

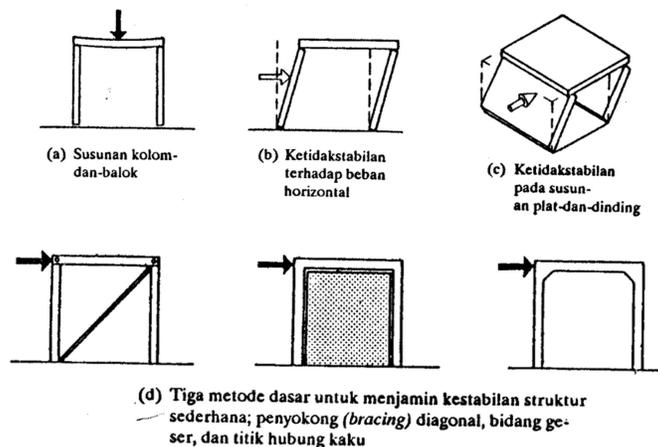
## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sebuah bangunan beton bertulang dengan banyak lantai sangat rawan runtuh jika tidak direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan struktur yang tepat dan cermat agar dapat memenuhi kriteria kekuatan, kenyamanan dan keamanan. (Kusuma G, 1993)

Struktur yang stabil yang dibebani akan menyebabkan deformasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan struktur yang tidak stabil. Hal ini dikarenakan struktur yang stabil mempunyai kekuatan dan kestabilan untuk menahan beban. Stabilitas merupakan suatu hal yang sulit dalam perencanaan struktur yang merupakan gabungan dari elemen-elemen. Untuk memperjelas tentang stabilitas struktur. (Schodek L., 1991)



Gambar 2. 1 Portal Struktur

Sumber : (Schodek L., 1991)

## **2.2 Perencanaan Struktur**

Perencanaan dasar dari struktur bangunan bertingkat menyesuaikan pada peraturan dan persyaratan dasar perencanaan :

1. SNI 03-2847-2002 tentang persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung.
2. SNI 03-1726-2002 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.(BSN, 1983)
3. SNI 1727:2013 tentang persyaratan untuk pembebanan bangunan (beban Mati dan Beban Hidup).(Nasional, 2013)
4. SNI 2847:2013 Tentang peraturan sambungan balok kolom(Badan Standardisasi Nasional, 2013)

## **2.3 Data Tanah**

Dalam merencanakan suatu bawah struktur diperlukan data analisa tanah yang diperoleh dari hasil pengujian tanah baik di lapangan ataupun di laboratorium. Namun, ada kalanya datanya tidak mencukupi dan tidak memungkinkan untuk dilakukan pengujian lebih lanjut, sehingga interpretasi dan korelasi pengujian melalui grafik yang ada akan sangat membantu. Grafik dan tabel korelasi pengujian masih sangat dibutuhkan.

## **2.4 Beban Struktur Bangunan**

Pembebanan pada struktur bangunan mengacu pada perencanaan beban yaitu persyaratan beton struktur gedung SNI 03-2847-2002, dan juga Perencanaan terhadap ketahanan gempa untuk struktur gedung dan SNI 1726-2002.

## 2.5 Beban Mati

Merencanakan suatu struktur, kita harus merencanakan beban mati yang di rencanakan pada bagian struktur kemudian selanjutnya di analisis. Ukuran dan berat beban pasti dapat diketahui sampai analisis struktur dan struktur telah ditentukan. Bobot, dari hasil perencanaannya harus dibandingkan dengan bobot yang diperkirakan. Pada analisa terdapat nilai perbedaan yang besar maka analisa harus di ulangi.

Tabel 2. 1 Beban hidup pada lantai gedung

No	Kompenen	Beban	Satua
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut	200	kg/m <sup>2</sup>
2	Lantai dan tangga rumah sedrhana dan gedung – gedung tidak penting yang bukan untuk took,pabrik	125	kg/m <sup>2</sup>
3	Lantai sekolah,ruang kulaih, kantor, took, toserba,	250	kg/m <sup>2</sup>
4	Lantai ruang olah raga	400	kg/m <sup>2</sup>
5	Lantai ruang dansa	500	kg/m <sup>2</sup>
6	Lantai dan balkon dalam dari ruang – ruang untuk pertemuan yang lain pada yang disebut dalam 1 – 5 seperti masjid, gereja, ruang pegelaran, ruang rapat,	400	kg/m <sup>2</sup>
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	kg/m <sup>2</sup>
8	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebut	300	kg/m <sup>2</sup>
9	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut	500	kg/m <sup>2</sup>
10	Lantai ruang perlengkapan dari yang disebut dalam 3,4,5,6 dan 7.	250	kg/m <sup>2</sup>
11	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip,took buku, took besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri,dengan minimum	400	kg/m <sup>2</sup>

12	Lantai gedung parker bertingkat : Untuk lantai bawah	800	kg/m <sup>2</sup>
13	Balkon – balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan	300	kg/m <sup>2</sup>

Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983(BSN, 1983)

## 2.6 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban besar dan lokasinya dapat berubah. Beban hidup meliputi beban orang, barang gudang, beban konstruksi, beban keran layanan gantung, beban peralatan kerja dan sebagainya. Secara umum, beban hidup dipengaruhi oleh gravitasi.

