

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR RUANG PERTEMUAN  
GEDUNG AULA SANGKUWONG**

Oleh

**RONALD TERRENO TAMPUBOLON**  
NIM. DAB 114 068



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA

2019

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR RUANG PERTEMUAN  
GEDUNG AULA SANGKUWONG**

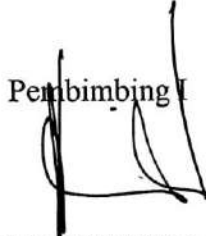
Oleh

**RONALD TERRENO TAMPUBOLON**

NIM. DAB 114 068

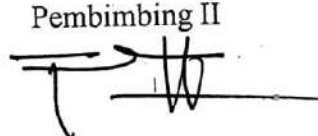
**Disetujui untuk diajukan dalam Ujian Tugas Akhir**

Palangka Raya, Mei 2019

Pembimbing I  


OKTA MELAWATY, S.T., M.T.  
NIP. 196212231990021001

Menyetujui,

Pembimbing II  


FRANSISCO H.R.H. BARU, S.T., M.Si.  
NIP. 197601112005012002

Mengetahui,

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua  


Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.  
NIP. 197806082005011003

**EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR RUANG PERTEMUAN  
GEDUNG AULA SANGKUWONG**

**TUGAS AKHIR**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-I pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

**RONALD TERRENO TAMPUBOLON**  
NIM. DAB 114 068

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada :**

Hari/Tanggal : Kamis, 11 Juni 2020  
Waktu : Pukul 13.00 – 16.00 WIB  
Tempat : Via Full Daring

1. OKTA MEILAWATY, S.T., M.T.  
NIP. 197705052005012022

..... (Ketua/Pembimbing I)

2. FRANCISCO H.R.H. BARU, S.T., M.Si.  
NIP. 19740420199031002

..... (Sekretaris/Pembimbing II)

3. Ir. MARYANTO, M.T.  
NIP. 196603081993021001

..... (Anggota)

4. FRIEDA, S.T., M.T.  
NIP. 197212231997022002

..... (Anggota)

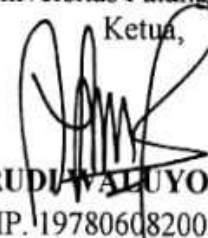
5. Ir. LILIK HERMAWAN, M.T.  
NIP. 195712211992031001

..... (Anggota)

Mengetahui :

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya  
Dekan,  
  
**Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.**  
NIP. 196511191993021001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Palangka Raya

Ketua,  
  
**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.**  
NIP. 197806082005011003

## BIODATA

### Data Pribadi

Nama : **RONALD TERRENO TAMPUBOLON**  
NIM : DAB 114 068  
Tempat, Tgl lahir : Kasongan, 06-10-1996  
Status : Mahasiswa  
Agama : Kristen Protestan  
Alamat : Jl. Sangga Buana I, Palangka Raya  
No. Telp. Rumah : -  
Alamat Asal : Jl. Katunen, Kab. Katingan  
Email : [ronaldsaja06@gmail.com](mailto:ronaldsaja06@gmail.com)  
No. Hp : 082123170726  
No. WA : 082123170726  
Facebook : Ronald Terrano  
Instagram : ronaldterreno.t  
Nama Ayah : Tommy Apollo Tampubolon  
Pekerjaan Ayah : Pegawai Negeri Sipil  
Alamat : Jl. Pendahara  
No. Hp : 082350282597  
Nama Ibu : Farina Mayang  
Pekerjaan Ibu : Penjahit Swasta  
Alamat : Jl. Katunen, Kab. Katingan  
No. Hp : 085246587502



### Riwayat Pendidikan\*)

- TK : TK Melati
- SD : SDN 4 Kasongan Baru (2002-2008)
- SLTP : SMPN 1 Katingan Hilir (2008-2011)
- SLTA : SMKN 1 Palangka Raya (2011-2014)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2014

