

ANALISIS SAMBUNGAN BALOK KOLOM BETON BERTULANG PADA DAERAH RAWAN GEMPA (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang)

Rita Anggraini

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Bung Hatta

rita.anggraini@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Kota Padang adalah ibu kota Provinsi Sumatera Barat, yang merupakan daerah rawan gempa. Dimana pada tahun 2009 mengalami gempa bumi yang mengakibatkan banyaknya bangunan yang hancur dan korban jiwa. Kerugian yang terjadi pada umumnya diakibatkan rusaknya bangunan, maka kerusakan-kerusakan bangunan yang terjadi akibat gempa tersebut perlu mendapatkan perhatian yang khusus. Pada umumnya kegagalan struktur banyak disebabkan pada sambungan balok-kolom yang diakibatkan lemahnya kemampuan menahan geser dan rendahnya daktilitas yang direncanakan. Sambungan balok - kolom merupakan bagian penting pada struktur bangunan gedung bertingkat. Oleh sebab itu, pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain sambungan balok kolom beton bertulang pada Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan Metode SNI 2847-2013.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan survey, pengumpulan data berupa data bangunan terhadap objek/gedung yang akan ditinjau dalam hal ini data perencanaan struktur. Setelah itu standar dan literatur beserta data gedung tinjauan terlengkapi maka langkah selanjutnya yaitu melakukan pemodelan, perhitungan dan analisis pada struktur tersebut. Kemudian dilakukan analisis dinamik 3 dimensi dengan software ETABS dimana modelnya diberikan beban-beban rencana yang sama, meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa. Dari hasil yang didapatkan gaya geser yang terdapat pada sambungan balok kolom lebih besar dari pada gaya geser balok dan kolom. Karena hal tersebut, maka diperlukan tulangan geser pada sambungan balok kolom tersebut. Dari gaya geser yang didapat dengan menggunakan SNI 2847:2013 untuk tinjauan *interior*, *roof interior*, *eksterior*, *roof eksterior*, *corner*, dan *roof corner* secara berurutan sebagai berikut : 1425.626 KN, 1227.889 KN, 715.640 KN, 715.875 KN, 957.627 KN, 716.010 KN. Gaya geser maksimum yang bekerja pada daerah hubungan balok kolom berada pada tipe joint *interior*.

Kata Kunci : *Sambungan Balok-Kolom, Gaya Geser, SNI 2847-2013*

1. PENDAHULUAN

Kota Padang adalah ibu kota Provinsi Sumatera Barat, yang merupakan daerah rawan gempa. Dimana Sumatera Barat pada tanggal 30 September 2009 terjadi Gempa Bumi dengan kekuatan 7,6 Skala Richter di lepas pantai Sumatera Barat. Gempa bumi tersebut mengakibatkan banyaknya bangunan hancur dan korban jiwa. Karena kerugian materi maupun jatuhnya korban jiwa yang terjadi akibat gempa pada umumnya diakibatkan rusaknya bangunan, maka kerusakan-kerusakan bangunan yang terjadi akibat gempa perlu mendapatkan perhatian yang khusus.

Kegagalan struktur umumnya banyak disebabkan pada sambungan balok-kolom yang diakibatkan adalah karena terjadi akibat lemahnya kemampuan menahan geser dan rendahnya daktilitas yang direncanakan. Sambungan balok - kolom merupakan bagian penting pada struktur bangunan gedung bertingkat.

Pada proses perencanaan struktur bangunan gedung haruslah dijamin bahwa sambungan balok kolom tidak mengalami kerusakan berat akibat beban yang besar. Kerusakan sambungan balok-kolom

biasanya disebabkan oleh berkurangnya kemampuan sambungan menahan gaya geser dan rendahnya daktilitas yang diakibatkan oleh kurangnya jumlah tulangan geser yang dipasang serta kurangnya kemampuan menahan beban lentur dan aksial.

Beberapa dekade terakhir, penelitian intensif dalam bidang rekayasa struktur telah memberikan pemahaman yang baik terhadap perilaku struktur khususnya perilaku struktur beton bertulang akibat beban lentur maupun geser. Pada saat yang sama, kemajuan teknologi komputer memberikan banyak kemudahan bagi perancang struktur untuk mendesain dan menganalisis berdasarkan peraturan yang baru lebih mudah dan lebih cepat yaitu metode elemen hingga (*finite element method*). Metode elemen hingga merupakan suatu metode numerik yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan penyelesaian berupa pendekatan. Maka itu diperlukan berbagai teknik untuk memperoleh nilai yang paling mendekati dengan nilai eksaknya. Dalam hal tersebut pada penelitian ini dilakukan studi analitis yaitu perangkat lunak (*software*) ETABS.

Guna mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman dan tahan terhadap bencana, terutama akibat gempa bumi, struktur harus didesain sedemikian rupa mematuhi kaidah atau aturan konstruksi yang sudah ada. Untuk peraturan dalam menganalisis pertemuan sambungan balok kolom meliputi: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI-2847-2013.

Oleh sebab itu, maka dilakukan penelitian ini tentang “Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang pada daerah rawan gempa, studi kasus di Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan Metode SNI 2847-2013”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sambungan Balok - Kolom

2.1.1 Umum

Sambungan balok-kolom didefinisikan sebagai bagian dari kolom dengan kedalaman balok terdalam terhadap kolom. Oleh karena itu, maka istilah sendi digunakan mengacu pada sambungan balok-kolom. Sambungan adalah gabungan antara kolom, balok, dan pelat yang berdekatan dengan sendi. Sebuah balok yang melintang merupakan salah satu *frame* ruang berada dalam sendi dengan arah yang tegak lurus dengan arah geser yang sedang diperhitungkan.

Berdasarkan konsep desain kapasitas, diharapkan sambungan berperilaku daktail terhadap beban yang besar, seperti gempa. Perilaku yang diharapkan dari sambungan balok kolom adalah daktail dengan respon inelastik pada saat mengalami beban gempa kuat.