Tabel 2. 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan Komponen Gedung

No	Bahan bangunan	Beban	Satuan
1	Baja	7.850	kg/m <sup>3</sup>
2	Batu alam	2.600	kg/m <sup>3</sup>
3	Batu belah, batu bulat batu gunung (berat	1.500	kg/m <sup>3</sup>
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	kg/m <sup>3</sup>
5	Batu pecah	1.450	kg/m <sup>3</sup>
6	Besi tuang	7.250	kg/m <sup>3</sup>
7	Beton	2.200	kg/m <sup>3</sup>
8	Beton bertulang	2.400	kg/m <sup>3</sup>
9	Kayu (Kelas I)	1.000	kg/m <sup>3</sup>
10	Kerikil koral (kering udara smpai lembap tanpa	1.650	kg/m <sup>3</sup>
11	Pasangan bata merah	1.700	kg/m <sup>3</sup>
12	Pasangan batu belah,batu bulat,batu gunung	2.200	kg/m <sup>3</sup>
13	Pasangan batu cetak	2.200	kg/m <sup>3</sup>

14	Pasangan batu karang	1.450	kg/m <sup>3</sup>
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600	kg/m <sup>3</sup>
16	Pasir (jenuh air)	1.800	kg/m <sup>3</sup>
17	Pasir kerikil,koral (kering udara sampai lembap)	1.850	kg/m <sup>3</sup>
18	Tanah,lempung dan lanau (kering udara	1.700	kg/m <sup>3</sup>
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000	kg/m <sup>3</sup>
20	Tanah hitam	11.400	kg/m <sup>3</sup>

Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983(BSN, 1983)

## 2.7 Beban Gempa

Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur gedung tergantung pada beberapa faktor yaitu kualitas dan kekuatan struktur, waktu terjadinya gempa alami dan efek redaman struktur, kondisi tanah dan daerah gempa dimana gempa terjadi. . Strukturnya terletak. Bangunan itu didirikan. Kualitas struktur bangunan merupakan faktor yang sangat penting, karena beban gempa merupakan salah satu jenis gaya inersia, dan besarnya sangat tergantung pada kualitas struktur tersebut. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menentukan analisis seismik:

Tabel 2. 3 Faktor keutamaan gempa

Ketegori risiko	Factor kekuatan gempa Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI-1726-2012 Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung.

1. Menentukan kategori risiko struktur bangunan (I-IV)
2. Menentukan faktor keutamaan
3. Menentukan parameter gempa (Ss, S1)
4. Menentukan kelas situs (SA-SF)

5. Menentukan koefisien situs dan parameter respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget.
6. Menentukan spektrum respons desain
7. Menentukan kategori desain seismik (A-D)
8. Menentukan sistem dan parameter sistem ( $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_0$ ).

## 2.8 Kombinasi Beban

Menurut Pasal 4.1.1 SNI Gempa 03-1726-2002, struktur bangunan gedung dirancang untuk menahan beban statis, beban hidup, dan beban seismik. Periode pengulangan gempa yang direncanakan adalah 500 tahun, sehingga peluang terjadinya adalah dibatasi hingga 50 tahun. Batas usia adalah 10%. Kombinasi beban yang digunakan mengacu pada Pasal 11.2 SNI-03-2847-2002. Berikut ini adalah kombinasi dari persamaan (3-17) ke persamaan (3-23):

- a)  $1,4 D$  (3-17)
- b)  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$  (3-18)
- c)  $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$  (3-19)
- d)  $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$  (3-20)
- e)  $1,2 D + 1,0 E + L$  (3-21)
- f)  $0,9 D + 1,0 W$  (3-22)
- g)  $0,9 D + 1,0 E$  (3-23)

Keterangan:

DL : beban mati (dead load), meliputi berat sendiri gedung (self weight, SF) dan beban mati tambahan (superimposed dead load, D),

LL : beban hidup (live load), tergantung fungsi gedung,

$L_r$  : beban hidup yang boleh direduksi dengan factor pengali 0,5 kecuali untuk gedung yang berfungsi sebagai garasi, ruang pertemuan, dan ruangan yang beban hidupnya 500 kg/m<sup>2</sup>,

$E$  : beban gempa (earthquake load), ditinjau terhadap gempa static (EQx, EQy), dan gempa dinamik respons spectrum (RSPx,RSPy).