Palangka Raya, Juni 2020  
Yang membuat pernyataan,

RONALD TERRENO TAMPUBOLON  
NIM. DAB 114 068

\*) Nama Sekolah, tempat, tahun masuk sampai tahun lulus

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberkati setiap langkah yang saya lalui, memberikan semua yang saya perlukan bahkan disaat saya lupa beribadah dan bersyukur. Terima kasih kepada kedua orang tua yang berjuang menyekolahkan saya dengan jerih payah keringat yang tak mampu saya bayar. Terima kasih kepada dosen pembimbing saya ibu Okta meilawaty, ST., MT. dan bapak Fransisco H.R.H. Baru, ST., M.Si yang telah berkenan menerima dan membimbing saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Tak akan mungkin saya mampu membalas budi jasa – jasa mereka. Dan terima kasih kepada Yurista Novela yang telah mendukung dan memberi semangat di setiap masalah yang saya hadapi.

Selain itu saya juga mengucapkan terima kasih banyak kepada dosen – dosen penguji Bapak Ir. Lilik Hermawan, MT., Frieda ST.,MT., Ir. Maryanto, MT. yang telah berkenan menguji dan memberikan saran masukan untuk penulisan Tugas Akhir ini. Dan terima kasih kepada teman – teman seperjuangan atas dukungan dan bantuannya. Tanpa mereka, saya tidak mungkin mampu sampai dititik ini.

Terima kasih juga kepada seluruh dosen, staff Jurusan Teknik Sipil dan Fakultas Teknik. Akhir kata saya ucapkan Puji Syukur atas hidup yang diberikan.

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh, bahwa Skripsi/Tugas Akhir saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber yang diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Juni 2020



RONALD TERRENO TAMPUBOLON  
NIM. DAB 114 068

## RINGKASAN

**EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR RUANG PERTEMUAN GEDUNG AULA SANGKUWONG**, Ronald Terreno Tampubolon, DAB 114 068, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Struktur teknik secara luas diartikan sebagai sesuatu yang dikonstruksikan atau dibangun. Struktur – struktur pokok yang berkaitan dengan para insinyur teknik sipil adalah jembatan, bangunan gedung, tembok, bendungan, menara dan konstruksi kulit kerang (*shell*). Struktur – struktur semacam itu terdiri satu atau lebih unsur kokoh yang disusun sedemikian rupa sehingga struktur pada keseluruhannya mampu bertahan selama pembebanan dan tanpa pembebanan. Begitu halnya dengan bangunan yang akan ditinjau, Bangunan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya. Bangunan ini adalah bangunan gedung yang direncanakan dengan struktur beton bertulang tipe struktur portal. Pada perencanaan bangunan awal tidak ditinjau adanya pengaruh gaya lateral akibat gempa. Sedangkan menurut data spektral Indonesia, Kota Palangka Raya masuk dalam wilayah gempa zona 1. Evaluasi perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui desain struktur kolom dan balok di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya berdasarkan metode SRPMK dan Mengetahui kapasitas geser joint balok – kolom di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya berdasarkan metode *strut and tie*.

Data yang dipakai dalam perencanaan ini hanya 1 jenis, yaitu data sekunder yang diperoleh dari pihak proyek dan dari peraturan yang ada sebagai dasar perencanaan. Metode yang dipakai dalam perencanaan balok dan kolom adalah metode SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) untuk bangunan tahan gempa. Dan analisis joint balok – kolom menggunakan metode *strut and tie*.

Hasil evaluasi perencanaan ini menunjukkan bahwa dengan metode SRPMK dan penambahan beban gempa terhadap struktur diperoleh hasil dimensi struktur yang lebih kecil dari desain awal, dengan dimensi kolom 400 mm x 400 mm, dimensi balok anak 200/350 mm dan balok induk 300/500 mm. Kebutuhan tulangan utama lebih kecil dari desain awal, dengan tulangan utama kolom 8D16, tulangan utama balok anak 4D16 untuk tumpuan dan 4D16 untuk lapangan, tulangan utama balok induk 8D16 untuk tumpuan dan 7D16 untuk lapangan. Kebutuhan tulangan geser lebih besar dari desain awal, dengan tulangan geser kolom 4D13-100 untuk tumpuan dan 4D10-175 untuk lapangan, tulangan geser balok anak Ø8-65 untuk tumpuan dan Ø8-130 untuk lapangan, tulangan geser balok induk 2Ø10-95 untuk tumpuan dan 2Ø10-115 untuk lapangan Kapasitas geser joint balok – kolom cukup besar dengan kuat geser nominal = 1.059,01 kN lebih besar dari gaya geser yang terjadi. Sehingga joint balok kolom cukup dipasang tulangan geser minimum 3D13 – 100.

