

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom

Kolom merupakan merupakan elemen struktur yang menahan gaya aksial dan momen lentur. Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (farme) structural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga ahirnya sampai ketanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga rumah total

Jika kolom pendek, sengkang persegi dibebani sampai runtuh, sebagian beton pembungkus akan gompal dan kecuali jika sengkang dipasang sangat berdekatan, tulangan longitudinal akan menekuk segera setelah sokongan dari lateralnya (beton pembungkusnya) hilang. Keruntuhan seperti ini seringkali terjadi tiba-tiba, dan lebih sering terjadi pada struktur yang menerima beban gempa.

Apabila beban kolom bertambah, maka retak akan banyak terjadi di bagian struktur kolom pada lokasi-lokasi tulangan sengkang. Dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton diluar sengkang akan lepas sehingga tulangan memanjangnya akan mulai kelihatan. Apabila bebanya terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan tekuk local pada tulangan memanjang pada panjag tak bertumpu sengkang atau spiral. Dapat dikatakan dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja beton hilang.

2.2 Jenis Kolom Berdasarkan Penguatannya

Menurut sumber lain pada buku struktur beton bertulang ada tiga jenis kolom bertulang yaitu:

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

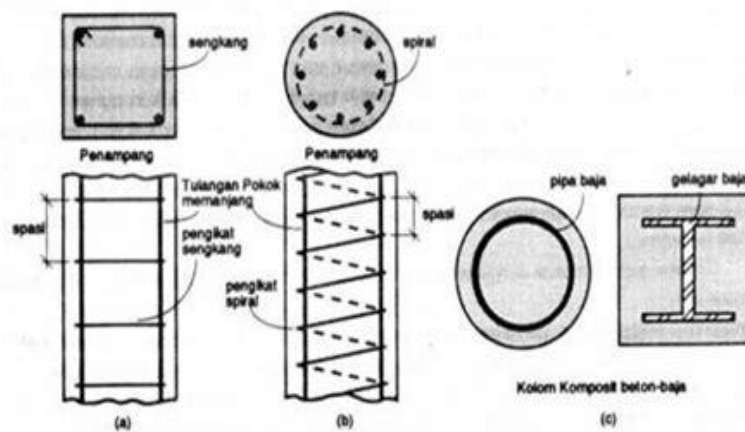
Jenis pada kolom ini adalah kolom beton yang memiliki besi tulangan pokok memanjang dan memiliki besi pengikat (sengkang) arah lateral sepanjang kolom dengan spasi tertentu.

2. Kolom menggunakan pengikat spiral

Kolom dengan pengikat spiral ini memiliki besi tulangan pokok memanjang yang dililitkan keliling membentuk heliks di sepanjang kolom. Fungsi dari pengikat spiral ini dapat memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup untuk besar saat kondisi bangunan sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah redistribusi momen dan tegangan pada seluruh struktur sebelum kondisi runtuh.

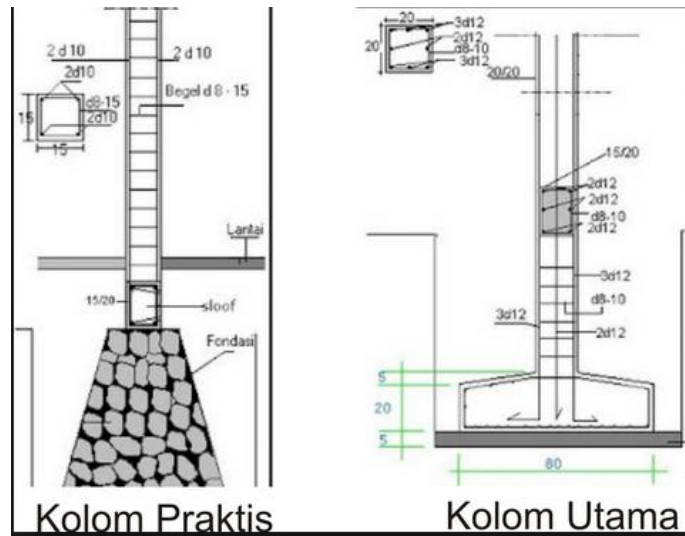
3. Struktur kolom komposit

Struktur kolom komposit merupakan komponen struktur tekan arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa atau tanpa diberi besi tulangan pokok memanjang.