Kombinasi pembebanan yang dipilih adalah yang memberikan pengaruh paling besar pada struktur. Rincian kombinasi beban yang ditunjukkan pada Tabel 2.4. berikut :

Tabel 2. 4 Kombinasi beban

<b>NAMA KOMBINASI</b>	<b>KOMBINASI PEMBEBANAN</b>
Kombinasi 1	1,4 D + 1,4 SW
Kombinasi 2	1,2 D + 1,2 SW + 1,6 L
Kombinasi 3	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L + 1 EQx
Kombinasi 4	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L - 1 EQx
Kombinasi 5	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L + 1 EQy
Kombinasi 6	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L - 1 EQy
Kombinasi 7	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L + 1 RSPx
Kombinasi 8	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L - 1 RSPx
Kombinasi 9	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L + 1 RSPy
Kombinasi 10	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L - 1 RSPy
Kombinasi 11	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L + 1 THx
Kombinasi 12	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L - 1 THx
Kombinasi 13	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L + 1 THy
Kombinasi 14	1,2 D + 1,2 SW + 0,5 L - 1 THy

Sumber : SNI-03-2847-2002 Pasal 11.2

## 2.9 Finite Element Methode (FEM)

Menurut (Paggaru, 2014) Metode elemen hingga merupakan salah satu dari cara cara pendekatan numeric yang didasarkan atas proses diskritisasi sistem struktur dan mengambil asumsi perpindahan yang merupakan pendekatan kepada

perpindahan eksak (sebenarnya). Berdasarkan perpindahan pendekatan ini, dihitung gaya-gaya yang terjadi dalam struktur. Dengan menerapkan kriteria keseimbangan, diperoleh sistem persamaan yang mengkaitkan gaya luar dengan komponen perpindahan. Solusi sistem persamaan akan menghasilkan besar komponen perpindahan, yang pada gilirannya digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam. Dari akhir analisis, diperoleh perpindahan dan gaya-gaya dalam maupun reaksi perletakan secara lengkap.

### **2.10 Beton Bertulang**

Beton dalam konstruksi teknik didefinisikan sebagai batu buatan, yang dicetak menjadi cetakan dalam keadaan cair kental, dan kemudian dapat dikeraskan dengan benar. .Beton dibuat dari bahan agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, kerikil atau bahan lain yang sejenis, dicampur dengan bahan pengikat semen dan air secukupnya sebagai bahan pembantu reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan.

### **2.11 Baja Tulangan**

Berdasarkan ketentuan SNI T-15-1991-03 Pasal 3.5, baja tulangan berulir sebaiknya digunakan untuk tulangan tulangan beton struktural. Salah satu tujuan dari ketentuan ini adalah agar struktur beton bertulang memiliki keandalan terhadap pengaruh gempa, karena antara lain semakin baik daya rekat antara beton dengan tulangannya. Berbeda dengan PBI-71 yang menggunakan simbol U untuk merepresentasikan kualitas baja tulangan, SNI menggunakan simbol BJTP (baja tulangan polos) dan BJTD (baja tulangan berulir). Penguatan baja biasa yang tersedia berkisar dari kelas BJTP-24

hingga BJTP-30, simbol ini menyatakan tegangan leleh karakteristik materialnya.

- Baja Tulangan yang digunakan pada perencanaan adalah:
- Diameter  $\leq 12$  mm menggunakan baja tulangan polos BJTP 25 dengan tegangan leleh,  $f_y = 240$  MPa.
- Diameter  $\geq 13$  mm menggunakan baja tulangan ulir BJTD 40 dengan tegangan leleh,  $f_y = 400$  MPa.

## 2.12 Simpangan Bangunan

Ada dua jenis keruntuhan yang perlu dipertimbangkan. Dari kedua jenis ini, yang paling penting adalah terkait dengan kekuatan geser. Gaya geser yang diperoleh dari perencanaan kapasitas besar dapat mencapai 4 sampai 5 kali gaya kolom yang berdekatan. Jika tulangan geser pada sambungan tidak cukup, gaya ini akan menyebabkan diagonal tarik runtuh. Kegagalan ini dapat terjadi sebelum daktilitas sendi plastis balok rangka tercapai.

Keruntuhan berikutnya adalah runtuhnya ikatan. Pemeriksaan sederhana menunjukkan bahwa tegangan ikat pada batang baja yang melewati lapisan internal adalah 3 sampai 4 kali persyaratan hukum. Kegagalan jangkar karena penguatan pada sambungan eksternal dapat menyebabkan kegagalan total. Pada sambungan internal, terjadi selip batang baja melalui inti sambungan balok, yang akan menyebabkan penurunan tajam dalam kekakuan dan penurunan kemampuan struktur rangka beton bertulang untuk mentransfer energi.