Kata kunci: Evaluasi Perencanaan Balok, Kolom, Joint Balok – Kolom.

## SUMMARY

**DESIGN EVALUATION OF THE MEETING ROOM STRUCTURE OF THE SANGKUWONG HALL BUILDING**, Ronald Terreno Tampubolon, DAB 114 068, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

Engineering structures are broadly interpreted as something that is constructed or built. The main structures relating to civil engineering engineers are bridges, buildings, walls, dams, towers and shell construction. Such structures consist of one or more sturdy elements arranged in such a way that the structure as a whole is able to survive during loading and without loading. Such is the case with the building to be reviewed, the Sangkuwong Palangka Raya Hall Building. This building is a planned building with reinforced concrete type portal structure. In the initial building planning, the influence of lateral forces due to the earthquake was not reviewed. Meanwhile, according to Indonesian spectral data, the city of Palangka Raya is included in the zone 1 earthquake. The evaluation of this plan aims to determine the design of column and beam structures in the Meeting Room of the Sangkuwong Palangka Raya Hall Building based on the SRPMK method and to know the sliding joint beam-column capacity in the Meeting Room Sangkuwong Palangka Raya Hall based on the strut and tie method.

The data used in this design is only 1 type, namely secondary data obtained from the project and from existing regulations as a basis for planning. The method used in beam and column planning is the SRPMK (Special Moment Resisting Frame System) method for earthquake resistant buildings. And beam-column joint analysis uses the strut and tie method.

The results of this design evaluation show that with the SRPMK method and the addition of earthquake loads to the structure the structure dimensions obtained are smaller than the initial design, with column dimensions of 400 mm x 400 mm, dimensions of joist 200/350 mm and stem beam 300/500 mm. The need for the main reinforcement is smaller than the initial design, with the main reinforcement column 8D16, the main reinforcement beam 4D16 for pedestal and 4D16 for the field, the main reinforcement main beam 8D16 for the pedestal and 7D16 for the field. The need for shear reinforcement is greater than the initial design, with 4D13-100 column shear reinforcement for pedestal and 4D10-175 for pitch, Ø8-65 joist shear reinforcement for pedestal and Ø8-130 for field, 2Ø10-95 beam shear reinforcement for pedestal and 2Ø10-115 for the field. The shear capacity of the joint beam - column is large enough with a nominal shear strength = 1,059.01 kN greater than the shear force that occurs. So that the column beam joints need to be installed with minimum shear reinforcement 3D13-100.

Keywords: Evaluation of Beam, Column, Joint Beam - Column.

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga dapat diselesaikannya Proposal Tugas Akhir ini. Tugas akhir ini dengan judul “EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR RUANG PERTEMUAN GEDUNG AULA SANGKUWONG PALANGKA RAYA”. Disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi program Strata – 1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.

7. Ibu Okta Meilawaty, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir dan Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Fransisco H.R.H. Baru, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
9. Bapak Ir. Lilik Hermawan, M.T., Bapak Ir. Maryanto, M.T., Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku dosen pembahas tugas akhir.
10. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
11. Semua teman – teman mahasiswa yang terlibat membantu dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyajian Proposal Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan sempurnanya Proposal Tugas Akhir ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan anugerah atas kemurahan hati serta kebaikan dan bantuan yang telah diberikan, sehingga Proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Palangka Raya, September 2019

**RONALD T. TAMPUBOLON**  
NIM. DAB 114 068

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Perencanaan.....	3
1.4 Batasan Masalah Dan Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat Perencanaan.....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Pengertian Strktur Beton Bertulang .....	5
2.2 Balok Beton Bertulang .....	6
2.2.1 Dasar Perencanaan Balok Beton Bertulang .....	6
2.2.2 Penulangan Balok Beton .....	5