Untuk mencapai kondisi struktur yang daktail, maka perlu dijaga kegagalan pada struktur beton agar tidak terjadi dengan mudah kegagalan geser dan kegagalan tekan yang bersifat getas. Kegagalan ini terjadi pada titik pertemuan antara balok dan kolom.

2.1.2 Jenis Sambungan Balok – Kolom

Sambungan struktural balok–kolom diklasifikasikan kedalam dua kategori berdasarkan pada kondisi pertemuan koneksi dan deformasi diantisipasi dari terhubung anggota *frame* ketika melawan beban lateral.

- a. Tipe 1 sambungan terdiri dari anggota *frame* yang dirancang untuk memenuhi persyaratan ACI318-02, tidak termasuk bagian tanpa signifikan inelastik deformasi. Tipe 1 adalah sambungan momen menolak dirancang pada dasar kekuatan sesuai standar ACI318-02
- b. Tipe 2 anggota *frame* dirancang untuk memiliki kekuatan berkelanjutan dibawah deformasi pembalikan ke kisaran inelastik. Persyaratan untuk koneksi tergantung pada anggota deformasi di sendi tersirat oleh desain kondisi beban. Tipe 2 adalah sambungan memiliki bagian yang diperlukan untuk mengusir energi melalui pembalikan deformasi ke inelastic jangkauan. Koneksi di saat menolak *frame* dirancang sesuai standar ACI 318-02.

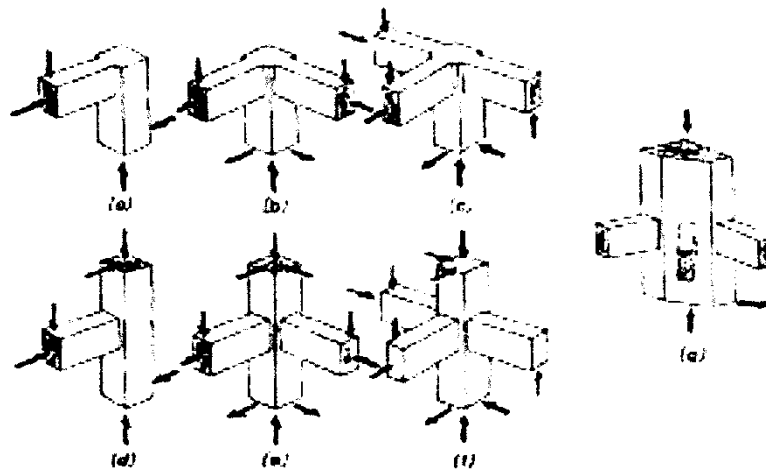
Berdasarkan model sambungan yang direncanakan dalam menahan beban mulai dari kondisi elastik hingga inelastik maka sambungan dibedakan:

- a. Sambungan kolom balok “*Elastik*” dan *Inelastik*”

Sambungan sedapat mungkin diusahakan dalam keadaan elastis. Sendi plastis balok diperkirakan terjadi pada muka balok apabila struktur dilanda gempa. Setelah beberapa kali terjadi siklus deformasi inelastic pada balok maka tidak dapat dihindarkan deformasi juga akan terjadi pada sambungan balok-kolom. Hal ini disebabkan karena adanya penetrasi regangan leleh pada baja tulangan balok yang melintas pada sambungan balok kolom khususnya apabila baja tulangan mencapai “perkuatan regangan” (*strain hardening*) pada sendi plastis yang berbatasan dengan muka kolom dan diklasifikasi sebagai sambungan balok kolom yang “*inelastis*”. Jika deformasi inelastis tidak terjadi pada balok dan kolom yang berbatasan dengan sambungan balok – kolom dan memiliki tulangan yang cukup maka diklasifikasikan sebagai sambungan balok-kolom yang “*elastis*”.

- b. Sambungan balok-kolom khusus

Pada sambungan balok-kolom ini dibutuhkan tulangan yang rapat, namun sering menimbulkan kesulitan dalam pelaksanaannya, terutama pada sambungan balok-kolom sebelah dalam (*interior*). Yang dilintasi oleh 3 jurusan tulangan serta penjangkaran pada sambungan portal tepi dan sambungan pada balok – kolom bagian pojok (*eksterior*). Pembesaran balok (*Voüte*) dalam arah horizontal pada sekeliling sambungan balok – kolom dengan penerusan sebagian balok pada portal tepi dari kolom balok bagian pojok dilakukan untuk mengatasi hal itu.



Gambar 1. Tipe Sambungan Balok

2.1.3 Jenis Keruntuhan Balok – Kolom

Suatu sambungan balok – kolom harus mampu menahan beban yang diberikan di bagian kritis. Bagian kritis dalam penyaluran beban adalah titik koneksi yang berada di sendi antar frame. Rekomendasi desain didasarkan pada asumsi bahwa bagian kritis yang berbatasan langsung dengan sendi. Pengecualian dibuat untuk geser bersama dan penguatan *anchorage*. Gambar 1 menunjukkan sendi sebagai badan dengan gaya yang bekerja pada bagian kritis. Gaya geser yang masuk kedalam sambungan balok kolom menjadi lebih besar akibat gaya gempa.

Besarnya gaya gempa ini menyebabkan keruntuhan pada sambungan balok – kolom. Ada dua macam keruntuhan pada sambungan yaitu:

- a. Keruntuhan yang berhubungan dengan keruntuhan geser

Gaya geser ini dapat menyebabkan keruntuhan diagonal tarik, jika di dalam sambungan balok – kolom tersebut tidak terdapat penulangan geser yang cukup. Keruntuhan ini dapat terjadi sebelum daktilitas di dalam sendi-sendi plastis pada balok struktur rangka terjadi.

- b. Keruntuhan ikatan (*Bond*)

Keruntuhan penjangkaran akibat penarikan tulangan pada sambungan balok – kolom luar dapat mengakibatkan keruntuhan total. Pada sambungan bagian dalam, slip tulangan yang lewat di sambungan balok ini mengakibatkan penurunan kekuatan yang cukup dratis dan berkurangnya kemampuan struktur rangka beton bertulang untuk memancarkan energi.