Gambar 2:1. Jenis-jenis kolom

Selain dari macam pengikat kolom, pada bangunan gedung memiliki bentuk kolom yang berbeda. Bentuk kolom dibagi dua jenis yaitu: kolom utama dan kolom praktis.



Gambar 2.2 Kolom praktis dan Kolom Utama

1. Kolom utama

Kolom utama pada struktur bangunan gedung adalah kolom yang memiliki fungsi untuk menyanggah beban aksial utama dan diteruskan ke pondasi. Pada SNI/1847:2013 syarat kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari berbagai factor pada suatu bentang lantai atau atap dan momen maksimum dari beban factor pada satu bentang lantai atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau

2. Kolom praktis

Kolom praktis adalah kolom yang berada antara dinding untuk membantu fungsi kolom utama. Menurut SNI 03-2834-1992 kolom praktis tersebut dari beton bertulang berukuran 15cm x 15 cm dengan tulangan utama minimal \varnothing 12mm, sengkang \varnothing 8mm dengan jarak 10cm yang berfungsi sebagai pengaku dinding pasangan.

2.3 Perilaku Kolom

Kolom memikul beban aksial ultimit dan momen ultimit secara bersamaan. Akibat dari kondisi tersebut, kolom harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih beban yang diberikan. Sehingga, kolom harus direncanakan sesuai dengan beban dan momen yang diterima oleh kolom serta mengacu pada peraturan yang ada. Menurut Bustamy (2011) dalam penelitiannya mengenai kapasitas lentur dan daktilitas dalam menahan beban lateral pada berbagai bentuk

kolom mendapatkan bahwa kolom dengan sengkang lingkaran memiliki kinerja yang terbaik dalam menahan beban dan daktilitas dibandingkan dengan sengkang persegi. Krisnamurti (2013) juga mengatakan dalam penelitiannya mengenai pengaruh variasi bentuk penampang kolom terhadap perilaku elemen struktur akibat beban gempa mendapatkan bahwa kapasitas kolom lingkaran dalam menerima beban aksial lebih besar daripada kolom persegi panjang.

Pada kolom persegi, tulangan sengkang persegi memiliki spasi antar tulangan sebagai dukungan dari tulangan utama longitudinal. Saat kolom diberi beban sampai runtuh, beton diluar sengkang akan hancur terlebih dahulu. Kolom dengan sengkang persegi akan hancur secara tiba-tiba jika diberi beban sampai runtuh yang menjadikan tulangan longitudinal akan mengalami pembengkokan, kemudian tulangan sengkang akan bengkok keluar karena beton pada kolom mengalami ekspansi sampai kolom hancur.

Pada kolom bulat, tulangan sengkang berbentuk spiral menerus sebagai dukungan pada tulangan utama longitudinal. Saat kolom diberi beban aksial sampai runtuh, beton luar akan hancur terlebih dahulu. Penggunaan tulangan spiral pada kolom bulat mengakibatkan kolom hancur secara perlahan karena setelah beton luar hancur, kolom ini dapat ditahan tulangan spiral, yang selanjutnya kolom akan berdeformasi lebih lanjut sampai tulangan utama bengkok dan runtuh.

2.4. Sistem Perkuatan Concrete Jacketing

Konsep dasar ini adalah pembesaran dimensi dan penambahan tulangan pada elemen struktur untuk meningkatkan kinerja elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan menggunakan jacketing

Faktor pembebanan gempa pada struktur kolom persegi dan kolom bulat yang terjadi memiliki acuan dasar terhadap SNI 1726-2019 tentang “ Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung” meliputi gempa rencana. Factor keutamaan gempa, kategori resiko struktur bangunan dan kombinasi beban terfaktor. Masing-masing factor gempa jelaskan sebagai berikut:

1. Gempa rencana

Menurut SNI 1726:2019, gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung. Gempa rencana ditetapkan

dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar/1%.

2. Kategori resiko

Kategori resiko bangunan di klasifikasikan berdasarkan fungsi gedung dan non gedung untuk gempa pada **Tabel 1.1**. Pada penelitian tugas ahir ini, fungsi gedung pada struktur kolom persegi dan kolom bulat adalah sekolah dengan kategori resiko IV yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting tetapi tidak batasi.

Tipe Struktur	C ₁	X
Sistem rangka penahan momen penahan rangaka menahn 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari refleksi bila mana dikenai gaya gempa		
Rangka penahan momen baja	0,28 (0,0724) ^a	0,8
Rangka momen penahan beton	0,016 (0,0450) ^a	0,9
Rangka baja dibres secara eksentris	0,03 (0,073) ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,02 (0,0488) ^a	0,75

Tabel 1.1 Kategori resiko banguan gedung dan non gedung untuk gempa..