2.3	Kolom Beton Bertulang .....	12
2.3.1	Dasar Perencanaan Beton Bertulang.....	13
2.3.2	Penulangan Kolom Beton.....	14
2.4	Joint Balok – Kolom Beton Bertulang.....	17
2.4.1	Defleksi Balok dan Kolom Akibat Gaya Gempa.....	17
2.4.2	Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Joint Balok – Kolom .....	18
2.4.3	Retakan Pada Joint Balok – Kolom.....	19
2.4.4	Kapasitas Geser Joint Balok – Kolom Dengan Metode Strut & Tie .	20
2.5	Program Sap 2000 .....	23
2.6	Penelitian Terdahulu.....	24

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Lokasi Tinjauan .....	25
3.2	Tahapan Penulisan.....	25
3.3	Teknik Pengumpulan Data .....	27
3.4	Teknik Perencanaan.....	28
3.5	Bagan Alir Perencanaan .....	30

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMAHASAN**

4.1	Deskripsi Bangunan .....	31
4.2	Data Perencanaan .....	33
4.2.1	Data Spesifikasi Bangunan.....	33
4.2.2	Data Spesifikasi Bahan.....	33

4.2.3	Data Elemen Struktur Awal.....	34
4.2.4	Data Pembebanan.....	34
4.2.5	Kombinasi Pembebanan.....	35
4.3	Dimensi Rencana.....	36
4.3.1	Dimensi Balok Induk dan Balok Anak.....	36
4.3.2	Dimensi Kolom.....	36
4.4	Analisis Struktur Dengan Program Sap 2000.....	38
4.4.1	Pemodelan Struktur.....	38
4.4.2	Analisis Pembebanan.....	44
4.4.3	Hasil Analisis Struktur.....	53
4.5	Perencanaan Desain Struktur Balok Dan Kolom.....	56
4.5.1	Perencanaan Balok Induk.....	56
4.5.2	Perencanaan Balok Anak.....	63
4.5.3	Perencanaan Kolom.....	69
4.6	Analisis Joint Balok Kolom Interior.....	78
4.6.1	Defleksi Yang Terjadi Pada Balok Dan Kolom.....	78
4.6.2	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Joint Balok – Kolom.....	82
4.6.3	Perencanaan Tulangan Geser Joint Balok Kolom.....	86
4.7	Pembahasan.....	88
4.7.1	Perbandingan Hasil Evaluasi Perencanaan Terhadap Desain Awal Struktur.....	88
4.7.2	Hasil analisi joint balok – kolom.....	90

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	91
5.2 Saran .....	92

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

2.1	Penelitian Terdahulu.....	24
4.1	Dimensi Awal Struktur.....	34
4.2	Dimensi Rencana Struktur.....	37
4.3	Berat Struktur Output SAP 2000 .....	45
4.4	Hasil Penyelidikan Tanah (Data Sondir).....	46
4.5	Nilai Gaya – Gaya Dalam Arah X .....	55
4.6	Nilai Gaya – Gaya Dalam Arah Y .....	56
4.7	Nilai Gaya – Gaya Ultimit.....	56
4.8	Hasil Defleksi Tiap Kombinasi Beban Yang Dipengaruhi Gempa .....	81
4.9	Desain Struktur Hasil Evaluasi Perencanaan .....	88

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Penampang Balok.....	8
2.2	Berbagai Jenis Begel .....	10
2.3	Jenis Kolom Berdasarkan Bentuk Dan Susunan Tulangan .....	13
2.4	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Joint Balok – Kolom .....	19
2.5	Pola Retak Joint Balok – Kolom.....	19
2.6	Bidang Tekanan Pada Joint Balok – Kolom .....	21
2.7	Model <i>Strut &amp; Tie</i> .....	21
3.1	Peta Lokasi Tinjauan .....	25
3.2	Bagan Alir Perencanaan .....	30
4.1	Denah Gedung Aula Sangkuwong.....	31
4.2	Potongan A – A.....	31
4.3	Detail Denah Balok Ruang Pertemuan .....	32
4.4	Detail Potongan A – A .....	32
4.5	Grafik Hubungan Spektral Percepatan Dan Waktu.....	35
4.6	Layout Sloof (Elevasi 0,0 m).....	38
4.7	Layout Balok (Elevasi 3,5 m).....	38
4.8	Layout Pelat Lantai (3,5 m) .....	39
4.9	Layout Memanjang Balok Dan Kolom.....	41
4.10	Layout Melintang Balok Dan Kolom .....	43
4.11	Model <i>Extrude</i> Struktur .....	43
4.12	Input Beban Mati 66 kg/m <sup>2</sup> .....	50

