

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu

Untuk memperbanyak bahan kajian dan memperbanyak sumber referensi untuk mendukung berjalannya riset tugas akhir penulis mengambil beberapa jurnal atau penelitian yang dilakukan terlebih dahulu yang masih berhubungan dengan topik permasalahan yang penulis ambil, berikut penelitian:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul penelitian	Penulis dan tahun	Metode yang digunakan	Hasil Akhir
1.	Pelaksanaan sistem loncat 2 lantai untuk gedung bertingkat rangka baja.	Koespiadi, Vito, Primasita, Dimas,	Sistem loncat 2 lantai.	Dengan menggunakan metode tersebut memiliki waktu penyelesaian lebih cepat dalam pembanguna gedung rangka baja.
2.	Hubungan antara kelangsingan kolom baja dan kapasitas aksial	Simatupang, Patrik, Jusuf, 2019	Analitis, Analisis program bantu	Perhitungan kapasitas penampang kolom baja berdasarkan SNI 1729 : 2015 menunjukkan nilai

	penampang menggunakan DAM pada SAP 2000.			yang lebih kecil daripada analisis menggunakan program SAP 2000.
3.	Evaluasi perilaku struktur gedung bertingkat lima menggunakan kolom pendek akibat beban gempa.	Mhd. Ridwan,	Analitis, Analisis program bantu.	Dengan penempatan posisi kolom pendek yang berbeda menunjukkan pemusatan pembebanan pada struktur.
4.	Pengaruh kelangsingan pada desain kolom pada proyek verdetwo condominium kuningan Jakarta selatan.	Irma, Indah, Yaysyirul Ulum, 2017	Analitis, Analisis program bantu.	Faktor kelangsingan tidak hanya memikul gaya aksial saja, tetapi juga memperhitungkan pembesaran momen akibat dari faktor kelangsingannya.
5.	Studi analisis balok dan kolom langsing akibat	Karmidi, Haryo Koco, 2017	Analisis program bantu.	Kebutuhan minimum luas tulangan menjadi lebih kecil disbanding desain

	perubahan pelaksanaan pada pembangunan terminal keberangkatan di daerah depok.			awal, struktur kolom masih aman walaupun terjadi pelangsingan pada kolom.
6.	<i>Buckling Analysis of Columns</i>	Preetha, Kalaivani, Navaneetha, Senthilkumar, 2019	Perhitungan analitis	Memperhitungkan gaya buckling dengan menerapkan rumus Euler.
7.	Pengaruh dinding geser terhadap perencanaan kolom dan balok bangunan gedung beton bertulang.	Fajar Nugroho, 2017	Pengumpulan data, Analisis program bantu.	Struktur rangka dengan dinding geser diperoleh luas tulangan yang lebih kecil dibanding struktur tanpa dinding geser.
8.	Perencanaan dan analisis kinerja struktur bangunan pop hotel tanjung benoa bali	Ir. Bantot, Abid Hamdan, 2018	Pengumpulan data, Analisis program bantu.	Didapat desain yang tahan gempa.

	menggunakan SRPMK.			
9.	Analisis waktu kerja actual pada proyek konstruksi dengan metode PERT pada proyek X	Kevin, Raphael, Sentosa, 2018	Pengumpulan Data, Analisis.	Durasi total aktivitas dengan menggunakan metode PERT lebih cepat dari time schedule proyek.
10.	Analisis perbandingan biaya penggunaan perancah kayu galam dan perancah besi (scaffolding)	Rafik, Rinova, 2018	Perhitungan Analitis.	Penggunaan scaffolding lebih menguntungkan apabila digunakan dalam skala proyek yang besar.

Sumber : Hasil Survey, 2021

2.2 Bangunan Gedung Bertingkat

“Pembangunan gedung bertingkat tinggi selalu mengikuti pertumbuhan wilayah” (Schueller, 2001). Hal ini adalah tujuan dan maksud keberadaan gedung bertingkat seperti mengatasi permasalahan terkait keterbatasan ruang atau lahan di daerah perkotaan termasuk juga kegiatan pemeliharaan, perawatan, dan pemeriksaan secara berkala.

2.3 Struktur bangunan

Salah satu hal penting dalam pembangunan gedung bertingkat adalah perancangan struktur. Struktur bangunan merupakan suatu susunan yang terdiri dari komponen – komponen yang saling terhubung satu sama lain agar mendapat kekakuan yang diinginkan. Kegunaan lain dari struktur bangunan gedung yaitu sebagai penerus beban bangunan dari bangunan atas menuju bagian bawah, lalu menyebarkannya ke tanah.

Ditinjau dari sisi letak, struktur bangunan gedung terbagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu:

2.3.1 Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas seperti namanya, seluruh bagian struktur gedung bertingkat yang berada di atas permukaan tanah (SNI 2002). Elemen struktur atas terdiri dari Kolom, Pelat, Balok, dan Shearwall. Dimana masing – masing memiliki fungsi atau tugas sendiri.

Struktur dalam kolom dibuat dari kombinasi besi dan beton, keduanya gabungan material yang tahan terhadap tarikan dan tekanan. Kolom termasuk struktur utama yang berfungsi meneruskan berat bangunan dan beban lain menuju struktur bawah.

Balok juga termasuk elemen yang terdiri dari besi dan beton, balok berfungsi sebagai pengikat antar kolom atau sebagai pengaku struktur. Balok juga berfungsi sebagai dudukan pelat beton.

Pelat adalah elemen yang bertumpu pada balok, Kehadiran balok berfungsi sebagai pemisah antar tingkat dan juga sebagai penyalur beban hidup.

ShearWall merupakan struktur yang umum ditemukan pada bangunan gedung bertingkat tinggi. Fungsi utama dari Shearwall adalah untuk meredam gaya gempa secara horizontal, Shearwall juga memberikan kekakuan untuk mencegah setiap pelat lantai bergoyang secara berlebihan.

2.3.2. Struktur Bawah (*Lower Structure*)

Struktur bawah merupakan elemen yang berada di bawah permukaan lantai, termasuk tie beam, pondasi, dan pile cap, Struktur bawah memiliki tugas untuk memikul beban bagian bangunan yang berada di atasnya. Struktur bawah harus diperhitungkan secara tepat, guna untuk menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri.