2.4.1.Persyaratan Peraturan Penulangan Kolom SNI 2847-2013

Menurut persyaratan peraturan penulnganan kolom SNI 2847-2013

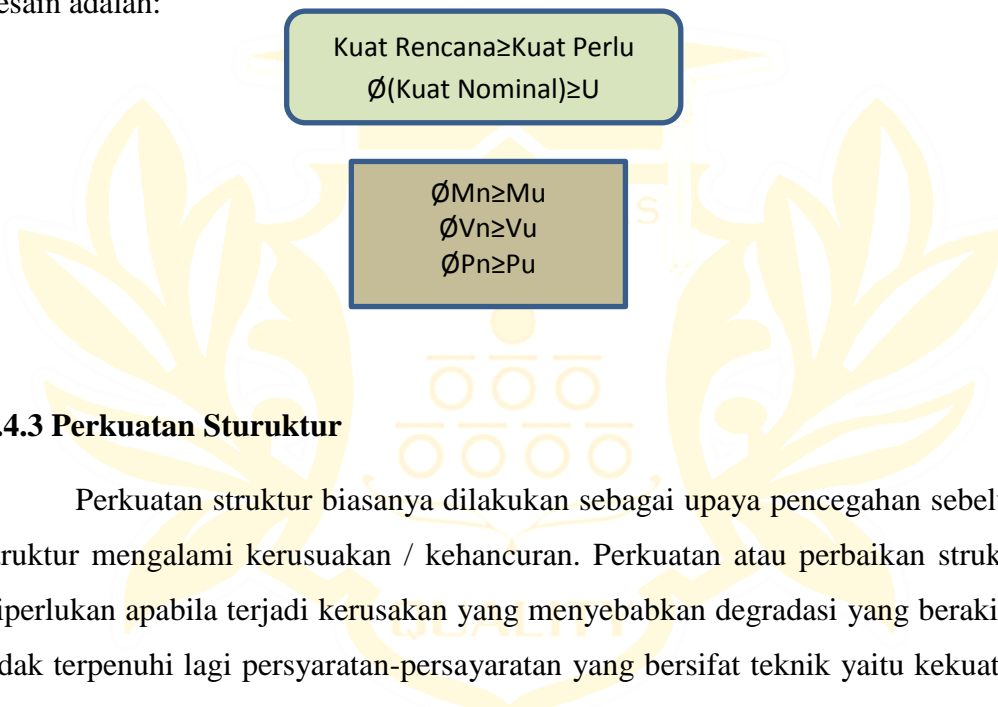
1. Pasal 9.3.2.2, memberikan batasan untuk factor reduksi kekuatan, ϕ yaitu sebesar 0.65 untuk sengkang persegi dan $\phi=0,75$ untuk sengkang spiral
2. Pasal 10,9,1, menyatakan bahwa persentase minimuntulangan memanjang adalah 1% denga nilai maksimum 8%, terhadap luas total penampang kolom.
3. Pasal 10,9,2, menyatakan bahwa minimal harus dipasang 4 buah tulangan memanjang untuk kolom dengan sengkang persegi atau lingkaran, minimal 3

buah untuk kolom berbentuk segitiga, dan minimal 4 buah untuk kolom dengan sengkang spiral.

4. Pasal 7.10.5.1, tulangan sengkang harus memiliki diameter minimum 10mm untuk mengingakat tulangan memanjang dengan diameter 32 mm harus diikat dengan sengkang berdiameter minimum 13 mm.

2.4.2 Standar Perencanaan

Peraturan desain struktur beton di Indonesia diatur dalam SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung, peraturan ini disusun mengacu pada peraturan ACI. Persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain adalah:



2.4.3 Perkuatan Sturuktur

Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kerusakan / kehancuran. Perkuatan atau perbaikan struktur diperlukan apabila terjadi kerusakan yang menyebabkan degradasi yang berakibat tidak terpenuhi lagi persyaratan-persyaratan yang bersifat teknik yaitu kekuatan, kekakuan dan daktilitas, kestabilan, serta ketahan terhadap kinerja tertentu. Umum dilakukannya perkuatan disebabkan oleh beberapa hal antara lain:

1. Kesalahan perencanaan
2. Kesalahan pelaksanaan
3. Perubahan fungsi yang berakibat penambahan beban.
4. Timbulnya keluhan terhadap kenyamanan struktur

2.5 Kolom Beton Dengan Perkuatan Jacketing

Konsep dasar metode ini adalah pembesaran dimensi kolom dan penambahan tulangan pada elelmen struktur untuk meningktkan kinerja elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan jacketing. Jacketing dari beton

telah terbukti sebagai solusi perkuatan yang efektif untuk meningkatkan kinerja seismic kolom.