2.2 Perencanaan Penampang terhadap Geser

2.2.1 Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh beton

Kuat geser beton adalah kekuatan geser yang dapat ditahan oleh beton sampai batas timbulnya retak pertama kali. Berdasarkan SNI 2847:2013 ketentuan kekuatan tegangan geser beton (V_c) untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur, yaitu:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'bw.d} \text{ (Mpa)}$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton (Mpa)

b_w = Lebar balok

d = Tinggi efektif balok

2.2.2 Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh tulangan

Dalam perencanaan kuat geser maka berlaku persamaan berikut:

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

V_n = Gaya geser terfaktor penampang yang ditinjau

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

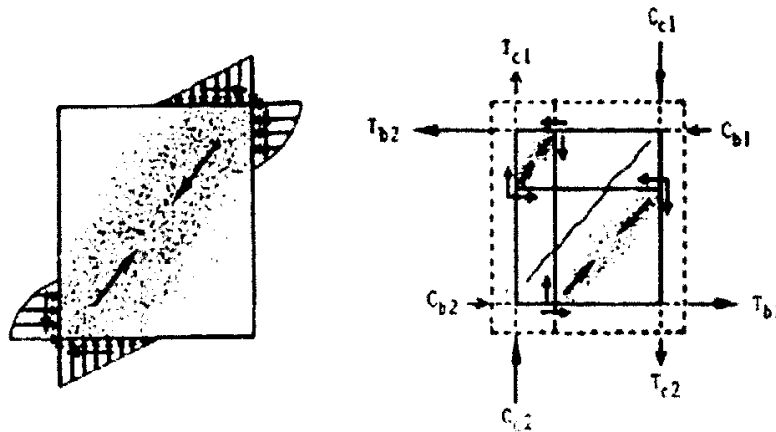
V_s = Kuat geser yang disumbangkan tulangan geser

2.2.3 Mekanisme Geser pada Sambungan Balok – Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013, dalam menentukan kuat geser harus dipenuhi:

- Dalam penentuan kuat geser V_n , pengaruh dari setiap bukaan pada komponen struktur harus diperhitungkan.
- Dalam penentuan kuat geser V_c , pengaruh tarik aksial yang disebabkan oleh rangkai dan susut pada komponen struktur yang dikekang deformasinya harus diperhitungkan. Pengaruh tekanan lentur miring pada komponen struktur yang tingginya bervariasi boleh diperhitungkan.

Mekanisme geser sambungan balok-kolom menurut pulay mengemukakan mekanisme perpindahan geser pada sambungan, ditentukan pada gambar 2, dimana dinamakan mekanisme penopang diagonal dan mekanisme penyangga.



(a) Mekanisme Diagonal Strut

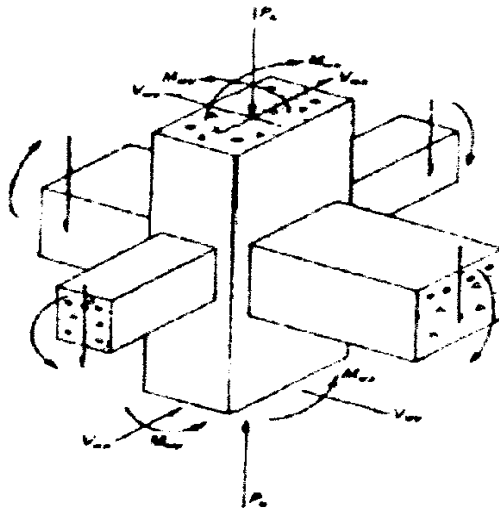
(b) Mekanisme Truss

Gambar 2. Mekanisme pergerakan geser

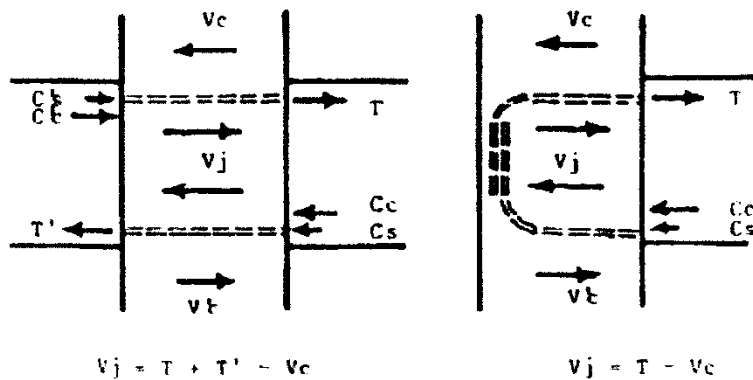
2.2.4 Kekuatan Geser pada Sambungan Balok – Kolom

Gaya geser dalam komponen struktur yang terbatas seperti balok dan kolom akan menghasilkan gaya geser *joint* dan berbagai tegangan baik arah horizontal ataupun vertikal yang dapat mengakibatkan retak diagonal pada panel pertemuan tersebut.

Sambungan balok-kolom perlu dirancang untuk semua jenis kekuatan yang bekerja, seperti beban aksial, lentur, torsi geser serta efek dari rangkakan, susut suhu atau penyelesaian pendukung lainnya. Dengan asumsi bahwa sambungan balok-kolom tersebut didesain dengan baik. Faktor kritis dari desain sambungan berupa penyebaran gaya – gaya yang diberikan pada bagian ujung, melalui sambungan. Pada gambar 3 memperlihatkan interior sambungan dengan rangka dalam yang berasal dari sisi kolom.