### 2.13 Kuat Geser Sambungan

Kekuatan geser sambungan balok-kolom sangat bergantung pada interaksi kedua mekanisme ini. Pertama, beban tekuk tekan yang bekerja pada keempat komponen struktur yang berdekatan bersama-sama membentuk regangan diagonal sepanjang sambungan. Jika sendi plastis dibatasi pada balok yang berdekatan, dan tegangan geser nominal simpul tidak terlalu besar (biasanya), tegangan tekan diagonal pada inti simpul tidak akan terlalu besar dan masih dapat terjadi. Menolak.

Mekanisme kedua digunakan untuk mengkompensasi besarnya gaya pengekangan yang harus dipindahkan dari tulangan balok dan kolom ke beton pada inti simpul. Dapat dilihat di sini bahwa setelah retak miring muncul, "aliran geser" akan terjadi di sekitar penampang, membentuk zona tegangan miring. Jika ketahanan vertikal dan horizontal tepi inti jahitan dapat dijamin untuk bekerja, jahitan diagonal akan segera menahan tegangan tekan. Untuk itu diperlukan tulangan geser horizontal untuk menjamin tahanan horizontal pada tepi sambungan. Pada saat yang sama, tahanan vertikal pada sambungan dijamin oleh gaya tekan kolom. Pada node tanpa kompresi kolom yang signifikan, diperlukan tulangan geser vertikal.

Kegagalan mekanisme kedua akibat runtuhnya attachment tulangan utama hanya dapat menyebabkan mekanisme pertama bekerja. Akibatnya sambungan akan menjadi kendur (slack). Hasil penelitian yang dilakukan di Selandia Baru menunjukkan bahwa munculnya sendi plastis pada balok tepat di depan kolom dapat menyebabkan kegagalan mekanisme pertama. Hal ini

mengakibatkan perlunya tulangan geser horizontal yang lebih banyak pada sambungan.

#### **2.14 Hubungan Tegangan-Regangan**

Penting untuk memahami hubungan tegangan-regangan beton untuk mendapatkan persamaan untuk analisis dan desain struktur dan prosedur beton. Semakin tinggi mutu beton maka semakin tinggi pula kurva tegangan-regangan yang dihasilkan. Dalam SNI 03-2847-2002 Pasal 12.2.3, ditetapkan bahwa regangan maksimum yang dapat digunakan untuk menekan serat di luar beton harus sama dengan 0,003 sebagai batas keruntuhan. Pengekangan pada beton dapat meningkatkan kuat lentur karena adanya tulangan melintang (sanggurdi) yang dipasang sepanjang bentang. Hubungan tegangan-regangan beton bertulang digunakan untuk menganalisis daya dukung lentur, yang disederhanakan sebagai tegangan balok ekuivalen, dengan asumsi luas diagram tegangan beton sama dengan luas diagram tegangan balok. Dalam analisis ini, ditemukan bahwa pengekangan mempengaruhi bentuk dan ukuran kurva tegangan-regangan beton.

#### **2.15 SAP2000**

SAP2000 adalah program struktur komputer yang digunakan untuk membantu perencanaan bangunan bertingkat tinggi dengan struktur beton bertulang, baja dan komposit. Program komputer dikembangkan oleh CSI (Computer and Structures Inc.), sebuah perusahaan perangkat lunak perencanaan struktural.

## **2.16 ABAQUS CAE v6.14**

ABAQUS CAE v6.14 Ini adalah aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan dan analisis komponen dan rakitan mekanis (pra-pemrosesan) dan memvisualisasikan hasil analisis elemen hingga. Bagian dari Abaqus / CAE termasuk hanya modul pasca-pemrosesan yang dapat diluncurkan secara independen di produk Abaqus / *Viewer*.

## **2.17 Dasar Teori**

Untuk mendukung penelitian terhadap analisa struktur sambungan triple joint proyek Proyek Grand Dharma Husada Lagoon, maka diperlukan pengetahuan tentang beberapa dasar teori dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun materi – materi tentang teori dan peneilitian terdahulu yang perlu ditinjau adalah :

- a) Pengertian Analisa struktur.
- b) Pengertian Balok kolom
- c) Pertemuan sambungan balok kolom
- d) Momen retak
- e) Finite Element Method dan analisa

## **2.18 Pengertian Analisa Struktur**

Analisis struktur adalah proses menghitung dan menentukan pengaruh akibat beban yang bekerja pada struktur (gedung, jembatan, tiang atau benda lain) yang menimbulkan reaksi berupa gaya-gaya dalam pada struktur.(Gere.m.james, 2008)

Analisis struktur sangat penting untuk memastikan bagaimana alur, distribusi dan dampak beban terhadap struktur yang ditinjau. Selain itu beban yang mempengaruhi perilaku struktur adalah material yang digunakan dan geometri (sistem) struktur. Dengan melakukan analisis struktur dapat diketahui bagaimana struktur tersebut berperilaku dan tingkat keamanannya saat dikenai beban yang diharapkan dapat bekerja.