Kolom beton yang diperkuat dengan concrete jacketing sudah banyak diterapkan dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung beton eksisting terhadap aksial. Tetapi belum ada pengamatan atau riset yang dilakukan untuk perkuatan kolom mutu rendah dengan concrete jacketing karena umumnya yang diberikan adalah melakukan peruntuhan atau penghancuran terhadap struktur eksisting yang mana keputusan tersebut bukan solusi yang diterapkan oleh pemilik bangunan.

2.6 Teori Dinamika Struktur

Pada persamaan diferensial structural melibatkan tiga property utama suatu struktur yaitu massa, kekakuan dan redaman. Ketiga property struktur ini umumnya disebut dinamika karakteristik struktur. Properti ini sangat spesifik yang tidak semuanya digunakan pada problem statik. Kekuan elemen struktur adalah satu-satunya karakteristik yang dipakai oleh problem statik, sedangkan yang lainnya yaitu massa dan redaman yang tidak dipakai.

2.6.1 Massa

Suatu struktur yang kontinu kemungkinann mempunyai banyak derajat kebebasan karena banyaknya massa yang mungkin dapat ditentukan. Banyaknya derajat kebebasan umumnya bersosiasi dengan jumlah massa tersebut yang akan menimbulkan kesulitan. Hal ini terjadi karena banyaknya persamaan diferensial yang ada. Terdapat dua pemodelan pokok yang umumnya dilakukan untuk mendeskripsikan masa struktur.

2.6.2 Model Lumped Mass

Model pertama adalah model dekskretisasi massa yaitu massa dianggap menggumpal pada tempat-tempat tertentu (lumped mass). Dalam hal ini gerakan /degree of freedom suatu joint sudah tentukan. Untuk titik nodal yang hanya mempunyai suatu derajat kebebasan /suatu translasi maka nantinya elemen atau struktur yang bersangkutan akan mempunyai matriks yang isinya hanya bagian diagonalnya saja. Clough dan Penzien (1993). Mengutamakan bagian off-digonal akan sama deangan nol karena gaya inersia hany abekerja pada tiap-tiap massa.

Selanjutnya juga dikatakan bahwa apabila terdapat gerakan rotasi massa (rotation degree of freedom), maka pada model lumped mass ini juga tidak ada rotation momen inersia. Hal ini karena pada model ini massa dianggap mengumpul pada suatu titik tidak berdimensi (mass moment of inersia dapat dihitung apabila titik tersebut mempunyai dimensi fisik). Dalam kondisi tersebut terdapat matriks massa dengan diagonal mass of moment inersia sama dengan nol.

Pada bangunan gedung bertingkat banyak, konsentrasi beban akan terpusat pada tiap-tiap lantai tingkat bangunan. Dengan demikian untuk setiap tingkat hanya ada satu tingkat massa yang mewakili tingkat yang bersangkutan. Karena hanya terdapat suatu derajat kebebasan yang terjadi pada setiap/massa tingkat, maka jumlah derajat kebebasan pada suatu bangunan bertingkat banyak akan ditunjukkan oleh banyaknya tingkat bangunan yang bersangkutan.