Gambar 3. Gaya - gaya pada Sambungan Balok – Kolom



Gambar 4. Gaya Geser pada Sambungan Balok - Kolom

Pada gambar 4 menjelaskan batas tertinggi kekuatan harus digunakan pada evaluasi gaya tarik, T dan T' pada tulangan. Gaya T' dan Cc menggambarkan arah negatif pada rangka balok di sambungan yang berasal dari sisi kanan, gaya T dan Cs menggambarkan arah positif pada rangka sambungan berasal dari sisi kiri, Gaya V_c (kolom) menggambarkan geser dari sambungan hanya bagian terluar sambungan yang diambil dari rata-rata kolom yang tertinggi dan terendah. Geser pada sambungan mungkin berpotensi karena retak geser yang diperlihatkan.

$$V_j = T + T' - V_c$$

$$V_u = f_y \cdot A_{st} + f_y \cdot A_{st} - V_c$$

Dimana:

V_j = kapasitas sambungan balok kolom (N)

F_y = Kuat leleh yang disyaratkan (Mpa)

$A_{st} \cdot A_{sb}$ = Luas tulangan tarik (mm²)

V_c = gaya geser terfaktor kolom (N)

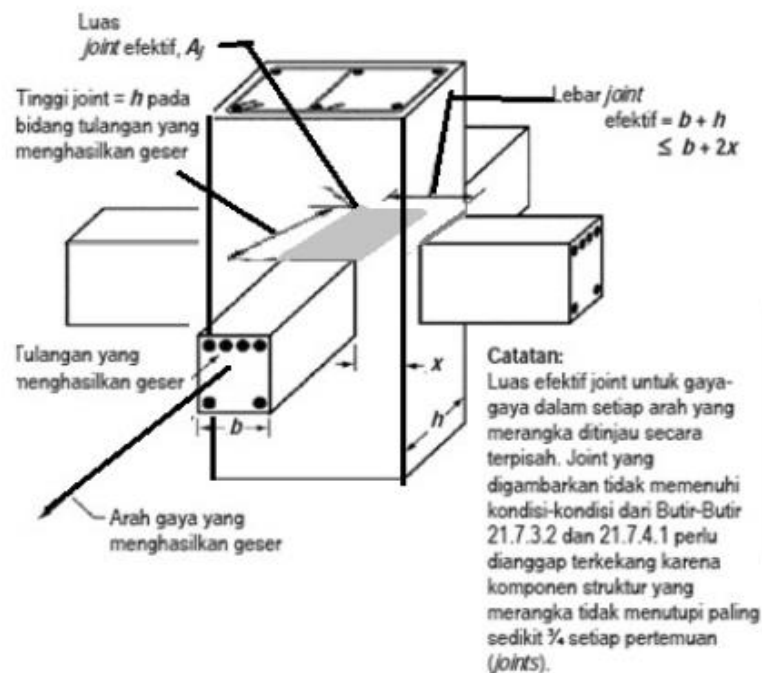
Adapun jenis-jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Keruntuhan Tarik (*Under Reinforced*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil (jumlah tulangannya sedikit), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat *ductile*.
2. Keruntuhan Tekan (*Over Reinforced*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar (jumlah tulangannya banyak), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat getas.

Keruntuhan Seimbang (*balance*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang, sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan. Baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0.003, Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat getas.

2.3 Peraturan Sambungan Balok Kolom dengan Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013

Berdasarkan SNI 2847:2013 memberikan suatu penyelasan bahwa gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka-muka joint dan bahwa komponen struktur dibebanin dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang batangnya. Adapun ilustrasinya sebagai berikut:



Gambar 5. Ilustrasi sambungan balok kolom SNI 2847-2013

Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok-kolom, V_u , dihitung sebagai berikut:

Untuk joint interior

$$V_u = 1,25(A_s + A_s)fy - V_{kol}$$

Untuk joint eksterior (ambil nilai terbesar dari)

$$V_u = 1,25. A_s. fy - V_{kol}$$

$$V_u = 1,25. A_s. fy' - V_{kol}$$

Gaya geser pada kolom, V_{kolom} , dapat dihitung berdasarkan nilai M_{pr-} dan M_{pr+} dibagi dengan setengah tinggi kolom atas (h_1) ditambah setengah tinggi kolom bawah (h_2). Jika dituliskan dalam bentuk persamaan adalah :

$$V_{kol} = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}}$$

Menghitung Tegangan Geser Nominal dalam joint

$$v_n = \frac{V_u}{b_j. hc}$$

dengan:

v_n = Tegangan geser nominal joint

V_u = Gaya geser terfaktor

b_j = Lebar efektif hubungan balok kolom

hc = Tinggi efektif kolom pada hubungan balok kolom

Lebar efektif dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$b_j = b + h_j$$

$$b_j \leq b + 2x$$

dengan:

b_j = Lebar efektif hubungan balok kolom

h_j = Tinggi joint

b = Lebar Balok

x = selisih antara sisi terluar balok ke sisi terluar kolom

Nilai gaya geser V_n tidak boleh lebih besar dari persyaratan berikut ini:

1. Untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya maka

$$1,7\sqrt{f'c' A_j (Mpa)}$$

2. Untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan maka :

$$1,25\sqrt{f'c' A_j (Mpa)}$$

3. Untuk hubungan lainnya maka

$$1\sqrt{f'c' A_j (Mpa)}$$

Menghitung tegangan geser yang dipikul oleh beton (v_c)

$$v_c = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\left(\frac{N_{n,k}}{A_g} \right) - 0,1 f'c' \right)}$$

dengan:

v_c = Tegangan geser yang dipikul beton

$N_{n,k}$ = Gaya aksial kolom

A_g = Luas Penampang kolom

$f'c'$ = kuat tekan beton

Tulangan transversal pada hubungan balok-kolom diperlukan untuk memberikan kekangan yang cukup pada beton, sehingga mampu menunjukkan perilaku yang duktail dan tetap dapat memikul beban vertikal akibat gravitasi meskipun telah terjadi pengelupasan pada selimut betonnya.