## **2.19 Balok dan Kolom**

### **1. Balok**

Balok beton merupakan bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan dalam membawa gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser.

Untuk menghitung daya dukung komponen balok lentur, karakteristik utama material beton yang kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan. Dengan memperkuat tulangan baja pada area dimana tegangan tarik bekerja maka akan diperoleh balok yang dapat menahan tekukan.

### **2. Kolom**

Kolom berdasarkan SNI 2847 2013 merupakan komponen struktur bangunan gedung yang tugas pokoknya menopang beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak disangga minimum tiga kali dimensi horizontal terkecil. Fungsi kolom adalah untuk menyalurkan beban seluruh bangunan kepondasi.

## **2.20 Pertemuan Sambungan Balok Kolom**

Pertemuan sambungan balok dan kolom tersebut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Penguatan balok pada satu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan pada saat yang sama tulangan atas

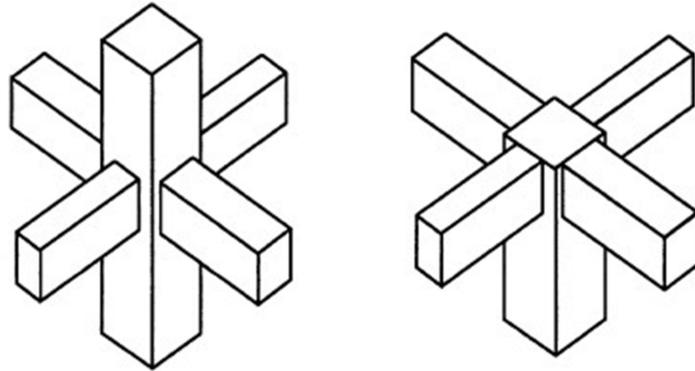
balok di sisi lain dikenakan tulangan tekan. Sementara itu, balok tulangan bawah dikenakan tegangan yang berlawanan.

Syarat-syarat penting bagi pertemuan balok dan kolom pada struktur beton bertulang antara lain:

1. Harus menunjukkan kualitas penampilan dari balok atau kolomnya
2. Mempunyai kekuatan yang minimal sama dengan kombinasi pembebanan paling berbahaya.
3. Kekuatannya tidak boleh mempengaruhi kekuatan struktur misalnya karena terjadinya degradasi kekuatan.
4. Mudah pelaksanaannya, baik pada pekerjaan pengecoran maupun pada saat pematatannya.

Dengan memberikan perhatian sebaik mungkin pada sambungan balok dan kolom akan mencegah terbentuknya engsel plastik dan terjadinya kerusakan pada bidang sambungan tersebut. Penggambaran geometris beberapa Bentuk pertemuan balok dan kolom baik interior maupun exterior dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2. sebagai berikut:

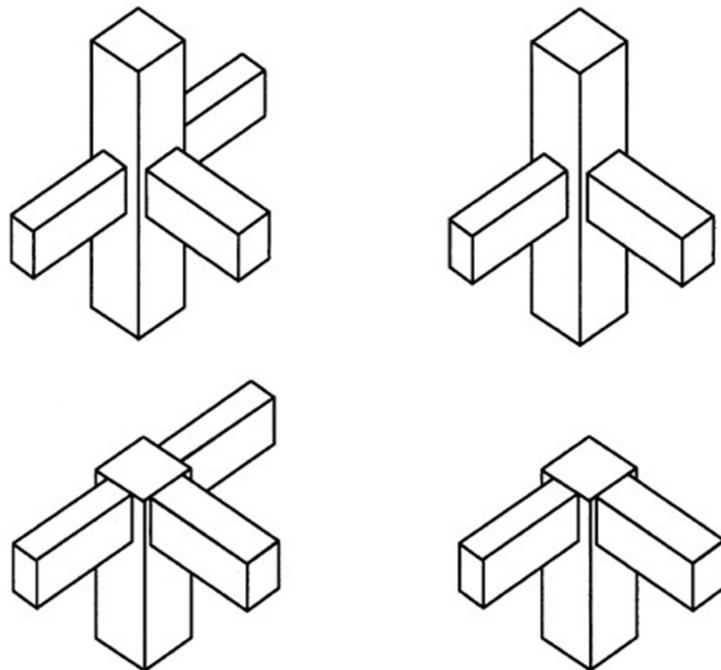
1. Interior



Gambar 2. 2 Interior Joint

Sumber :(Ristanto, E., 2015)