2.3.3 Beban yang bekerja pada Struktur

Analisis desain struktur perlu memperkirakan adanya beban – beban yang bekerja pada struktur. Perencanaan bangunan pada umumnya berdasarkan pada keadaan batas atau limit. Analisis truktur dikerjakan untuk mengkombinasikan beban untuk mendapatkan gaya dalam desain berdasarkan keadaan ekstrem yang akan mungkin terjadi.

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri dari struktur gedung, yang memiliki besar yang konstan dan terdapat pada satu posisi tertentu. Semua metode untuk menghitung elemen didasarkan atas peninjauan berat suatu material yang terlibat berdasarkan volume elemen tersebut.

2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang letaknya dapat berubah, beban hidup meliputi beban orang, barang – barang, dan peralatan kerja.

3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang dipersiapkan untuk mengantisipasi adanya gempa, analisis yang dilakukan adalah mengambil *record* data wilayah. Dan mendesain struktur utama bangunan yang sesuai dengan standart, baik bahan dan dimensi elemen.

2.4 Beton dan Beton Bertulang

Beton merupakan campuran dari pasir, koral, dan semen. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat Tarik yang rendah. Beton Bertulang adalah kombinasi antar beton dan baja tulangan dimana baja tulangan berfungsi sebagai penahan kuat Tarik yang dimana beton tidak memilikinya.

2.4.1 Kelebihan Beton bertulang sebagai Struktur Utama

Beton bertulang seringkali digunakan pada pekerjaan konstruksi sebagai penyusun struktur utama, seperti bangunan rumah tinggal, jembatan, perkerasan jalan, dam, terowongan, hingga gedung bertingkat tinggi. Digunakannya beton bertulang pada bahan konstruksi cukup wajar jika dilihat sisi kelebihannya, berikut kelebihan beton bertulang:

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif tinggi jika dibanding bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan terhadap api yang cukup tinggi.
3. Maintenance yang dibutuhkan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
4. Biaya pembuatan yang ekonomis.
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuan untuk dicetak menjadi bentuk yang sangat beragam.

2.4.2 Kelemahan Beton bertulang sebagai Struktur Utama

Untuk mendapat keuntungan penggunaan beton, kita harus mengenal hal – hal apa saja yang menjadi kelemahan beton disamping kelebihannya, berikut kelemahan beton bertulang:

1. Kuat Tarik yang dimiliki oleh beton sangat rendah, sehingga dibutuhkan penggunaan baja tulangan.

2. Proses mengerasnya beton membutuhkan waktu yang tidak sedikit, diperlukan bekisting dan perkuatan untuk menopang beton hingga mengeras sempurna.
3. Berat sendiri dari beton cukup berat, sehingga berpotensi mempengaruhi momen pada struktur utama.
4. Material penyusun beton cukup bervariasi untuk campuran dan pengadukannya, jika tidak dilakukan sesuai standart akan menurunkan mutu beton.

2.5 Metode Sistem Loncat Lantai

Sistem loncat lantai didasarkan pada banyaknya permintaan pembangunan gedung bertingkat di era sekarang, sebagai teknik sipil kita dituntut untuk menggunakan metode yang dirasa efektif secara waktu, biaya, dan juga tenaga. Metode pelaksanaan loncat lantai ini meloncati satu lantai, jadi proses pembangunan akan langsung 2 tingkat, dan melewati 1 lantai dibawahnya. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan pembangunan gedung bertingkat, dimana akan memberikan ruang bagi para pekerja yang lebih luas. Dengan metode ini sangat berpotensi dapat melakukan 2 pekerjaan struktur yang berbeda dalam satu waktu.

2.5.1 Kelebihan Metode Loncat Lantai terhadap Metode Konvensional

Kelebihan sistem loncat lantai adalah menjadi faktor dipertimbangkannya metode pelaksanaan ini untuk diterapkan pada proses pembangunan gedung bertingkat, berikut kelebihan yang dimiliki metode sistem loncat lantai:

1. Berpotensi memiliki waktu pengerjaan yang lebih cepat dibanding dengan metode konvensional.
2. Dapat memanfaatkan ruang kerja dengan lebih baik karena pekerjaan dapat berlangsung secara bersamaan, tidak dalam metode konvensional yang dilakukan secara berurutan.
3. Dapat meningkatkan pengalaman tentang metode pembangunan dan tidak selalu metode konvensional.

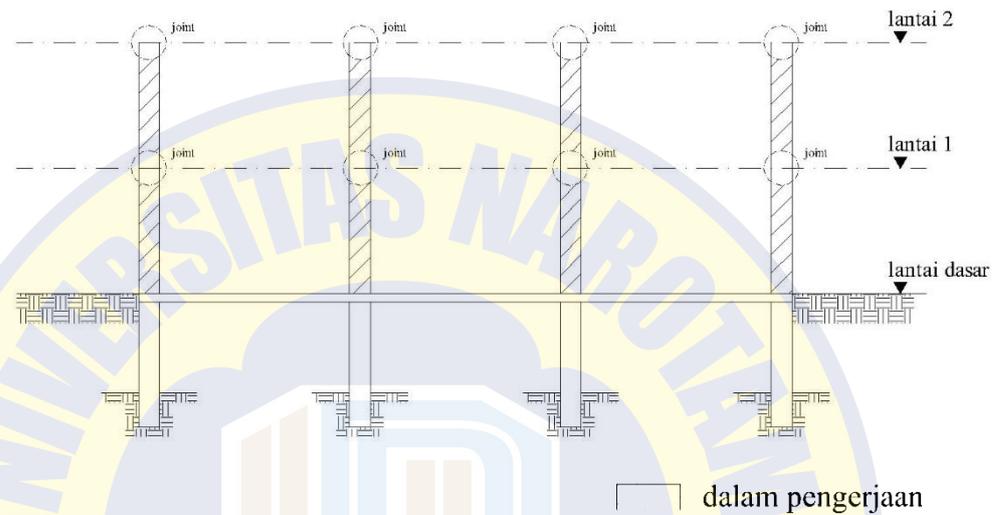
2.5.2 Kekurangan Metode Loncat Lantai terhadap Metode Konvensional

Kekurangan yang dimiliki metode loncat lantai juga menjadi faktor pertimbangan digunakannya metode pelaksanaan ini, berikut kekurangan yang dimiliki metode sistem loncat lantai:

1. Berpotensi meningkatkan anggaran jika dalam analisis diharuskan menggunakan perkuatan vertikal, jika dalam metode konvensional tidak dibutuhkan perkuatan vertikal tambahan.
2. Dibutuhkan jumlah yang lebih pada PCH atau *scaffolding*, dikarenakan meloncati satu lantai, jika dalam metode konvensional pekerjaan dilakukan secara berurutan per lantai.
3. Tidak banyaknya pengalaman pekerja untuk mengaplikasikan metode pelaksanaan ini dibanding metode konvensional.