4.13	Input Beban Hidup 250 kg/m <sup>2</sup> .....	51
4.14	Input Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah X .....	52
4.15	Input Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah Y .....	53
4.16	Output Diagram Momen Kombinasi Beban 1,2DL + 1,6LL.....	53
4.17	Output Diagram Momen Kombinasi Beban 1,4DL .....	53
4.18	Output Diagram Momen Kombinasi Beban 0,9DL + E.....	53
4.19	Output Diagram Momen Kombinasi Beban 1,2DL + E + LL.....	53
4.20	Detail Penulangan Balok Induk .....	63
4.21	Potongan B – B .....	63
4.22	Potongan C – C .....	63
4.23	Detail Penulangan Balok Anak.....	69
4.24	Potongan D – D.....	69
4.25	Potongan E – E .....	69
4.26	Tata Letak Kolom.....	69
4.27	Kontrol Kolom (K6) Terhadap Diagram Interaksi.....	71
4.28	Kontrol Kolom (K5) Terhadap Diagram Interaksi.....	72
4.29	Kontrol Kolom (K2) Terhadap Diagram Interaksi.....	73
4.30	Detail Penulangan Kolom.....	77
4.31	Potongan F – F .....	78
4.32	Potongan G – G.....	78
4.33	Defleksi Balok Dan Kolom Akibat Gaya Gempa .....	79
4.34	Diagram Batang Defleksi Balok Dan Kolom.....	81
4.35	Retak Diagonal Pada Joint Balok – Kolom .....	81

4.36	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan Dan Beton .....	82
4.37	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Serat Inti Joint.....	82
4.38	Penulangan Joint Balok – Kolom .....	87
4.39	Potongan H – H.....	88

## **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Gambar Perencanaan Awal
2. Perhitungan Perencanaan Awal
3. Dokumentasi Proses Pekerjaan Proyek
4. Dokumen Kontrak
5. Volume Pekerjaan
6. Time Schedule
7. Gambar Hasil Evaluasi Perencanaan

## DAFTAR SIMBOL

$a$	: Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen
$ab$	: Daerah tekanan horinzontal (mm)
$ac$	: Daerah tekanan vertikal (mm)
$as$	: Daerah tekanan diagonal (mm)
$A_g$	: Luas bruto penampang beton ( $\text{mm}^2$ )
$A_s$	: Luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )
$A_{st}$	: Luas total tulangan ( $\text{mm}^2$ )
$A_{str}$	: Luasan efektif diagonal strut joint balok – kolom ( $\text{mm}^2$ )
$A_{sh}$	: Luas penampang total tulangan transversal (termasuk kait silang) dalam spasisdan tegak lurus terhadap dimensi $b_b$ ( $\text{mm}^2$ )
$b_b$	: Lebar balok (mm)
$b_j$	: Ukuran diagonal strut joint balok – kolom (mm)
$c$	: Ukuran kolom (mm)
$C_{d,n}$	: Kuat tekan diagonal nominal (kN)
$d$	: Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (mm)
$ds$	: Jarak titik berat tulangan kesisi terluar balok (mm)
$D$	: Diameter tulangan utama (mm)
$DL$	: Beban mati (kg)
$E$	: Modulus elastisitas
$EL$	: Beban gempa (kg)
$f_c'$	: Kuat tekan beton (Mpa)
$f_y$	: Mutu tulangan (Mpa)