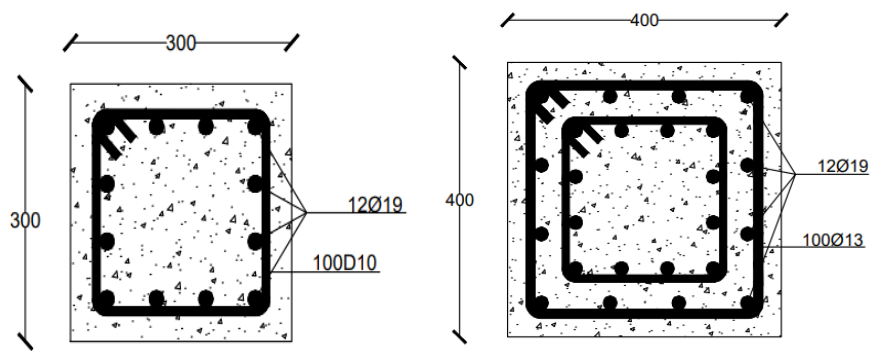
2.6.3 Kekakuan

Kekakuan adalah salah satu dinamik karakteristik struktur bangunan yang sangat penting disamping massa bangunan. Antara massa dengan kekakuan struktur mempunyai hubungan yang unik yang umumnya disebut karakteristik diri atau Eigen problem. Hubungan tersebut akan menentukan nilai frekuensi sudut dan periode getar struktur. Kedua nilai ini merupakan parameter yang sangat penting dan akan sangat berpengaruh pada respon dinamik struktur.

Pada prinsip bangunan geser (shear building) balok pada lantai tingkat dianggap tetap horizontal baik sebelum maupun sesudah terjadi pergoyangan. Adanya pelat lantai yang menyatu secara kaku dengan balok diharapkan dapat membantu kekakuan balok sehingga anggapan tersebut tidak terlalu kasar. Pada prinsip desain bangunan tahan gempa dikehendaki agar kolom lebih kuat dibandingkan dengan balok, namun demikian rasio tersebut tidak selalu linier dengan kekakuannya. Dengan prinsip shear building maka dimungkinkan pemakaian lumped mass model. Pada prinsip ini, kekakuan setiap kolom dapat dihitung berdasarkan rumus yang telah ada.

2.4.1. Concrete Jacketing

Concrete jacketing adalah salah satu metode untuk memperkuat ataupun meningkatkan kekuatan struktur. Metode ini dilakukan dengan cara memperbesar dimensi elemen struktur sebelumnya dan diperkuat dengan tulangan kemudian diselimuti dengan beton tambahan.



Kolom eksisting

Kolom Jacketing

Gambar 2.3. Penampang Kolom Dengan Perkuatan *Concrete Jacketing*

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Sulendra, 2000) adalah dengan metode *concrete jacketing* dan menambahkan tulangan lentur pada balok yang mengalami kerusakan lentur. Penambahan tulangan longitudinal dan tulangan transversal disesuaikan dengan perhitungan gaya akibat gempa. Menurut hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan pada kapasitas beban lateral, kekuatan, kekakuan, daktilitas.

Perbaikan menggunakan *concrete jacketing* mempunyai keunggulan dan kelemahan, yaitu sebagai berikut.

1. Keunggulan menggunakan *concrete jacketing*

1. Daktilitas dan kekuatan struktur meningkat.
2. Meningkatkan stabilitas dan kekakuan struktur.
3. Biaya perbaikan lebih ekonomis dibandingkan dengan metode lain.

2. Kelemahan menggunakan *concrete jacketing*

- a. Adanya penambahan dimensi kolom sehingga mengurangi ruang
- b. kosong yang ada.
- c. Penempatan *concrete jacketing* yang tidak baik dapat menyebabkan
- d. kekakuan yang tidak merata.
- e. Dibandingkan dengan metode perkuatan yang lain kemampuan
- f. kapasitas dari metode *concrete jacketing* lebih rendah.

2.4.2. Desain Concrete Jacketing

Desain Concrete Jacketing Berdasarkan IS 15988 2013 IS 15988 2013 merupakan pedoman dalam evaluasi dan perkuatan struktur beton bertulang

eksisting yang dikeluarkan oleh Bureau of Indian Standards. Pada perkuatan struktur beton pada kolom, metode yang digunakan adalah concrete jacketing. Desain perkuatan dengan concrete jacketing terdiri dari perencanaan dimensi jaketing beton beserta tulangan longitudinal dan pengikat atau sengkang.

Desain jaketing beton kolom dan tulangan longitudinal pembungkus Perhitungan desain jaket beton kolom dan tulangan longitudinal pada intinya adalah merencanakan ketebalan dimensi jaket dan besaran tulangan yang dipasang berdasarkan pada beban aksial P dan momen M yang ditanggung kolom. Langkah-langkah dalam desain perkuatan kolom dengan concrete jacketing sebagai berikut:

1. Menghitung beban aksial P dan momen M yang akan ditanggung oleh kolom.
2. Memperkirakan ukuran kolom dan tulangan untuk P dan M yang ditentukan sebelumnya.
3. Ukuran kolom dan jumlah tulangan kondisi eksisting dikurangkan untuk mendapat besaran beton dan tulangan jaket yang akan dipasang
4. Menentukan ukuran penampang kolom dan tulangan jaket yang akan dipasang.