2. Eksterior



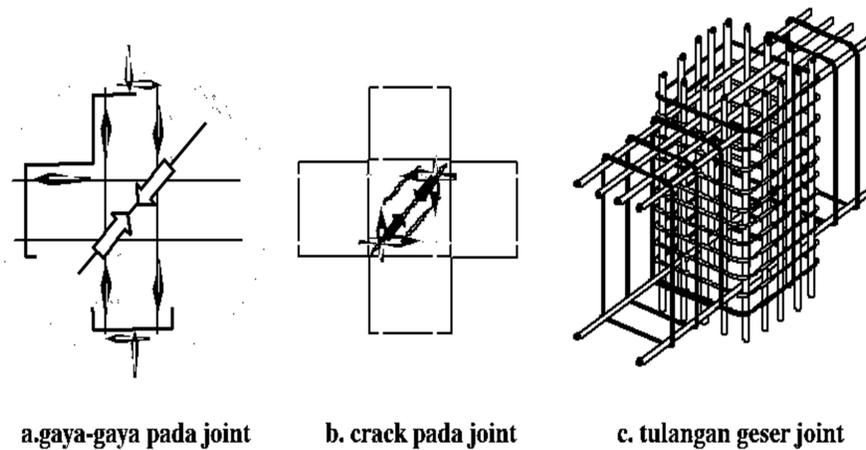
Gambar 2. 3 Exterior Joint

Sumber :(Ristanto, E., 2015)

Sambungan balok-kolom terjadi ketika beton telah melebihi regangan tarik maksimumnya akibat pembebanan. Setelah retak awal terjadi maka kuat tarik beton dan kuat geser beton akan menjadi nol, sehingga tulangan longitudinal dan sengkang akan mengambil alih tugas beton untuk menahan gaya tarik dan geser.

## 2.21 Momen Retak

Analisis struktur adalah proses menghitung



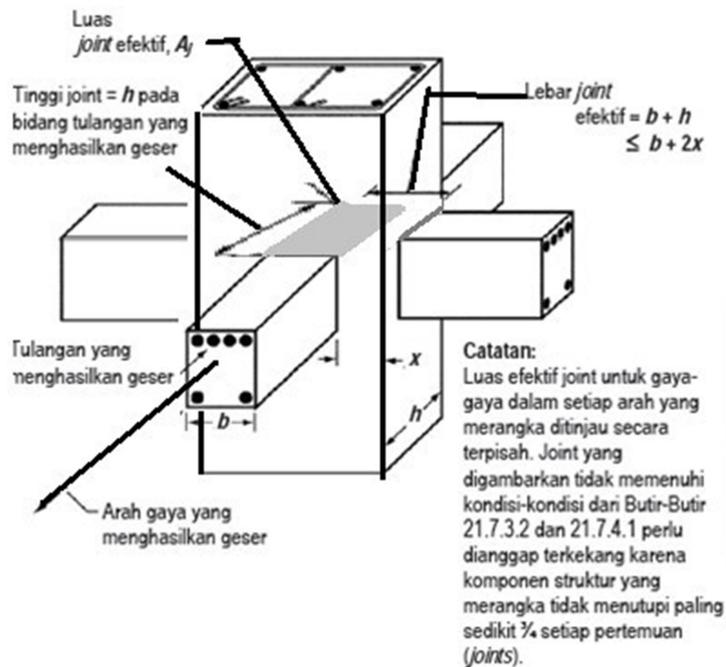
Gambar 2. 4 Momen retak pada sambungan

Sumber : (Ristanto, E., 2015)

Pola retak awal benda uji sambungan balok kolom beton diawali dengan retak rambut pada sambungan, kemudian retak geser mulai menyerang sambungan tersebut. Kerusakan cenderung terjadi pada persendian, mengakibatkan kegagalan struktural dari persendian itu sendiri. Oleh karena itu, perlu ada pengekangan yang sesuai di area hubungan bersama.

## Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013

Berdasarkan SNI 2847 (2013) dijelaskan bahwa gaya geser rancangan  $V_e$  harus ditentukan dari tinjauan gaya statik pada bagian-bagian komponen struktur antarmuka sambungan. Harus diasumsikan bahwa momen dengan tanda berlawanan yang sesuai dengan kekuatan momen tekuk yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada permukaan sambungan dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi yang difaktorkan sepanjang batang. Ilustrasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Sambungan balok kolom SNI 2847 (2013)

Sumber : (Badan Standardisasi Nasional, 2013)

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

Untuk joint interior :

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

(1)

Untuk joint eksterior (ambil nilai terbesar dari) :

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

(2)

$$V_u = 1,25 A_s f'_y - V_{kol}$$

(3)

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

$$V_n = \frac{V_u}{b_j \cdot h_c}$$

Keterangan :

$v_n$  = Tegangan geser nominal joint

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

$b_j$  = Lebar efektif hubungan balok kolom

$h_c$  = Tinggi efektif kolom pada hubungan balok kolom

Lebar efektif dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$b_j = b + h_j$$

$$b_j \leq b + 2x$$

Keterangan :