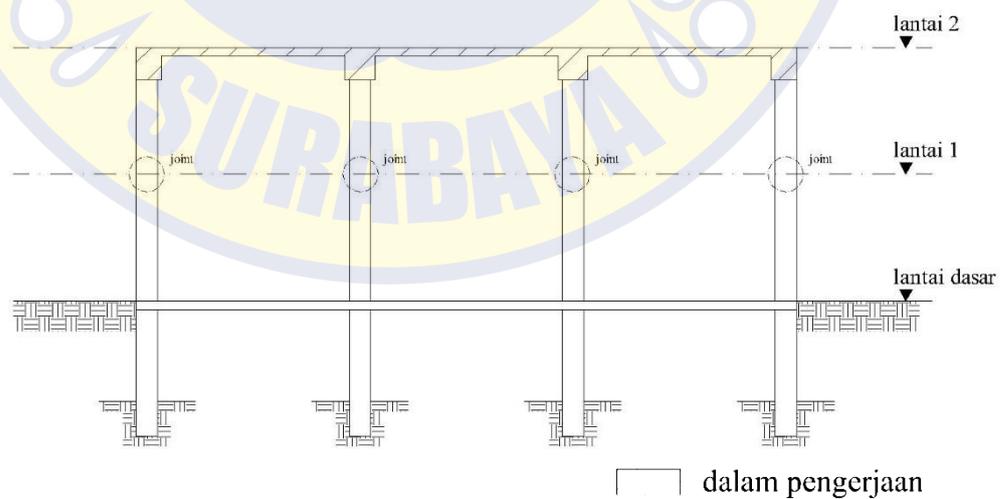
2.5.3 Pelaksanaan Konstruksi

1. Start pembangunan pekerjaan struktur bawah.
2. Dengan selesainya pekerjaan struktur bawah, maka dilanjutkan dengan pekerjaan kolom Lt. Dasar dan Lt. 1. Dalam satu waktu.



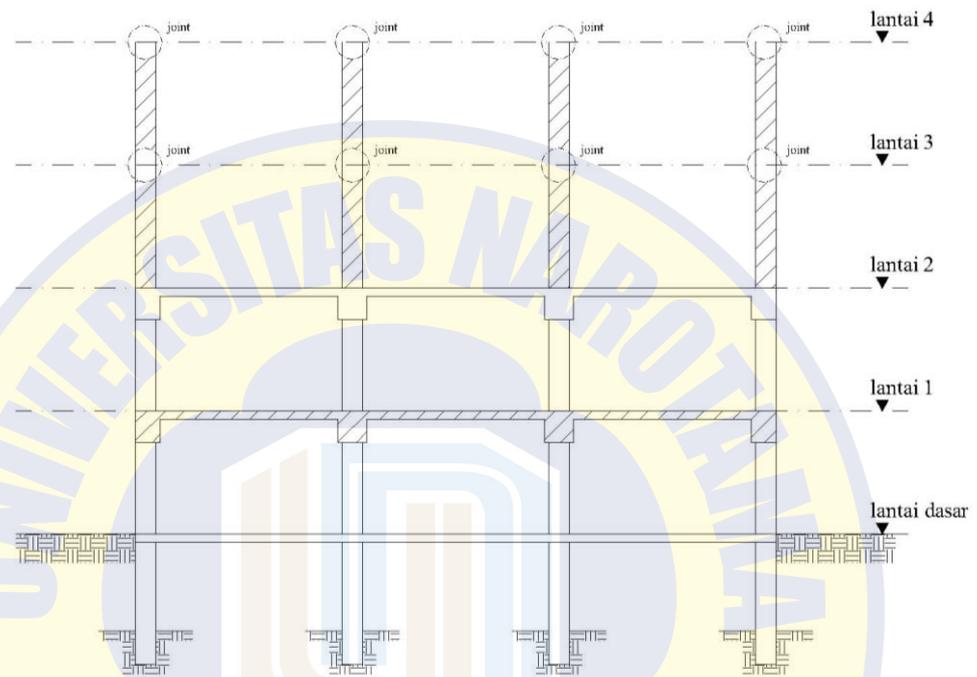
Gambar 2.1 Tahap 2 Metode SLL (Koespiadi, 2017)