Desain tulangan sengkang pembungkus Pengikat lateral atau sengkang dibutuhkan untuk menghindari kegagalan geser lentur pada kolom dan memberikan sifat mengikat pada tulangan longitudinal yang memadai. Desain pengikat lateral atau sengkang, dijabarkan sebagai berikut:

$$s = f_y \cdot d \cdot h \cdot 2 \sqrt{f_c' \cdot t_j} \quad (2.2)$$

Dengan: S = jarak antar sengkang (mm).

f_y = tegangan leleh baja (N/mm).

$F_c'k$ = kuat tekan beton karateristik (N/mm²)

t_j = ketebalan jaket (mm)

d_h = diameter tulangan longitudinal (mm)

Desain Concrete Jacketing Menurut dokumen CED 39 (7428) dalam jurnal Saruni, Dapas, dan Manalip pada tahun 2017. Agar perkuatan concrete jacketing ini dapat bekerja secara maksimal, maka ada beberapa spesifikasi minimum yang

harus dipenuhi. Menurut dokumen CED 39 (7428), spesifikasi minimum yang harus dipenuhi antara lain:

1. Mutu beton pembungkus yang harus lebih besar atau sama dari mutu beton eksisting.
2. Untuk kolom yang tulangan longitudinal tambahan tidak dibutuhkan, minimum harus diberikan tulangan 12 mm di keempat ujungnya dengan sengkang 8 mm.
3. Minimum tebal jacketing 100 mm.
4. Diameter tulangan sengkang minimum 8 mm tidak boleh kurang $\frac{1}{3}$ tulangan longitudinal.
5. Jarak maksimal tulangan sengkang pada daerah $\frac{1}{4}$ bentang adalah 100 mm dan jarak vertikal antar tulangan sengkang tidak boleh melebihi 100 mm.



Gambar: 2.4. Jarak Penulangan Kolom Jacketing

2.4.3 Kelebihan dan Kekurangan Perkuatan Concrete Jacketing

Metode concrete jacketing memiliki kelebihan dan kekurangan, adapun sebagai berikut:

1. Kelebihan metode concrete jacketing:
 - a. Mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser)
 - b. Mampu menambah kekakuan struktur.
 - c. Mampu meningkatkan stabilitas Struktur.
 - d. Biaya lebih ekonomis dibandingkan metode perkuatan lainnya.
2. Kekurangan metode concrete jacketing:
 - a. A Ukuran kolom setelah dipasang perkuatan akan menjadi lebih besar sehingga akan mengurangi ruang kosong yang ada.
 - b. B Jika penempatan concrete jacketing ini tidak diperhatikan dengan baik maka dapat menyebabkan kekakuan yang tidak merata.

2.4.4. Kolom Beton Dengan Perkuatan Jacketing

Konsep dasar metode ini adalah pembesaran dimensi kolom dan penambahan tulangan pada elemen struktur untuk meningkatkan kinerja elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan jacketing. Jacketing dari beton telah terbukti sebagai solusi perkuatan yang efektif untuk meningkatkan kinerja seismic kolom.

Kolom beton yang diperkuat dengan concrete jacketing sudah banyak diterapkan dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung beton eksisting terhadap aksial. Tetapi belum ada pengamatan atau riset yang dilakukan untuk perkuatan kolom mutu rendah dengan concrete jacketing karena umumnya yang diberikan adalah melakukan peruntuhan atau penghancuran terhadap struktur eksisting yang mana keputusan tersebut bukan solusi yang diterapkan oleh pemilik bangunan.

2.6. Defiinisi Kolom

Sudarmoko, (1996) mendefinisikan bahwa kolom adalah elemen struktur vertikal yang berfungsi sebagai pemikul beban dari balok. Lokasi kritis pada kolom

mengakibatkan keruntuhan (*collapse*) pada lantai bahkan pada seluruh struktur (*total collapse*), maka dari itu, dalam suatu bangunan diperlukan peranan kolom sebagai elemen struktur yang menahan beban tekan.

Definisi lain dari (Nawy, 1998), beban lentur dan tekan adalah beban yang akan diterima oleh kolom. Beban-beban tersebut akan diteruskan oleh kolom mulai dari elevasi atas sampai pada elevasi dibawahnya kemudian akan dilanjutkan ke tanah melalui pondasi.