Merencanakan penulangan geser:

Bila $V_n \leq V_c$ digunakan tulangan geser minimum

Bila $V_n > V_c$ perlu tulangan geser

Luas total tulangan transversal tertutup persegi tidak boleh kurang dari pada:

$$A_{sh} = 0,09 \frac{S b c f'c'}{f_y t}$$

$$A_{sh} = 0,03 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{S b c f'c'}{f_y}$$

dengan:

A_{sh} = luas tulangan transversal yang disyaratkan

- bc = lebar inti kolom yang diukur dari as tulangan longitudinal kolom
 A_g = luas penampang kolom
 A_{ch} = luas inti penampang kolom
 f_c' = Kuat tekan beton
 f_y = kuat leleh tulangan baja
 s = jarak antar tulangan transversal

Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4. disyaratkan bahwa tulangan transversal diletakkan dengan spasi tidak lebih dari: (1) 0,25 kali dimensi terkecil struktur, (2) 6 kali diameter tulangan longitudinal, (3) sesuai persamaan:

$$S_x = 100 + \frac{350 - hx}{3}$$

dengan hx dapat diambil sebesar 1/3 kali dimensi inti kolom, disyaratkan bahwa nilai s_x tidak lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Panjang penyaluran batang tulangan pada beton normal tidak boleh kurang dari 8 db , 150 mm dan panjang dapat didekati dengan persamaan:

$$L_{dh} = \frac{f_y db}{5,4\sqrt{f_c'}}$$

dimana:

- l_{dh} = Panjang Penyaluran
 f_y = Tegangan leleh baja tulangan
 db = diameter tulangan
 f_c' = Kuat tekan beton

2.4 Pembebanan

Perhitungan besar beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban tetap dan beban sementara, dimana nilai bebannya ditentukan berdasarkan jenis dan fungsi bangunan yang akan dikerjakan.

2.4.1. Beban Mati

Merupakan berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala berat tambahan, dan peralatan atau mesin-mesin yang tidak dapat dipisahkan dari gedung tersebut atau bisa dikatakan beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia bangunan, seperti: berat dinding, balok, kolom, lantai, plafond dan sebagainya. Beban mati dari bangunan dapat dihitung secara akurat berdasarkan bentuk, ukuran dan jenis materialnya. Untuk beban mati diambil berdasarkan berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013.

2.4.2. Beban Hidup

Merupakan semua beban yang terjadi akibat pemakaian dari suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap. Contohnya : beban hunian, *furniture*, lalu lintas orang, lalu lintas kendaraan (pada jembatan).

Besarnya beban hidup yang bekerja pada struktur diambil berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013.

2.4.3. Beban Gempa

Merupakan semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa itu gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu sendiri.

Beban gempa disebabkan oleh terjadinya gempa bumi (tektonik atau vulkanik). Akibat gempa bumi terjadi percepatan tanah (*ground acceleration*) yang menimbulkan gaya inersia dengan arah horizontal. Besarnya beban gempa yang terjadi tergantung pada massa bangunan, tinggi bangunan, intensitas gerakan tanah, intersitas struktur terhadap tanah dan lain-lain.

2.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013 menjelaskan konsep kombinasi pembebanan antara lain:

1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $U = 1,2 D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $U = 1,2 D + 1,0E + L$
6. $U = 0,9 D + 1,0 W$
7. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Keterangan:

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

R = beban hujan

E = beban gempa

W = beban angin

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan tempat dilakukannya penelitian. Dalam hal ini, penelitian dilakukan di daerah Kota Padang, tepatnya pada bangunan Gedung Pasar Inpres Blok IV.

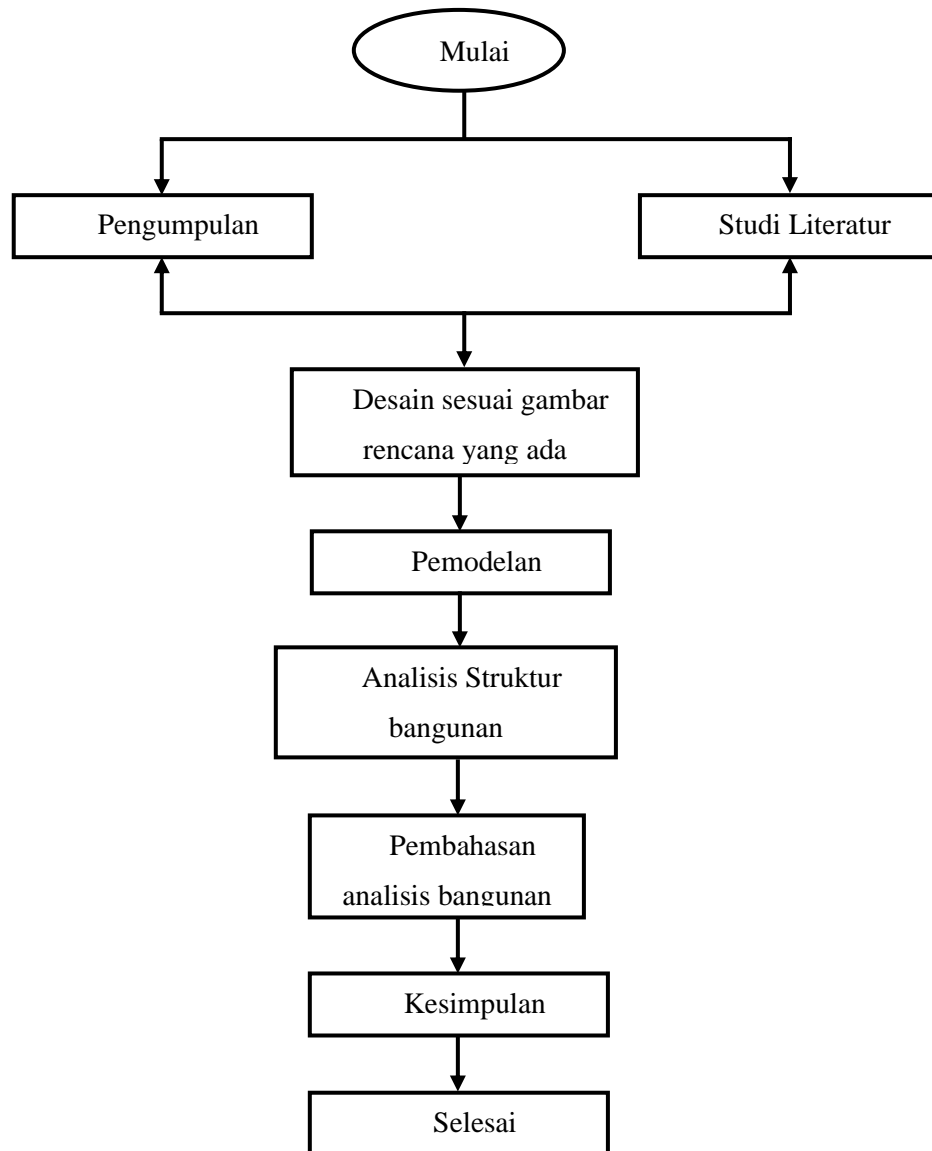
3.2 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini akan membahas mengenai tentang analisis sambungan balok – kolom pada Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang. Dimana tahap awal dari penelitian ini yaitu tinjauan pustaka, dimana penulis mencari dan memahami dasar-dasar teori yang berhubungan dengan topik pembahasan penelitian dalam bentuk artikel, buku, jurnal dan informasi yang berasal dari internet.