- bj = Lebar efektif hubungan balok kolom
- hj = Tinggi joint
- b = Lebar Balok
- x = selisih antara sisi terluar balok ke sisi terluar kolom

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

Untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya maka

$$1,7\sqrt{f'cA_j} \text{ (Mpa)}$$

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

$$1,25\sqrt{f'cA_j} \text{ (Mpa)}$$

Untuk hubungan lainnya maka

$$1\sqrt{f'cA_j} \text{ (Mpa)}$$

Menghitung tegangan geser yang dipikul oleh beton (vc)

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

Keterangan :

- vc = Tegangan geser yang dipikul beton
- Nn,k = Gaya aksial kolom
- Ag = Luas Penampang kolom
- f'c = kuat tekan beton

Penulangan melintang pada hubungan balok-kolom diperlukan untuk memberikan penahan yang cukup pada beton, sehingga mampu menunjukkan

perilaku daktail dan tetap dapat menahan beban vertikal akibat gaya berat meskipun telah dilakukan pengelupasan pada selimut beton.

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

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

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{S bc f'c}{f_y}$$

Keterangan :

Ash = luas tulangan transversal yang disyaratkan

bc = lebar inti kolom yang diukur dari as tulangan longitudinal kolom

Ag = luas penampang kolom

Ach = luas inti penampang kolom

f'c = Kuat tekan beton

f<sub>y</sub> = kuat leleh tulangan baja

s = jarak antar tulangan transversal

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

dengan hx dapat diambil sebesar 1/3 kali dimensi inti kolom, Disyaratkan

bahwa nilai s<sub>x</sub>

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:

$$L_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}}$$

Keterangan :

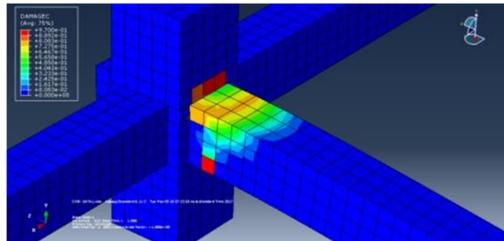
$L_{dh}$  = Panjang Penyaluran

$f_y$  = Tegangan leleh baja tulangan

$d_b$  = diameter tulangan

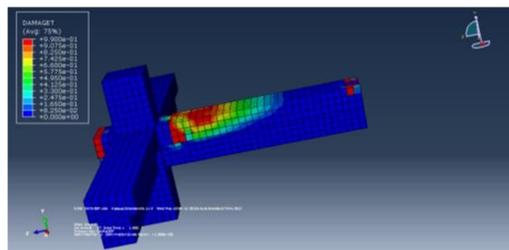
$f'_c$  = Kuat tekan beton

Contoh-contoh pola retak pada perangkat lunak



Gambar 2. 6 Pola Keretakan Benda Uji

Sumber :(Dewi, 2018)



Gambar 2. 7 Pola Keretakan benda Uji

Sumber : (Dewi, 2018)

## **2.22 Finite Elemen Method dan Analisa**

Finite Element Analysis (FEA) adalah metode numerik kompleks yang digunakan untuk menyelesaikan masalah kompleks yang berisi sejumlah variabel input seperti kondisi batas, aplikasi beban, dan jenis tumpuan.

Ini adalah metode yang jauh lebih rumit, namun akurat untuk melakukan analisis struktural dibandingkan dengan kalkulasi tangan. FEA mengharuskan struktur dipecah menjadi bagian-bagian (atau elemen) yang lebih kecil yang dapat dievaluasi secara individual untuk perkiraan solusi yang lebih akurat.

Untuk kasus struktur yang sederhana, FEA masih dapat dihitung secara manual dengan bantuan kalkulator atau spreadsheet, walaupun akan memakan waktu lebih lama, namun untuk struktur yang besar dan kompleks model FEA dapat terdiri dari ribuan entri matriks sehingga membuatnya tidak mungkin untuk dievaluasi dengan perhitungan manusia.

Saat ini FEA masih merupakan metode analisis struktural yang sangat kuat dan akurat sehingga menjadi dasar dari sebagian besar Perangkat Lunak Analisis Struktur.

Software Analisis Struktur adalah sejumlah besar Perangkat Lunak Analisis Struktural yang dapat melakukan perhitungan FEA akurat tanpa kesulitan harus secara manual mengatur proses yang kompleks, seperti ETABS, SAP2000, MIDAS, STAADPro, ABAQUS, SAFE, Tekla Structural Designer, S-FRAME ANALYSIS dan lainnya.

Software-software tersebut bertujuan untuk membantu mempermudah penganalisis untuk :

Pemodelan material struktur, geometri struktur, pembebanan struktur dan batasan-batasan lain yang ditentukan oleh engineer, Melakukan perhitungan dan analisis gaya-gaya dalam pada elemen-elemen struktur akibat beban dan kombinasi beban yang bekerja dan Membantu pengecekan kekuatan elemen pada tahap disain.

