam pada kolam simulasi yang sudah berisi air laut, dengan umur rendaman selama 2 tahun. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beban ultimit yang dapat diterima oleh balok dengan perkuatan lembar GFRP Spasca rendaman air laut selama 2 tahun ialah masing-masing sebesar 43.11 kN dan 44.65 kN untuk benda uji BF24-1 dan BF24-2, dengan lendutan masing-masing sebesar 39.91 mm dan 38.26 mm dengan lebar retakan yang terjadi pada saat beban ultimit untuk setiap benda uji sebesar 0.38 mm dan 0.72 mm.

Penelitian Oleh Irmawati Indahriani Manangin, Marthin D. J. Sumajouw, Mielke Mondoringin (2015), Balok beton bertulang sebagai elemen struktur yang cukup besar perannya dalam memikul beban, terutama untuk memikul beban lentur. Dimensi penampang balok beton bertulang akan mempengaruhi balok tersebut dalam peranannya memikul beban lentur. Untuk pengujian kuat lentur, dimensi benda uji balok beton bertulang yang digunakan berukuran (100 100 800) mm, (140 140 800) mm, dan (170 170 800) mm dengan diameter tulangan yang digunakan adalah ϕ 6. Untuk pengujian kuat tekan menggunakan benda uji kubus berukuran

(150 150 150) mm dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 25,32 MPa. Kuat lentur rata-rata sebesar 17,494 MPa, 9,460 MPa, dan 4,784 MPa. Dari hasil hubungan antara kuat lentur dengan variasi dimensi benda uji menunjukkan bahwa semakin besar dimensi benda uji, maka kuat lentur yang dihasilkan akan semakin kecil.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendekatan Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kuantitatif analitik, yang bertujuan untuk menganalisis secara numerik pengaruh variasi lebar balok terhadap perilaku struktural balok beton bertulang. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan teori mekanika struktur dan bahan.

3.2 Identifikasi Variabel penelitian

1. Peneliti mengidentifikasi variabel-variabel yang akan terlibat dalam analisis.
2. Variabel bebas: Lebar balok (b), yang akan divariasikan dalam analisis.
3. Variabel terikat: Kapasitas lentur nominal (M_n), daktilitas (μ), kekakuan (EI), dan kedalaman garis netral (c). Perubahan pada variabel bebas akan memengaruhi nilai-nilai variabel terikat ini.
4. Variabel kontrol: Parameter-parameter yang dijaga konstan untuk semua model, seperti mutu beton (f'_c), mutu baja (f_y), tinggi balok (h), panjang bentang, dan jumlah tulangan (A_s).

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian adalah tahapan yang akan dilalui untuk proses penelitian yang akan dijabarkan dengan tahapan-tahapan di bawah ini:

3.3.1 Studi Pustaka

Studi Pustaka diperlukan untuk memberikan pemahaman teori dari penelitian untuk memudahkan penelitian serta memberikan alur yang sesuai dengan teori yang telah diterapkan terkait balok beton bertulang, berikut referensi yang dibutuhkan dari studi pustaka :

1. Teori Penampang
2. Referensi Pemodelan SAP 2000
3. Kajian Penelitian Terdahulu

3.3.2 Desain Model dan Persiapan

Setelah menemukan teori yang terkait dan relevan dengan penelitian, maka selanjutnya tahapan desain permodelan dan persiapan berikut tahapan dari desain permodelan dan persiapan :

1. Desain model: Dibuat beberapa model balok dengan dimensi yang berbeda-beda, hanya memvariasikan lebar balok (b).
2. Contoh desain:
3. Balok Model A: Lebar (bA) = 200 mm
4. Balok Model B: Lebar (bB) = 250 mm
5. Balok Model C: Lebar (bC) = 300 mm
6. Data konstan: Tinggi balok (h) = 550 mm, tinggi efektif (d) = 500 mm, kuat tekan beton ($f'c$) = 25 MPa, kuat leleh baja (fy) = 400 MPa, luas tulangan tarik (As) = 3 x D25 = 1473 mm², Beban mati D1