3. Dengan selesainya pekerjaan kolom Lt. Dasar dan kolom Lt. 1, dilanjutkan pemasangan balok dan pelat beton pada Lt. 2.



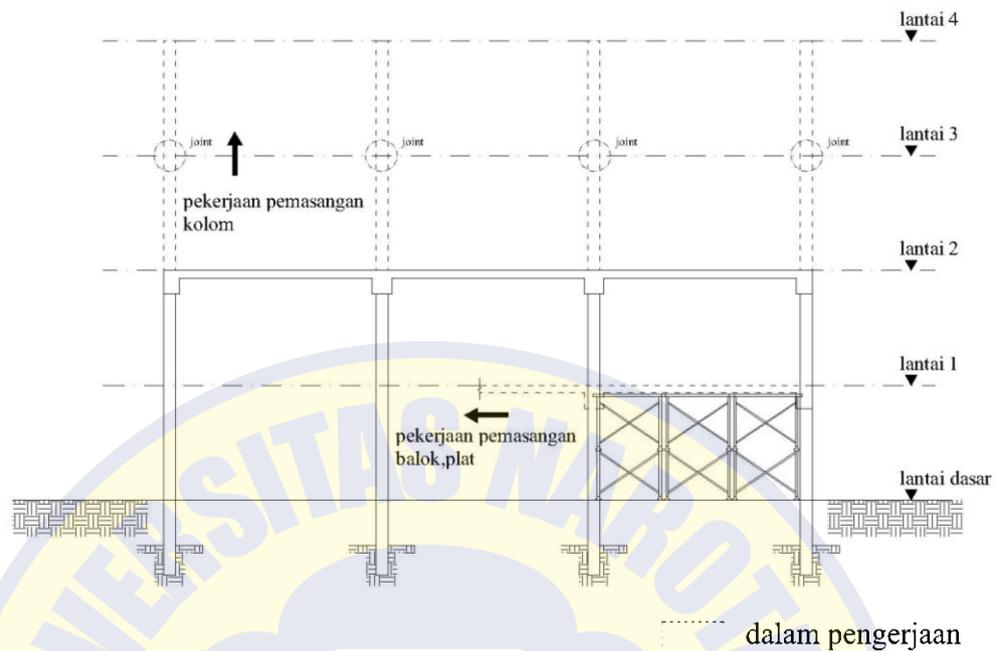
Gambar 2.2 Tahap 3 Metode SLL (Koespiadi, 2017)

4. Dengan selesainya pekerjaan balok dan pelat pada Lt. 2, dilanjut pada pekerjaan pemasangan kolom pada Lt. 2 dan Lt. 3 dan dalam 1 waktu juga melakukan pekerjaan pemasangan pada balok dan pelat beton Lt.1 yang sengaja dilewati tadi.



Gambar 2.3 Tahap 4 Metode SLL (Koespiadi, 2017)

5. Diharapkan pemasangan balok dan pelat beton pada Lt. 1 selesai tepat waktu dengan selesainya pemasangan kolom Lt. 2 dan Lt. 3.
6. Pekerjaan selanjutnya mengulangi poin 2,3, dan 4.



Gambar 2.4 *Workflow* Metode SLL (Koespiadi, 2017)

Gambar 2.4 menunjukkan proses konstruksi, mengacu tahapan nomer 4, kelebihan metode sistem loncat lantai adalah adalah lahan pekerjaan yang tersedia lebih banyak, dan kemungkinan pekerjaan yang berjalan dalam satu waktu lebih banyak. Mengacu gambar 2.4 untuk pekerjaan pembangunan kolom di Lt. 2 dan Lt. 3 berjalan dalam satu waktu dengan pekerjaan balok, pelat pada Lt.1. Jadi pekerjaan Struktur vertikal dapat berjalan dalam satu waktu dengan pekerjaan struktur Horizontal.

Dikarenakan dengan metode sistem loncat lantai ini terdapat penggabungan tinggi kolom saat proses konstruksi berlangsung, maka perlu pengontrolan terhadap kelangsingan kolom, beban tekuk, dengan mempertimbangkan gaya aksial, lateral dan eksentrisitas.

2.6 Kelangsingan Kolom

Kapasitas tekan kolom dipengaruhi banyak faktor, termasuk faktor kelangsingan. Semakin langsing suatu kolom atau konstruksi apapun berdampak pula pada kuat tekannya yang mengecil. Kelangsingan juga berpengaruh pada ragam keruntuhan, berdasar ragam keruntuhan kolom dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu:

1. Kolom langsing.
2. Kolom sedang.
3. Kolom pendek.

“Kolom langsing dan sedang runtuh akibat Tekuk, sedangkan kolom pendek runtuh akibat tegangan leleh terlampaui” (Padosbajoyo,1992). Rasio kelangsingan kolom dapat disebut dalam suatu rasio. Rasio kelangsingan dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{K.L}{r} \quad (2.1)$$

$$r = \sqrt{I/A} \quad (2.2)$$

Keterangan:

λ = Rasio Kelangsingan (*slenderness ratio*)

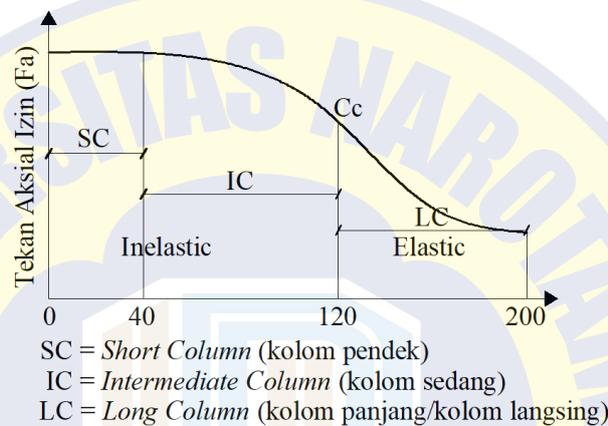
K = Faktor panjang efektif (*effective length factor*)

L = Panjang kolom (m)

r = Jari – jari girasi (*radius of gyration*) (cm)

I = Momen inersia (cm⁴)

1. *Slenderness ratio* $L/r < 40$ termasuk kolom pendek jenis kegagalan (*crushing*).
2. *Slenderness ratio* $40 < L/r < 120$ termasuk kolom sedang jenis kegagalan (*combination of crushing and buckling*).
3. *Slenderness ratio* $120 < L/r < 200$ termasuk kolom panjang atau kolom langsing jenis kegagalan (*buckling*).



Gambar 2.5 Tekan Aksial dengan *Slenderness Ratio* (Rajput, 2019)

Kolom pendek merupakan kolom yang mempunyai tingkat kelangsingan ($L/r \leq 40$). Tegangan kritis kolom pendek ditetapkan sama dengan tegangan leleh (F_y). Pada metode perancangan elastis, digunakan tegangan tekuk ijin yang nilainya sama dengan tegangan dasar. (Padosbajoyo,1992).

Kekuatan batang tekan dipengaruhi oleh faktor (*Buckling*) atau lenturan mendadak akibat ketidakstabilan, lenturan terjadi sebelum kekuatan batang sepenuhnya tercapai. Kapasitas kolom dipengaruhi oleh stabilitas kolom terhadap tekuk. Tekuk yang terjadi pada kolom yang tersusun dari pelat adalah tekuk keseluruhan dan tekuk total. (Salmon dan Johnson,1994).