$h_b$	: Tinggi balok (mm)
$h_k$	: Tinggi kolom (mm)
$h_n$	: Tinggi bersih kolom (mm)
$h_s$	: Ketinggian struktur (m)
$I$	: Momen inersia (mm <sup>4</sup> )
$LL$	: Beban hidup (kg)
$l_b$	: Panjang balok (mm)
$l_h$	: Ukuran horizontal joint balok – kolom (mm)
$l_n$	: Panjang bentang bersih (mm)
$l_o$	: Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan (mm)
$l_v$	: Ukuran vertikal joint balok – kolom (mm)
$m$	: Jumlah tulangan maksimum perbaris
$M_u$	: Momen ultimit (Nmm)
$M_n$	: Momen nominal (Nmm)
$M_{pr}$	: Kekuatan lentur mungkin komponen struktur (Nmm)
$P_{min}$	: Gaya aksial minimum (kN)
$P_n$	: Gaya aksial nominal (kN)
$P_u$	: Gaya aksial ultimit (kN)
$s$	: Jarak tulangan geser (mm)
$S_b$	: Selimut beton (mm)
$S_n$	: Jarak horinzontal antar tulangan (mm)
$S_{nv}$	: Jarak vertikal antar tulangan (mm)
$S_o$	: Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang $l_o$ (mm)

$S_s$	: Parameter respon spektral percepatan gempa untuk periode pendek
$S_1$	: Parameter respon spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik
$T$	: Perioda fundamental pendekatan (detik)
$T_{b1}$	: Gaya tarik tulangan utama balok (kN)
$V_b$	: Gaya geser yang dihitung akibat gempa pada balok (kN)
$V_c$	: Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton (kN)
$V_e$	: Gaya geser desain (kN)
$V_{jh}$	: Gaya tekan horizontal pada joint (kN)
$V_{jv}$	: Gaya tekan vertikal pada joint (kN)
$V_k$	: Gaya geser yang dihitung akibat gempa pada kolom (kN)
$V_n$	: Kekuatan geser nominal (kN)
$V_{rsc}$	: Kuat geser nominal (kN)
$V_s$	: Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan (kN)
$V_s$	: Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan (kN)
$V_u$	: Gaya geser ultimit (kN)
$W_u$	: Beban terfaktor (kg/m)
$\theta$	: Sudut inklinasi
$\emptyset$	: Diameter tulangan geser (mm)
$\emptyset$	: Faktor reduksi kekuatan
$\theta$	: Sudut inklinasi
$\zeta$	: Koefisien kelemahan
$\Delta_k$	: Defleksi kolom (mm)
$\Delta_b$	: Defleksi balok (mm)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kata struktur mempunyai bermacam – macam arti. Dengan struktur teknik secara luas diartikan sebagai sesuatu yang dikonstruksikan atau dibangun. Struktur – struktur pokok yang berkaitan dengan para insinyur teknik sipil adalah jembatan, bangunan gedung, tembok, bendungan, menara dan konstruksi kulit kerang (*shell*). Struktur – struktur semacam itu terdiri satu atau lebih unsur kokoh yang disusun sedemikian rupa sehingga struktur pada keseluruhannya maupun komponen-komponennya mampu bertahan diri tanpa mengalami perubahan geometrik yang berarti selama pembebanan dan tanpa pembebanan. (Yuan, 1985)

Begitu halnya dengan bangunan yang akan ditinjau, Bangunan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya. Bangunan ini adalah bangunan gedung yang direncanakan dengan struktur beton bertulang yang memakai sistem struktur SRPMB (sistem rangka pemikul momen biasa) dan tipe struktur portal beton bertulang. Bangunan Gedung Aula Sangkuwong merupakan salah satu bangunan milik daerah Provinsi Kalimantan Tengah, yang dibangun dengan dana APBD Provinsi Kalimantan Tengah, merupakan bangunan yang akan difungsikan sebagai gedung kantor dan penunjang pendidikan di lingkungan Cristian Center.

Bangunan Gedung Aula Sangkuwong adalah bangunan yang telah di lanjutkan tahap pembangunannya untuk beberapa item pekerjaan. Salah satu

item pekerjaannya adalah konstruksi struktur beton bertulang di bagian ruang pertemuan lantai II. Konstruksi tersebut berupa pondasi footplate, sloof, kolom, balok, dan plat lantai. Ruang tersebut memiliki luas 272 m<sup>2</sup> dan tinggi 3,5 m dari titik elevasi 0 (elevasi 0 di posisi lantai I).