3.3.3 Tahapan Perhitungan dan analisis

Tahapan Selanjutnya Tahapan Perhitungan dan analisis, tahapan meliputi tahapan-tahapan perhitungan berdasarkan data yang telah dipersiapkan pada bab 3.3.2 lalu akan diproses dengan menggunakan perhitungan berdasarkan teori yang dibahas di bab 3.3.1, berikut alur tahapan perhitungan dan analisis :

1. Kapasitas lentur nominal (Mn): Menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dan model blok tegangan ekuivalen, kapasitas lentur nominal dihitung untuk setiap model balok [SNI 2847-2019].
2. Daktilitas (μ): Daktilitas dihitung sebagai rasio antara regangan (atau perpindahan) pada kondisi ultimit dan kondisi leleh tulangan baja. Semakin besar nilai daktilitas, semakin baik kemampuan balok untuk menahan deformasi plastis sebelum runtuh.
3. Pola keretakan: Menganalisis pola keretakan secara teoretis dengan memprediksi momen retak (Mcr) dan membandingkannya dengan momen nominal (Mn) untuk melihat kecenderungan keruntuhan. Variasi lebar balok akan memengaruhi distribusi regangan dan, pada akhirnya, pola keretakan.

4. Garis Netral : Letak Kedalaman garis netral (c) yang mempengaruhi tipe keruntuhan dari balok itu sendiri
5. Tinggi Blok Ekuivalen : a tinggi blok ekuivalen yang berkaitan erat dengan volume tegangan yang terjadi pada balok

3.4 Permodelan SAP 2000

Tahapan selanjutnya menggunakan software perhitungan struktur, yaitu SAP 2000 untuk membantu analisis dalam bentuk simulasi, tahapan dari permodelan SAP 2000 adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan Template
2. Pembuatan Model Struktur
3. Mendefinisikan material, dimensi tampang, jenis pembebanan dan kombinasi pembebanan.
4. Menagalisis model
5. Menampilkan gaya-gaya (BMD,SFD,NFD) dan deformasi (translasi dan rotasi)
6. Perancangan dan cek kekuatan struktur
7. Print input dan output
8. selesai