### **2.23 Penelitian Terdahulu**

Untuk dukungan dari penelitian ini adalah dengan cara evaluasi kinerja sistem sambungan balok dan kolom dengan perhitungan SNI ,Maka penelitian (Ristanto, E., 2015) Untuk memperoleh struktur bangunan yang aman dan tahan bencana, terutama akibat gempa bumi, struktur tersebut harus dirancang sedemikian rupa agar sesuai dengan aturan atau ketentuan konstruksi yang ada. Ketentuan untuk menganalisis sambungan sambungan balok kolom meliputi: Persyaratan Beton Struktural Gedung SNI-2847-2013, dan Rekomendasi Desain Sambungan Balok-Kolom Pada Struktur Beton Bertulang Monolitik ACI 352-2002. Peraturan ini mengatur dasar-dasar penyambungan sambungan balok-kolom pada struktur beton bangunan.(Badan Standardisasi Nasional, 2013)

Penelitian ini adalah tentang pemodelan elemen hingga(Shaaban & Said, 2018). bertujuan untuk mempelajari unjuk kerja seismik sambungan balok-kolom eksterior pada kerangka bangunan diperkuat dengan ferosemen menggunakan analisis elemen hingga nonlinier. Pertama, model yang diusulkan digunakan untuk memprediksi hasil eksperimen dengan sukses. Kedua, studi parametrik dilakukan untuk menilai perilaku sambungan tersebut dengan variabel tambahan yang berbeda. Variabel yang diteliti adalah tingkat pembebanan aksial pada kolom, kuat tekan benda uji, persentase tulangan longitudinal pada balok, dan

orientasi jaring kawat yang diperluas pada lapisan ferosemen, untuk benda uji yang diperkuat dengan jumlah lapisan ferosemen yang berbeda. Ditemukan bahwa penguatan spesimen dengan ferosemen mengurangi pengaruh tingkat pembebanan aksial dan rasio baja longitudinal pada balok terhadap beban ultimit spesimen yang diteliti.

Selanjutnya adalah penelitian (Tahnat, Abu et al., 2018) Salah satu cara untuk meningkatkan keuletan sambungan tersebut adalah dengan menggunakan bungkus lembaran FRP. Fokus penelitian ini adalah mempelajari efek penggunaan FRP yang membungkus balok terhadap keuletan sambungan balok-kolom RC eksterior. Analisis Elemen Hingga (FE) menggunakan perangkat lunak FE komersial (ABAQUS) digunakan untuk menyelidiki perilaku keuletan sendi R.C diperkuat oleh FRP. Parameter yang disebutkan diselidiki secara numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan CFRP yang membungkus balok mengubah keruntuhan getas menjadi keruntuhan ulet. Stirrups kontinuitas di dalam sambungan meningkatkan kapasitas dan keuletan untuk model yang didominasi oleh kegagalan geser.

Penelitian dari (Prayuda et al., 2019) tentang Beton bertulang merupakan salah satu inovasi yang banyak digunakan pada struktur bangunan. Kerugian dari penggunaan beton adalah adanya kelemahan antar sambungan masing-masing komponen. Penelitian ini akan menganalisis nilai daktilitas, kekakuan dan disipasi energi dengan variasi sambungan balok kolom bangunan dengan menggunakan metode numerik. Enam sampel dalam penelitian ini dianalisis berupa jenis sambungan interior dan eksterior dengan kombinasi kolom persegi dan kolom lingkaran, sedangkan balok yang digunakan adalah balok persegi dan

balok T. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan jenis sambungan yang memiliki nilai daktilitas, kekakuan dan disipasi energi yang baik.

Penelitian ini adalah penyebabnya proyek Apartemen grand dharmahusada lagoon Surabaya berhenti.(Nurcahyo, 2019) Evaluasi pembangunan basement dilakukan untuk mengetahui penyebab penurunan muka tanah sebesar 0,5 meter di lapangan, dan untuk merumuskan alternatif solusi struktural yang sesuai untuk pembangunan basement tower olive di apartemen Grand Dharmahusada Lagoon.

Penelitian ini (Irawan Adi Prabowo<sup>1</sup>), Diah Sarasanty<sup>2</sup>), 2019) adalah lanjutan dari penelitian ini dengan meneliti mengenai analisis halfslab dari segi efisiensi waktu dan biaya serta evaluasi performansi halfslab akibat beban gempa dan sambungan antar pelat halfslab pada pelat dua arah, peneliti bermaksud untuk mengangkat dari sisi evaluasi kinerja struktur pelat halfslab dengan sistem pelat dua arah dalam studi kasus apartemen. Gunawangsa Tidar Surabaya menggunakan metode Finite Element Method (FEM).