Pada perencanaan bangunan awal tidak ditinjau adanya pengaruh gaya lateral akibat gempa. Sedangkan menurut data spektral Indonesia, kota Palangka Raya masuk dalam wilayah gempa zona 1. walaupun termasuk di zona dengan intensitas yang rendah dan ketinggian struktur hanya 3,5 m, namun tetap perlu memperhitungkan adanya resiko gaya gempa yang terjadi demi keamanan bangunan. Berdasarkan konsep desain kapasitas, untuk memperhatikan titik lemah pada suatu struktur akibat gaya gempa, maka joint balok – kolom perlu diperhatikan. Joint menjadi salah satu titik atau daerah yang rawan kerusakan jika terjadi gaya gempa.

Berdasarkan deskripsi diatas, maka perlu dilakukan evaluasi perencanaan terhadap Bangunan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya. Dengan meninjau adanya pengaruh gaya lateral akibat gempa. dan sistem struktur menggunakan SRPMK (sistem rangka pemikul momen khusus). Dalam evaluasi perencanaan ini dibatasi hanya akan meninjau balok dan kolom serta kapasitas joint balok – kolom.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana desain struktur kolom dan balok di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya dengan metode SRPMK?
2. Berapa kapasitas geser joint balok – kolom di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya dengan metode *strut and tie*?

## 1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Mengetahui hasil evaluasi perencanaan desain struktur kolom dan balok di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya berdasarkan metode SRPMK.
2. Mengetahui kapasitas geser joint balok – kolom di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya berdasarkan metode *strut and tie*.

## 1.4 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah :

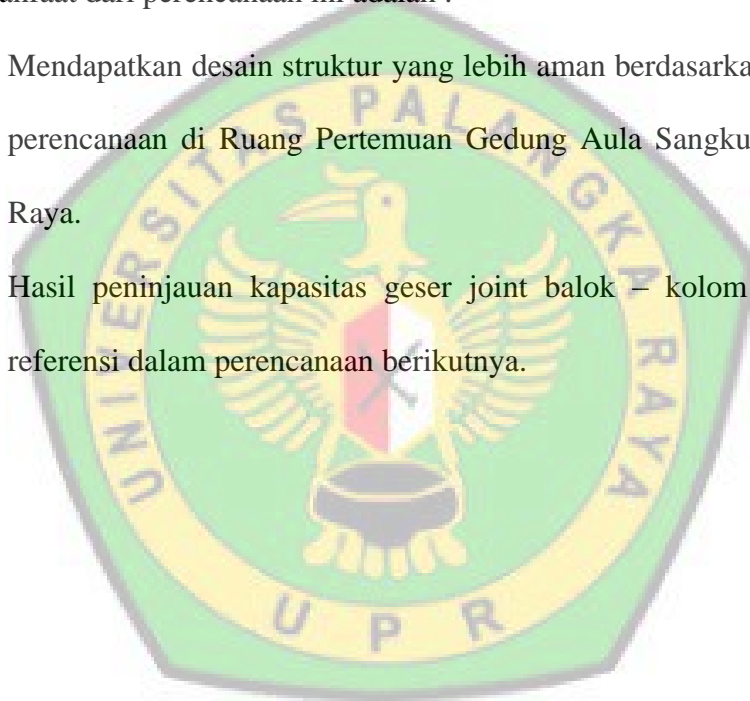
1. Evaluasi perencanaan dilakukan pada struktur kolom dan balok di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya.
2. Perhitungan analisis struktur menggunakan program SAP 2000.
3. Perencanaan desain struktur berdasarkan SNI 2847-2013, SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012

4. Pembebanan dan data teknis menggunakan data yang diperoleh dari pihak Proyek Pembangunan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya.
5. Evaluasi yang dilakukan berdasarkan data perencanaan awal Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya.