Untuk tahap analisis, khususnya terhadap suatu gedung/bangunan adalah melakukan pengumpulan data berupa data perencanaan terhadap objek/gedung yang akan ditinjau, dalam hal ini data perencanaan struktur adalah data yang diprioritaskan. Setelah standar dan literatur beserta data gedung tinjauan terlengkapi maka langkah selanjutnya yaitu melakukan pemodelan, perhitungan dan analisis pada struktur tersebut. Kemudian dilakukan analisis dinamik 3 dimensi dimana modelnya akan diberikan beban-beban rencana yang sama, meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku sambungan balok-kolom beton bertulang pada daerah rawan gempa yang diakibatkan oleh kuat geser.

Adapun langkah-langkah dalam menganalisis ini secara singkat dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.3 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Proses pengumpulan data dan informasi gedung Pasar Inpres Blok IV yang ditinjau, baik data primer maupun data sekunder. Data yang didapat adalah data gambar baik *shop drawing* maupun *as built drawing* dari gedung pasar inpres IV berupa gambar struktur seperti denah struktur, portal, dimensi penampang elemen struktur, detail pembesian dan mutu material yang digunakan, gambar arsitektur seperti denah, tampak, potongan dll sebagai penunjang dalam analisis perhitungan struktur. Data ini digunakan untuk pemodelan struktur 3D yang selanjutnya dianalisis dengan bantuan program ETABS. Studi literatur yang digunakan diambil dari peraturan atau standar-standar yang terkait yang ditetapkan di Indonesia (Standar Nasional Indonesia) seperti Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Persyaratan Beton Struktural

Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 2847:2013), dan jurnal yang terkait dengan penelitian ini.

3.4 Pemodelan Struktur Gedung

Dalam pemodelan ini struktur yang ditinjau adalah keseluruhan struktur gedung Pasar Inpres IV berlantai 4 (empat). Pemodelan akan dilakukan dengan program ETABS. Sistem struktur yang akan dimodelkan ke dalam ETABS adalah berupa rangka ruang (*space frame*).

Dalam analisis akan dimodelkan struktur portal 3 dimensi. Tahap ini diawali dengan pemasukan data-data existing yang telah disediakan pada tahap pertama yang berupa model struktur, dimensi elemen-elemen, mutu dan material yang digunakan, dan beban-beban yang telah dihitung secara manual ke dalam program ETABS. Pemodelan sama-sama dilakukan dengan sistem struktur rangka ruang (*space frame*) bentuk portal 3 dimensi dan pembebanan yang sama yang berlaku pada struktur. Namun demikian, proses pemasukan data-data material dan pembebanan ke dalam program ETABS tetap dilakukan secara manual.

Kombinasi pembebanan yang dimasukkan ke dalam program ETABS, dimana kombinasi maksimum akan menghasilkan gaya-gaya dalam dan reaksi tumpuan yang menentukan dalam analisis rasio perbandingan respon yang dihasilkan oleh struktur yang dianalisis.

3.5 Metode Perhitungan

Perhitungan dan analisis dilakukan secara bertahap, dimana tahap awal yang dilakukan yaitu menyediakan literatur/acuan yang terkait dengan pembahasan, melakukan pengumpulan data untuk perhitungan, lalu melakukan tahapan perhitungan berupa:

1. Pemodelan struktur;
2. Pemasukan data;
3. Analisis struktur; dan
4. Pembahasan output dari analisis struktur.

Pemodelan dilakukan dengan sistem struktur rangka ruang (*space frame*) bentuk portal 3 dimensi dengan program ETABS input data dari elemen struktur existing serta menginput pembebanan kedalam program ETABS secara manual.

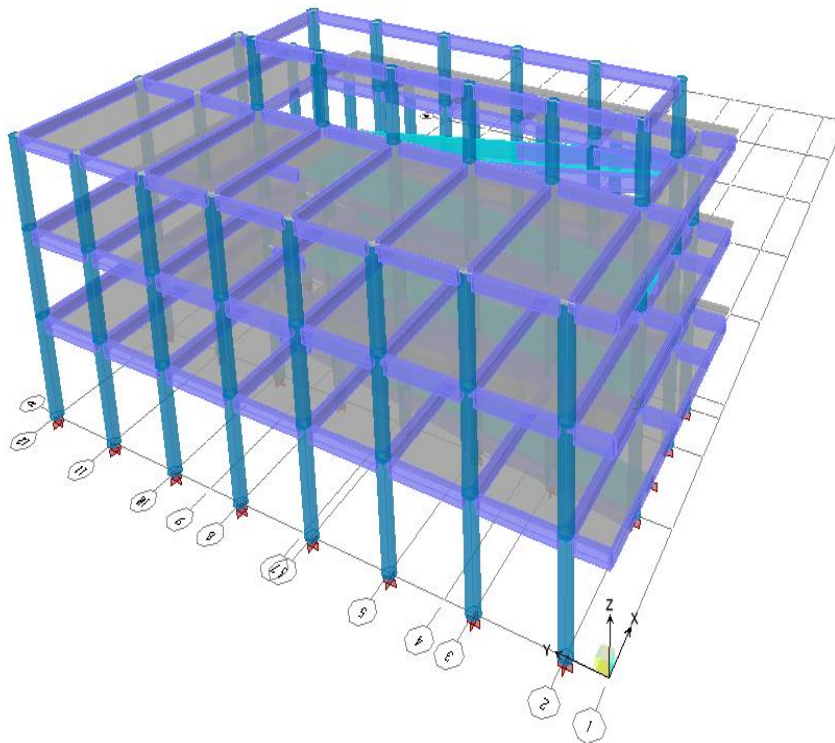
Setelah melakukan pemodelan struktur dan pemasukan data struktur yang ditinjau berdasarkan material dan spesifikasi yang digunakan, beserta pembebanan yang telah diinput, maka tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisis struktur (*run analisis*) untuk melakukan perhitungan dalam menentukan gaya-gaya dalam dan respon struktur yang terjadi. Perhitungan dilakukan berdasarkan standar masing-masing yang berkaitan seperti hitungan untuk pengaruh beban gempa didasarkan pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012). Berdasarkan hasil hitungan, analisis data dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penulisan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Struktur Bangunan dengan Program ETABS