2.6.1. Kapasitas Kolom

Beban sentris pada penampang hanya akan ditahan oleh kolom jika kolom mengalami beban aksial. Kapasitas kolom untuk beban tanpa eksentrisitas dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$P_o = 0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st} \quad (2.1)$$

dengan:

P_o : kuat beban aksial nominal tanpa eksentrisitas (N)

f_c' : kuat tekan beton (MPa)

f_y : kuat leleh baja (MPa)

A_g : luas penampang kolom (mm²)

A_{st} : luas penampang tulangan (mm²)

MacGregor, (1976) menjelaskan bahwa faktor reduksi berfungsi untuk mengantisipasi adanya kemungkinan jika penampang tidak memiliki kekuatan yang cukup (*under-strength*) akibat dari perbedaan dimensi dan kekuatan material. Dalam memperkirakan adanya kemungkinan tersebut, maka kuat nominal dikalikan sesuai dengan penulangan yang dipakai, yaitu penulangan spiral ataupun penulangan sengkang.

penulangan spiral:

$$\phi P_n = 0,85 \times P_o$$

penulangan sengkang:

$$\phi P_n = 0,80 \times P_o$$

dengan:

P_n : kuat beban aksial nominal dengan eksentrisitas tertentu (N)

ϕ : faktor reduksi

2.7. Diagram Interaksi/Diagram Pn-Mn

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, kolom didesain dengan ketentuan:

$$\phi Mn > Mu \text{ (2.4) dan } \phi Pn > Pu$$

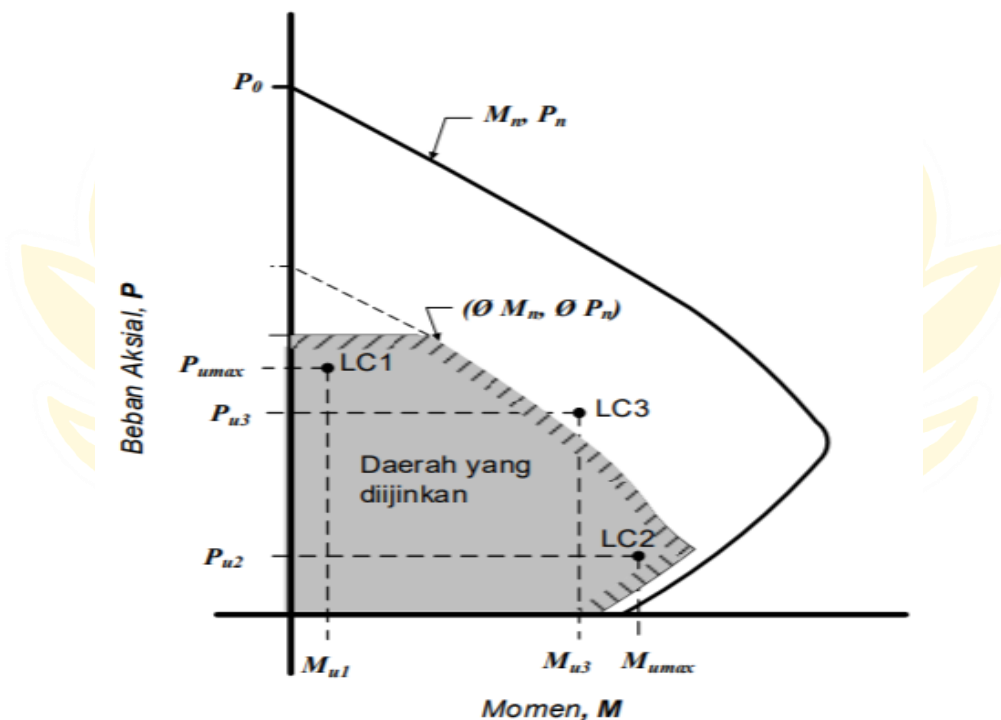
dimana:

ϕMn : kekuatan lentur rencana

Mu : momen lentur terfaktor

ϕPn : kekuatan aksial rencana

Pu : kuat aksial terfaktor



Gambar 2.5. Diagram Interaksi Kolom(*Sumber: SNI 2847-2019*)