2.6.1 Beban Tekuk

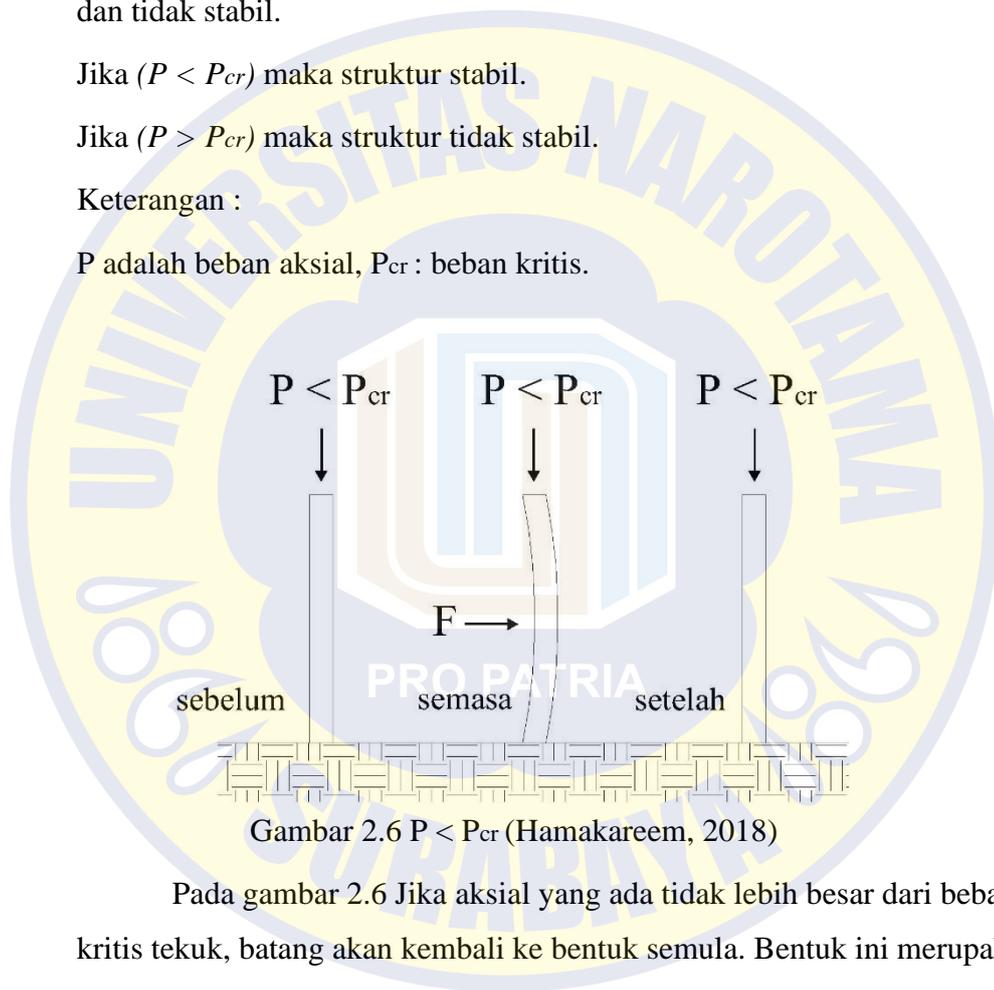
Analisis untuk kuat tekan batang secara matematis dilakukan pertama kali oleh Leonhard Euler , menyelidiki tekuk kolom langsing dan menentukan beban kritisnya. Beban kritis (P_{cr}) adalah harga beban aksial dimana kolom dapat mengalami defleksi lateral kecil tanpa adanya perubahan gaya aksial. Beban kritis menunjukkan batas antara kondisi stabil dan tidak stabil.

Jika ($P < P_{cr}$) maka struktur stabil.

Jika ($P > P_{cr}$) maka struktur tidak stabil.

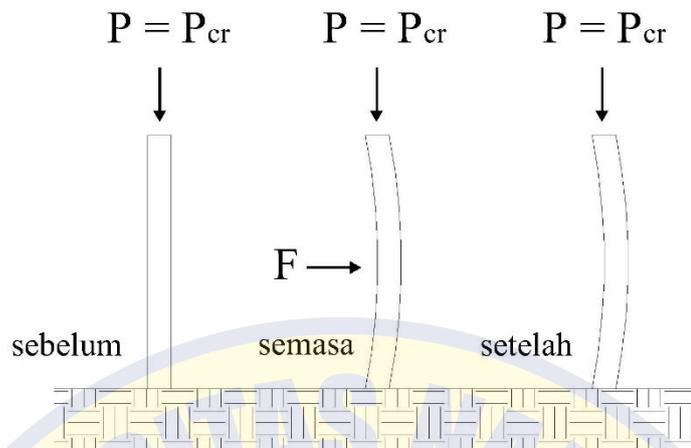
Keterangan :

P adalah beban aksial, P_{cr} : beban kritis.



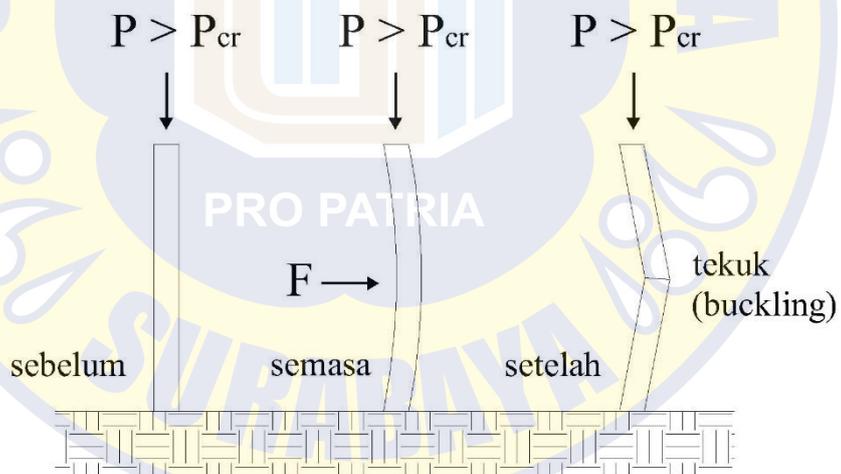
Gambar 2.6 $P < P_{cr}$ (Hamakareem, 2018)

Pada gambar 2.6 Jika aksial yang ada tidak lebih besar dari beban kritis tekuk, batang akan kembali ke bentuk semula. Bentuk ini merupakan kesetimbangan yang stabil.