Selesai pemodelan struktur dengan program komputer, hasil pemodelan tersebut harus diperiksa dan disesuaikan terlebih dahulu berdasarkan standar yang digunakan dalam analisis, agar pendekatan yang dilakukan dengan pemodelan lebih mendekati hasil yang akurat.

Adapun pemodelan struktur Gedung Pasar Inpres Blok IV, Kota Padang sebagai berikut:



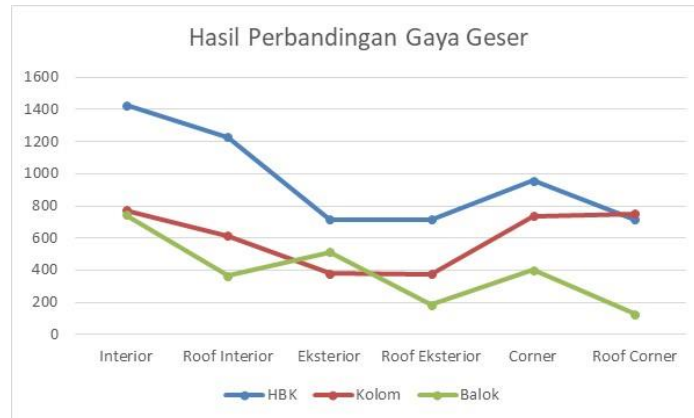
Gambar 7. Pemodelan Struktur Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang (*Capture : ETABS*)

4.2 Hasil Analisis Sambungan Balok kolom

Dari hasil perhitungan sambungan balok kolom pada Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perbandingan Gaya Geser

Gaya Geser (KN)	Tipe Pertemuan Sambungan Balok Kolom					
	Interior	Roof Interior	Eksterior	Roof Eksterior	Corner	Roof Corner
HBK	4801.633	1482.316	2401.389	720.436	2401.389	720.436
Kolom	724.375	584.953	361.614	361.551	723.229	723.103
Balok	742.957	364.892	514.079	185.265	399.640	125.562



Gambar 8. Grafik Perbandingan Gaya Geser

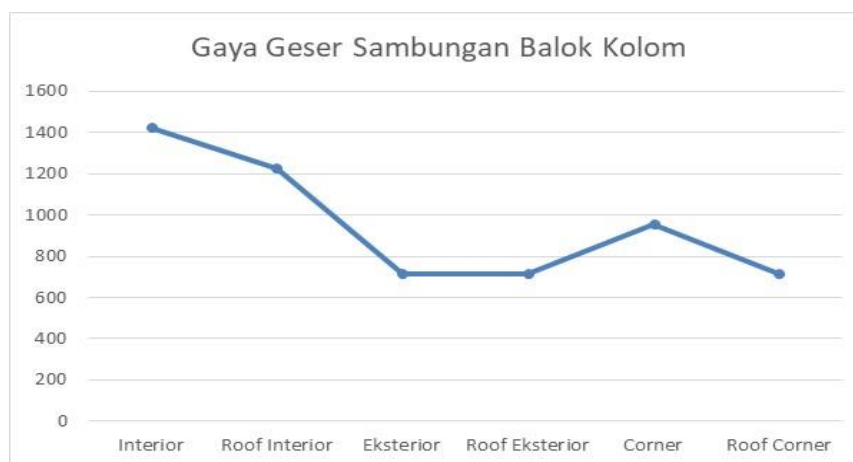
Dari hasil yang digambarkan dari grafik di atas didapat bahwa gaya geser dalam sambungan dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 lebih besar dari pada gaya geser yang ditimbulkan balok dan kolom. Oleh karena itu diperhatikan sambungan balok kolom agar tidak terjadi kegagalan struktur yang tidak diinginkan.

Adapun beberapa tipe menggunakan metode SNI 2847:2013 ini dapat disimpulkan pada pembahasan yaitu:

A. Gaya Geser pada Sambungan Balok – Kolom

Tabel 2. Gaya Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis
	SNI 2847:2013
Interior	1425.626
Roof Interior	1227.889
Eksterior	715.640
Roof Eksterior	715.875
Corner	957.627
Roof Corner	716.011



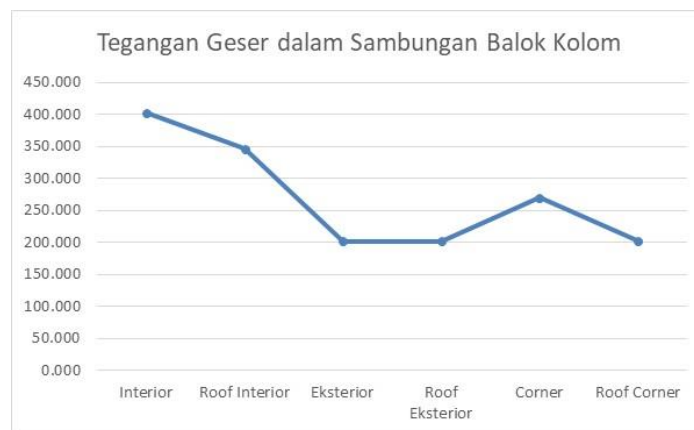
Gambar 9. Grafik Gaya Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Dari hasil yang didapatkan gaya geser dalam sambungan balok kolom eksterior lebih kecil dibandingkan roof corner.

B. Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Tabel 3. Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis	
	SNI 2847:2013	
Interior	402.456	N/mm ²
Roof Interior	346.635	N/mm ²
Eksterior	202.026	N/mm ²
Roof Eksterior	202.093	N/mm ²
Corner	270.340	N/mm ²
Roof Corner	202.131	N/mm ²



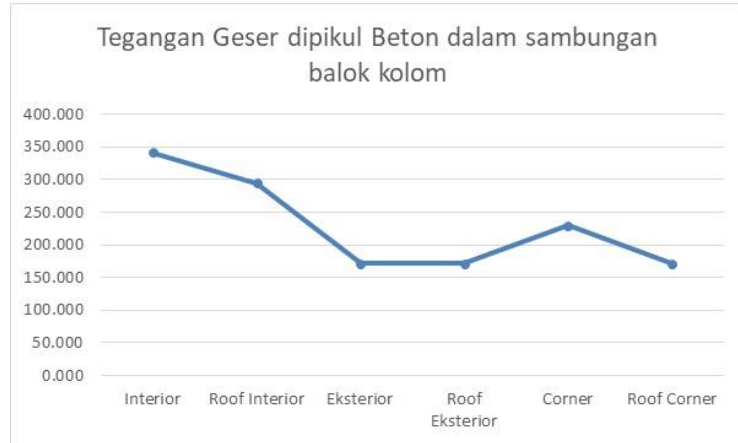
Gambar 10. Grafik Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Dari hasil diatas tegangan geser yang didaerah interior lebih besar dari pada yang lainnya.

C. Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom

Tabel 4. Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis	
	SNI 2847:2013	
Interior	342.088	N/mm ²
Roof Interior	294.640	N/mm ²
Eksterior	171.722	N/mm ²
Roof Eksterior	171.779	N/mm ²
Corner	229.789	N/mm ²
Roof Corner	171.811	N/mm ²

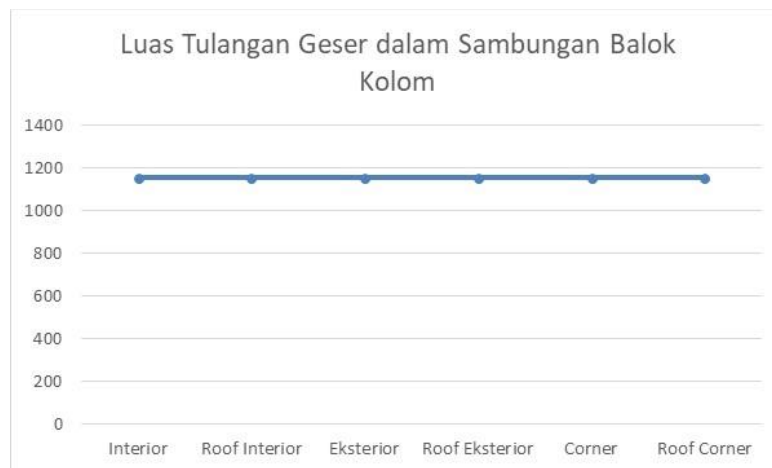


Gambar 11. Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom

D. Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

Tabel 5. Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis	
	SNI 2847:2013	
Interior	1155	mm ²
Roof Interior	1155	mm ²
Eksterior	1155	mm ²
Roof Eksterior	1155	mm ²
Corner	1155	mm ²
Roof Corner	1155	mm ²



Gambar 12. Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

E. Jarak Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

Dari hasil analisis yang diperoleh jarak tulangan dalam sambungan balok kolom dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 didapat 50 mm. Sedangkan di SNI 2847:2013 memberi syarat jarak tulangan tidak boleh kurang dari 25 mm dan tidak perlu lebih besar dari 75 mm. Data dari perencanaan yang didapat jarak tulangan tersebut 100 mm.

F. Panjang Penyaluran Tulangan Longitudinal Balok pada Sambungan Balok kolom

Dari hitungan yang didapat panjang penyaluran tulangan longitudinal balok pada sambungan balok kolom diperoleh 720 mm dengan menggunakan SNI 2847:2013 yang sebesar 265 mm. Hal ini dikarenakan factor pembagi dari persyaratan yang ada.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang "Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus: Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang)", dengan berpedoman pada SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 dapat di peroleh kesimpulan dan saran sebagai berikut:

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapat:

1. Gaya geser struktur balok dan struktur kolom lebih kecil daripada gaya geser pada elemen sambungan balok kolom. Oleh karena itu perlu adanya perhatian khusus pada sambungan balok kolom dengan diperhatikannya tulangan geser pada sambungan balok kolom tersebut.
2. Hasil analisis dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 nilainya lebih besar baik dengan dari gaya geser, tegangan geser dan panjang penyaluran.
3. Gaya geser maksimum yang bekerja pada daerah hubungan balok kolom berada pada tipe *joint interior*.

5.2 Saran

Sebaiknya dalam mendesain sambungan balok kolom menggunakan desain peraturan standar yang terbaru, karena dilihat dari hasil pembahasan penelitian dengan menggunakan peraturan terbaru nilainya lebih efisien. Dari analisis dilakukan diketahui desain bangunan yang dimodelkan tidak memperhitungkan jarak tulangan spiral pada daerah hubungan balok kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 352-02, 2002, *Recommendations for Design of Beam Column Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structures ACI 352-02*, American Concrete Institute, Amerika.
- Eddy Ristanto, Suyadi, Laksmi Irianti. 2015. Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung. JRSDD, Edisi September 2015, Vol. 3, No. 3, Hal:521 – 540 (ISSN:2303-0011).
- Rita Anggraini, Jafril Tanjung, Jati Sunaryati, Rendy Thamrin, Riza Aryanti, 2016, Studi Eksperimental Perilaku Geser Balok Pada Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang. Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Andalas Padang. Edisi Februari No. 1 Vol. 12 (ISSN 1858-2133 cetak, 2477-3484 online)
- SNI-1726, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI-2847, 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI-1727, 2013, Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, Departemen Pekerjaan Umum.