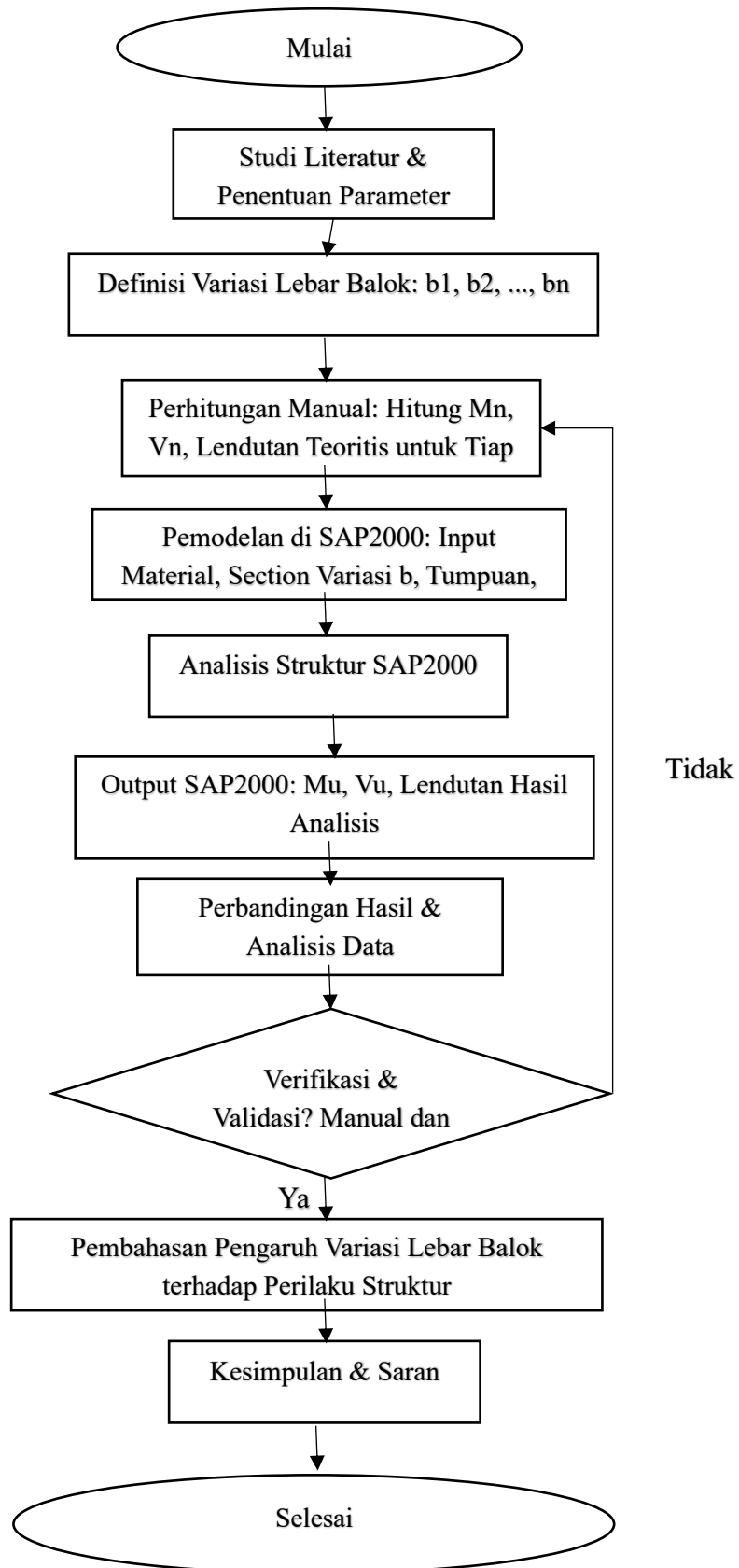
3.5 Analisis Hasil

Tahapan Analisis hasil merupakan tahapan lanjutan setelah mendapatkan hasil perhitungan dan hasil simulasi dari SAP 2000, maka akan didapatkan berbagai macam data yang kemudian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mendapatkan kesimpulan dari perilaku balok terhadap lebar balok. Berikut proses dari alur analisis :

1. Penyajian data: Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah perbandingan.
2. Interpretasi: Dijelaskan bagaimana perubahan lebar balok memengaruhi setiap parameter terikat, dan mengapa hal tersebut terjadi berdasarkan prinsip-prinsip mekanika bahan.

3. Identifikasi tren: Diidentifikasi tren atau hubungan antara variasi lebar balok dengan kapasitas lentur, daktilitas, dan kekakuan.
4. Penyajian dalam bentuk grafik dan Tabel : grafik dan tabel akan ditampilkan untuk penyajian data perbandingan dan komparasi, agar terlihat setiap perubahan yang terjadi dari setiap parameter yang diteliti

3.6 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



DAFTAR PUSTAKA

- F. I. (2005). Pengaruh rasio tinggi dan lebar balok terhadap kapasitas lentur balok beton bertulang.
- INDRIANI, L. (2024). *Bahan ajar struktur beton bertulang I*.
- Manangin, I. I. (2015). Ppengaruh variasi dimensi benda uji terhadap kuat lentur balok beton bertulang.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan jembatan (SNI 2847:2019). BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder* (SNI 1974:2011). BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder (SNI 2491:2014). BSN
- Hognestad, E. (1951). A study of combined bending and axial load in reinforced concrete members (Bulletin No. 399). University of Illinois Engineering Experiment Station.
- Nawi, E. G. (1985). In *BETON BERTULANG Suatu Pendekatan Dasar*.
- SUGITO. (2012). *MODUL SAP 15.0 Analisis 3D Statik & Dinamik*.
- Testbook. (2021). *The tensile strength of concrete, expressed as the ratio of compressive strength is*. Testbook. Diperoleh dari <https://testbook.com/question-answer/the-tensile-strength-of-concrete-expressed-as-the--611b4256a0a65a39b7e50f92>
- Wagola, E. S. (2021). Analisis Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Perkuatan GFRP Direndam Dalam Air Laut.
- Windah, R. S. (2011). Kekuatan tarik beton. *Tekno-Sipil*, 9(56), 16–21.