Gambar 2.7 $P = P_{cr}$ (Hamakareem, 2018)

Gambar 2.7 Beban aksial yang bekerja pada batang sama dengan beban kritis tekuk batang itu sendiri, ini merupakan bentuk kesetimbangan yang netral.



Gambar 2.8 $P > P_{cr}$ (Hamakareem, 2018)

Gambar 2.8 memnunjukkan perilaku jika beban aksial yang membebani lebih besar dari beban kritis tekuk , satu kesetimbangan yang tidak stabil. Satu gangguan kecil akan menyebabkan deformasi berlebih sehingga menjadi patah.

Faktor yang mempengaruhi tekuk (*buckling*) pada suatu elemen, adalah sebagai berikut:

1. Panjang Kolom

Faktor yang menentukan besar atau potensi beban tekuk adalah semua yang berhubungan dengan karakteristik kekakuan elemen struktur, termasuk panjang kolom.

2. Kekakuan

Kekakuan elemen struktur sangat dipengaruhi oleh banyaknya material dan distribusi. Biasanya setiap bentuk elemen memiliki arah tekuk khusus. Distribusi material pada umumnya disebut dengan momen inersia (I).

3. Keadaan ujung elemen struktur

Ketika ujung kolom bebas berotasi, kemampuan kolom dalam memikul beban akan lebih kecil. Jika dibandingkan dengan kolom yang ujungnya dijepit akan menambah kekakuan dan juga meningkatkan kestabilan yang mencegah terjadinya tekuk (*buckling*).

Salah satu cara untuk meningkatkan kekakuan kolom ketika proses konstruksi adalah dengan menggunakan *bracing*.

Pada Kolom panjang atau langsing, kegagalan struktur yang terjadi disebabkan oleh beban yang lebih kecil dari pada beban yang menghancurkan material. Jadi tegangan yang terjadi pada saat gagal lebih kecil dari pada tegangan leleh material kolom tersebut.

2.6.2 Kolom Panjang

Dengan menggunakan metode sistem loncat lantai penambahan panjang kolom pada saat proses konstruksi berlangsung perlu adanya analisis dan perhitungan lebih lanjut, karena hadirnya beban tekuk.

1. Tekuk Euler

Beban tekuk kritis untuk kolom yang ujung – ujungnya sendi disebut sebagai beban tekuk euler, yang dinyatakan dalam rumus:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E.I}{(K.L)^2} \quad (2.3)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas (N/m²)

I = momen inersia (cm⁴)

L = panjang kolom (m)

Π = 3,14

K = Faktor panjang efektif (*effective length factor*)

Bila panjang kolom menjadi dua kali lipat, maka kapasitas pikul beban menjadi berkurang menjadi seperempatnya. Jika panjang kolom menjadi setengah dari panjang semula, kapasitas tekan beban akan meningkat menjadi 4 kali lipat. Beban tekuk kolom sangat berpengaruh dan sensitive terhadap perubahan panjang kolom.

1. Tegangan tekuk kritis (*critical buckling stress*)

Tegangan tekuk kritis (F_{cr}), yaitu dengan membagi rumus euler dengan luas penampang (A). Jadi persamaan:

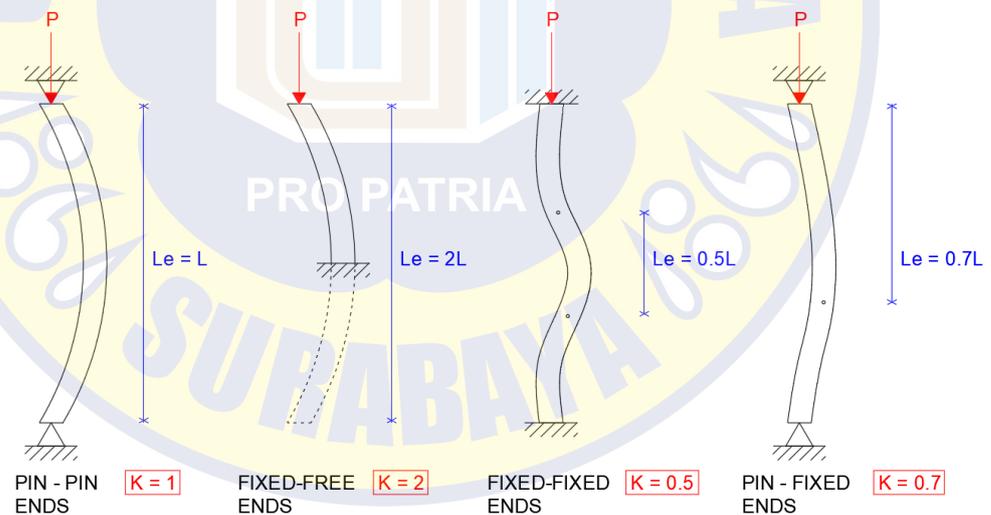
$$f_{cr} = \frac{P}{A} = \frac{\pi^2 E I}{A L^2} \text{ atau } \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (2.4)$$

Keterangan :

KL/r = rasio kelangsingan (*slenderness ratio*)

2. Perletakan ujung

Kolom dengan ujung sendi, titik ujungnya akan mudah berotasi tetapi tidak bertranslasi, Hal inilah yang menyebabkan kolom mengalami deformasi.