Pada prinsipnya, kombinasi gaya aksial dan momen lentur harus dapat ditahan oleh penampang beton bertulang. Kemampuan penampang beton bertulang dapat dipresentasikan dalam bentuk kurva interaksi pada Gambar 2.1. Terdapat tiga kondisi dalam memperhitungkan analisis kolom dengan diagram interaksi, yaitu:

1. Pada Kondisi Eksentrisitas Kecil

Nilai kuat tekan rencana sama besarnya dengan kuat rencana maksimum.

$$\phi Pn = \phi Pn \text{ max} = \phi 0,80 \times Po$$

2. Pada Kondisi Momen Murni

Nilai kuat tekan sama dengan kuat aksial dikarenakan keruntuhan terjadi saat beton hancur. $P_n = P_u = 0$

3 . Pada Kondisi Seimbang/*Balance*

Tulangan tarik luluh dan beton mengalami batas regangan kemudian mulai hancur.

2.8. Metode Perkuatan Kolom Dengan Menggunakan Concrete Jacketing

Penambahan concrete jacketing ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan lentur , daktilitas , kekakuan dan kekuatan geser dari komponen struktur. Ketika jacketing ini dipasang , maka akan mengalami kombinasi fungsi atau perpaduan antara beton lama dan beton baru yang terjadi melalui ikatan antar materialnya. Metode perkuatan kolom dengan menggunakan concrete jacketing untuk perkuatan kolom inilah banyak perusahaan konstruksi mampu melakukan perkuatan kolom bangunan dengan menggunakan beton bertulang .

Perkuatan kolom dengan menggunakan metode concrete jacketing perlu dilakukan apabila:

- a. Beban yang diterima kolom meningkat, hal ini dimungkinkan akibat penamahan jumlah jumlah lantai/atau adanya kesalahan desain kolom dari awal pekerjaan sehingga kolom tak mampu menahan beban
- b. Kuat tekan beton atau persentase jumlah tulangan tipe tulangan tidak sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.
- c. Kecondongan/kemiringan dari kolom melebihi batas
- d. Ukuran dari jacketing dan jumlah serta diameter tulangan digunakan pada proses.

Dalam beberapa kasus, sebelum metode concrete jacketing ini dilaksanakan, untuk sementara kita harus mengurangi atau bahkan menghilangkan beban yang terjadi pada kolom yang akan mengalami jacketing. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- a. Memasang mechanical diantara lantai
- b. Memasang tiang penyangga tambahan (support) antar lantai

Metode concrete jacketing sendiri memiliki variasi penulangan yang beragam. Baik tulangan transversal maupun tulangan longitudinal. Hal ini tentu

tergantung kepada desain penulangan yang akan dipilih. Diantara teknik penulangan kolom dengan concrete jacketing ini yaitu: pemasangan sengkang di sekitar tulangan jacketing ini yaitu: pemasangan tulangan sengkang di sekitar tulangan jacketing, pemasangan sengkang dan dowel atau shear connector yang akan menghubungkan beton, lama dan baru, serta pemasangan sengkang dan tulangan bengkok yang di las ketulangan lama dan baru.

2.9. Desain Concrete Jacketing

Desain concrete jacketing berdasarkan IS 15988 2013 IS 15988 2013 merupakan pedoman dalam evaluasi dan perkuatan struktur kolom bertulang eksisting yang di keluarkan oleh Bureau of Indian Standar. Pada perkuatan struktur beton kolom, metode yang digunakan adalah concrete jacketing terdiri dari perencanaan dimensi jacketing beton beserta tulangan longitudinal dan pengikat atau sengkang

Desain jacketing beton kolom dan tulangan longitudinal pembungkusan perhitungannya desain jacketing kolom dan tulangan pada intinya adalah merencanakan ketebalan dimensi jacketing dan besaran tulangan yang dipasang berdasarkan pada beban aksial P dan momen M yang ditanggung kolom. Langkah-langkah dalam desain perkuatan kolom dengan concrete jacketing sebagai berikut:

Menghitung beban aksial P dan momen M yang akan ditanggung oleh kolom

1. Memperkirakan ukuran kolom dan tulangan untuk P dan M yang ditentukan sebelumnya
2. Ukuran kolom dan jumlah tulangan kondisi eksisting dikurangkan untuk mendapat besaran beton dan tulangan jacketing yang dipasangkan
3. Menentukan ukuran penampang kolom untuk tulangan jacketing yang akan dipasang
4. Desain tulangan sengkang pembungkus pengikat lateral atau sengkang dibutuhkan untuk menghindari kegagalan struktur