Gambar 2.9 *Effective Length Factor* (Hamakareem, 2018)

Jenis perletakan sendi – sendi K digunakan = 1

Jenis perletakan bebas – jepit K digunakan = 2

Jenis perletakan jepit – jepit K digunakan = 0.5

Jenis perletakan sendi – jepit K digunakan = 0.7

3. Bracing

Bracing merupakan pengekang yang dapat meningkatkan kekakuan dari elemen struktur, untuk mengurangi panjang kolom dan dapat juga meningkatkan kapasitas aksial tekan. Kolom yang diberi *bracing* di tengah bentang, maka panjang efektif kolom akan menjadi setengah dari panjangnya, dan kapasitas aksial tekan menjadi empat kali lipat dibandingkan dengan kolom tanpa *bracing*. Jika *bracing* dipasang pada $\frac{2}{3}$ dari bentang, tindakan tersebut tidak akan efektif dalam memperbesar kapasitas aksial tekan kolom.

4. Momen (M) dan eksentrisitas (e)

Kolom biasanya tidak hanya akan menerima aksial tekan, dan gaya lateral, Tetapi kolom juga menerima momen dan mengalami eksentrisitas. Untuk kolom pendek dapat menggunakan $M = P.e$. Untuk kolom panjang euler belum memperhitungkan adanya momen.

2.6.3 Kapasitas Kolom

Kolom adalah struktur vertical yang berguna untuk menyalurkan beban dari balok, kekuatan kolom dalam memikul beban balok dan struktur di atasnya disebut dengan kapasitas kolom, kolom dapat menahan beban axial dan momen tetapi biasanya beban momen pada kolom tidak terlalu besar karena kolom didesain untuk menahan beban axial, untuk menentukan apakah beban aman di terapkan pada kolom disebut dengan batas keamanan kapasitas kolom, untuk mendapatkan batas aman bisa di dapat dari persamaan:

$$\text{Perbandingan } P = \frac{P_u}{P_{cap}} \quad (2.5)$$

$$\text{Perbandingan } M = \frac{M_u}{M_{cap}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

P_u = Beban axial yang terjadi (kN)

P_{cap} = Kapasitas beban axial kolom (kN)

M_u = Momen yang terjadi (kN)

M_{cap} = Kapasitas beban momen kolom (kN)

Dengan menggunakan persamaan di atas kita dapat menemukan nilai yang didapat nilai < 1 berarti aman, nilai > 1 menunjukkan jika Beban ultimate tidak bisa di tahan oleh kolom.

2.7 Gaya Geser dan Momen Lentur Balok

Gaya atau beban yang bekerja pada balok terdapat 2 jenis klasifikasi, beban yang bekerja pada titik tertentu dan terkonsentrasi disebut dengan beban terpusat, sedangkan beban yang terbagi rata atau terdistribusi dengan rata disebut dengan beban merata. Dari 2 jenis beban yang bekerja pada balok akan menimbulkan adanya Momen. Semakin besar beban terpusat atau merata yang diterima potensi terjadinya momen juga semakin besar.

Beban yang bekerja seperti beban terpusat maupun merata bisa disebut dengan beban lateral kolom. Beban lateral adalah beban atau gaya yang bekerja secara tegak lurus dengan bidang yang ditinjau yaitu balok. Akibat dari beban lateral yang bekerja pada balok yang mengakibatkan momen atau bisa disebut defleksi atau lendutan atau lentur, besarnya beban lateral yang bekerja pada balok juga menjadi tolak ukur utama untuk menentukan besaran gaya geser dan momen lentur yang diterima oleh balok. Pun gaya geser dan momen lentur juga dibutuhkan untuk menentukan besaran nilai tegangan, regangan, dan defleksi yang dialami oleh balok.

2.7.1 Kemampuan Beton Terhadap Gaya Geser (V_c)

Gaya geser yang dapat diterima balok atau kekuatan beton dalam menahan geser (V_c). V_c dihitung berdasar beberapa kondisi beban yang bekerja berdasar pada SNI 2847 : 2019, sebagai berikut:

1. Kombinasi Geser – Lentur

$$V_c = \left(\frac{1}{6}\sqrt{F_c'}\right) bw \cdot d \quad (2.7)$$

2. Kombinasi Geser – Aksial Tekan

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \left(\frac{\sqrt{F_c'}}{6}\right) bw \cdot d \quad (2.8)$$

3. Kombinasi Geser – Aksial Tarik

$$V_c = \left(1 + \frac{0,3Nu}{14Ag}\right) \left(\frac{\sqrt{F_c'}}{6}\right) bw \cdot d \quad (2.9)$$

Keterangan:

V_c = Kemampuan beton terhadap gaya geser (N)

V_u = Gaya geser Ultimate (N)

F_c' = Kuat tekan beton (Mpa)

N_u = Beban aksial (N)

A_g = Luas Kotor penampang (mm^2)

b_w = Lebar balok (mm)

d = Tinggi balok efektif (mm)

2.7.2 Gaya geser yang diterima tulangan geser (V_s)

Gaya geser yang telah diterima oleh balok (V_c) masih menyisakan gaya geser sisa yang nantinya akan diterima oleh tulangan geser berdasar SNI 2847 : 2019 sebagai berikut:

$$V_s = \left(\frac{V_u}{\Phi} \right) - V_c \quad (2.10)$$

atau

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} \quad (2.11)$$

Keterangan:

V_s = Kuat geser tulangan geser (N)

A_v = Luas tulangan geser (mm^2)

f_y = Kuat leleh tulangan / tegangan leleh

d = Tinggi efektif balok (mm)

s = Jarak tulangan geser / sengkang (mm)

Untuk menentukan A_v :

$$A_v = \frac{\left(\left(\frac{V_u}{\Phi}\right) - v_c\right) \cdot s}{F_y \cdot d} \quad (2.12)$$

2.7.3 Gaya Geser *Ultimate* (V_u)

Gaya geser maksimum yang dapat dipikul oleh balok adalah:

$$V_u \leq 0,625 \cdot (\sqrt{F_c'} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.13)$$

Setelah mengetahui Geser maksimum atau Geser *Ultimate* dibutuhkan adanya kontrol berupa $V_N > V_U$, sebagai berikut:

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.14)$$

2.7.4 Momen Lentur Balok

Momen yang terjadi pada balok tidak terlepas dari adanya beban lateral balok, baik beban terpusat maupun beban merata perhitungan momen yang terjadi pada balok berdasar pada SNI 2847 : 2019 sebagai berikut:

$$M_d = \frac{1}{8} Q_d \cdot L^2 \quad (2.15)$$

$$M_L = \frac{1}{8} Q_L \cdot L^2 \quad (2.16)$$

$$M_u = 1,2M_d + 1,6M_L \quad (2.17)$$

Keterangan:

M_U = Momen *Ultimate* (Kn.m)

M_d = Momen akibat beban mati (Momen *Dead*) (Kn.m)

M_L = Momen akibat beban hidup (Momen *Life*) (Kn.m)

M_N = Momen Nominal (Kn.m)

Φ = Faktor reduksi (0,8 untuk Lentur/*Bending*), (0,75 untuk geser/*shear*)

SNI 2847 : 2019 Tabel 21.2.2

Setelah mengetahui Momen Maksimum atau Momen *Ultimate* dibutuhkan adanya kontrol berupa $M_N > M_U$, sebagai berikut:

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} \quad (2.18)$$

2.8 Tingkat Produktivitas Pekerja

Produktivitas pekerja merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu proyek, perlu diperhatikan bahwa produktivitas pekerja berdampak pada kesesuaian perencanaan jadwal dengan progress di lapangan. Produktivitas pekerja tidak dapat didapat langsung tanpa adanya suatu analisis.

2.8.1 Klasifikasi Pekerja

Adanya klasifikasi pekerja adalah untuk mengelompokkan para pekerja (Tukang) dan pekerja (Kuli pembantu) dan kelompok lainnya. 4 (empat) kelompok pekerja, (Griffis dan Farr,2000).

1. Kelompok I merupakan pekerja yang memiliki kemampuan mekanis seperti tukang besi, listrik, pipa, dsb.
2. Kelompok II merupakan kelompok pekerja yang tidak memiliki kemampuan mekanis, seperti tukang kayu, cat, atap , dsb.

3. Kelompok III merupakan kelompok pekerja yang tidak memiliki keahlian khusus, mereka memiliki tugas seperti mengangkut material, membantu tukang kelompok I dan kelompok II.
4. Kelompok IV merupakan kelompok pekerja yang mendukung proses konstruksi secara tidak langsung, seperti supir truck, operator crane, operator alimak, dsb.

2.8.2 Faktor yang mempengaruhi Produktivitas Pekerja.

“Produktivitas pekerja merupakan variable yang dipengaruhi banyak faktor” (Sedarmayanti,2001). Produktivitas pekerja adalah suatu pendekatan interdisipliner untuk menentukan tujuan yang efektif, pembuatan rencana, untuk menggunakan sumber–sumber secara efisien, dan tetap menjaga kualitas. Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja:

2.8.2.1 Faktor Internal

1. Sikap Kerja

Sikap kerja merupakan kesediaan untuk bekerja bergiliran dapat menerima tambahan tugas, bekerja dalam suatu tim, juga ditunjukkan dengan tingkatan sikap yang positif, negative, dan netral.

2. Tingkat ketrampilan

Pada aspek tertentu apabila pekerja memiliki ketrampilan yang baik, akan lebih mampu memaksimalkan fasilitas kerja dengan baik. Pekerja akan lebih terampil jika memiliki *ability* dan *experience* lebih.

3. Hubungan antara bawahan dan atasan

Hubungan bawahan dan atasan selalu melibatkan upaya seseorang, untuk mempengaruhi perilaku seseorang dalam suatu situasi guna meningkatkan produktifitas kerja (Manullang,2001).

4. Efisiensi tenaga kerja

Perwujudan dari metode kerja adalah efisiensi pekerja, secara keseluruhan hasil suatu pekerjaan ditentukan oleh manusia tersebut, bagaimana cara mengolah dan memanajemen dengan baik.

2.8.2.2 Faktor Eksternal

1. Klien

Klien biasanya memiliki pengaruh negatif terhadap situasi pekerja di lapangan, dimana mereka memiliki pikiran yang bisa jadi kurang rasional terkait desain bangunan dan metode pekerjaan. Hal ini bisa menyebabkan produktivitas pekerja menurun dan berdampak negatif pada urutan pekerjaan.

2. Cuaca

Cuaca terik panas dapat menurunkan energi fisik para pekerja konstruksi. Pengaruh cuaca merupakan hambatan nomor 1 (satu) pada proses pembangunan konstruksi (Baldwin and Monthei, 1971).

3. Tingkat Ekonomi

Proyek konstruksi jika didukung dengan ekonomi yang baik berimbas secara langsung dengan meningkatnya produktivitas pekerja, seperti gaji pekerja, peralatan kerja, material, perlengkapan K3, dsb.

2.8.3 Produktivitas

Untuk menemukan Tingkat produktivitas para pekerja atau menemukan durasi setiap pekerjaan digunakan beberapa persamaan dalam menentukan durasi pekerjaan, beberapa faktor yang berpengaruh seperti volume pekerjaan, jumlah pekerja, dan koefisien pekerja.

$$Durasi = \frac{Vol.Pekerjaan}{\frac{1}{koef.} \cdot Jumlah\ pekerja} \quad (2.19)$$

Keterangan:

Volume pekerjaan = Total volume item pekerjaan

Koef = Koef. Pekerja Sesuai HSPK

Jml Pekerja = Jumlah tenaga pekerja

Tabel 2.2 Koefisien Pekerja

Tukang	Koefisien (OH)
Bekisting	0.33
Pembesian	0.007
Pengecoran	0.35

Sumber : HSPK Kota Surabaya, 2018

2.9 Cost Analysis

Analisis biaya merupakan faktor pertimbangan yang penting dalam sebuah proyek pembangunan, Perencanaan biaya suatu proyek adalah prakiraan anggaran atau *cost* dalam pengendalian suatu proyek. Anggaran proyek adalah jumlah biaya atau target yang diperlukan dalam pembiayaan material, alat, sub-con dan total pembiayaan dalam proyek.

2.9.1 Komponen Biaya Proyek

Komponen biaya proyek merupakan komponen apa saja yang mempengaruhi sebagian besar anggaran suatu proyek, beberapa komponen tersebut adalah:

1. Material dan Peralatan.
2. Upah Tenaga Kerja.
3. Biaya Administrasi.
4. Transport.
5. Fee dan keuntungan.