### **1.5 Manfaat Perencanaan**

Manfaat dari perencanaan ini adalah :

1. Mendapatkan desain struktur yang lebih aman berdasarkan hasil evaluasi perencanaan di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya.
2. Hasil peninjauan kapasitas geser joint balok – kolom dapat menjadi referensi dalam perencanaan berikutnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 Pengertian Struktur Beton Bertulang**

Pada dasarnya beton bertulang merupakan gabungan dua jenis bahan/material yaitu beton polos dan tulangan baja. Beton polos merupakan bahan yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah. Sedangkan tulangan baja akan memberi kekuatan tarik yang besar. Dengan adanya kelebihan masing – masing elemen tersebut, maka konfigurasi antara beton dan tulangan baja diharapkan dapat saling bekerjasama dalam menahan gaya – gaya yang berkerja dalam struktur tersebut. (Naibaho, 2015)

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat, tangga. (Muallidiniyah, 2018)

Komponen utama struktur dibagi menjadi 5, yaitu:

1. Pondasi
2. Kolom
3. Balok
4. Tangga
5. Dan pelat lantai

## 1.2 Balok Beton Bertulang

Balok beton bertulang adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. (Schodek, 1998)

### 1.2.1 Dasar Perencanaan Balok Beton Bertulang

#### a. Tinggi Minimal Balok ( $h_{min}$ )

Dalam hal mendukung beban lentur, jika ukuran balok terlalu kecil maka akan terjadi lendutan yang sangat berbahaya bagi keamanan struktur balok, bahkan akan timbul retak yang lebar sehingga dapat meruntuhkan balok.

SNI 2847 – 2013 memberikan rumus tinggi penampang ( $h$ ) minimal pada balok untuk  $f_y \neq 420$  tanpa melaksanakan pengecekan terhadap lendutan, yaitu sebagai berikut:

$$h_{min} = \left(\frac{l}{16}\right) \cdot \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \quad (2-1)$$

dimana :

$l$  : panjang bentang balok (mm)

$f_y$  : mutu tulangan (mpa)

## b. Syarat Komponen SRPMK

Persyaratan untuk desain struktur dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus telah ditentukan pada SNI 2847 SNI 2847 – 2013. Harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut:

$$1. \quad P_u < A_g \cdot f_c' / 10 \quad (2-2)$$

$$2. \quad l_n > 4 \text{ kali tinggi efektif balok} \quad (2-3)$$

$$3. \quad b_b > 0,3h_b \text{ dan } 250 \text{ mm} \quad (2-4)$$

$$4. \quad b_b \leq c \quad (2-5)$$

dimana :

$P_u$  : gaya aksial ultimit (kN)

$A_g$  : luas bruto penampang beton (mm<sup>2</sup>)

$f_c'$  : kuat tekan beton (mpa)

$l_n$  : panjang bentang bersih (mm)

$b_b$  : lebar balok (mm)

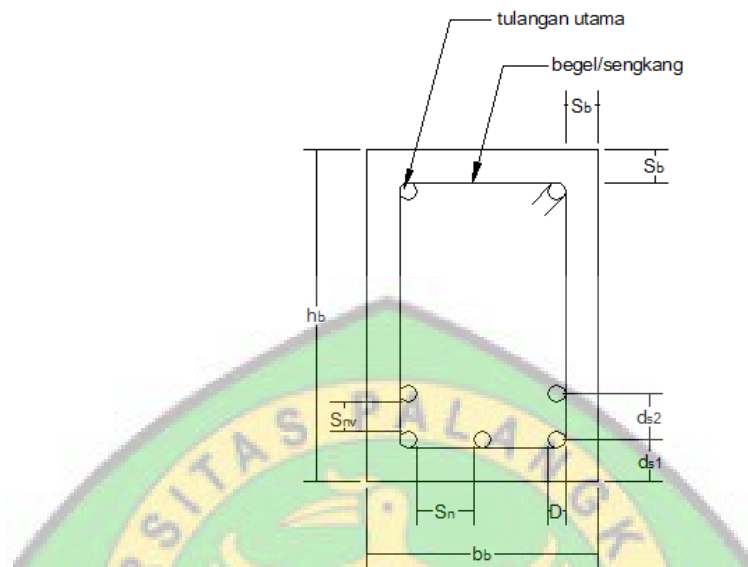
$h_b$  : tinggi balok (mm)

$c$  : ukuran kolom (mm)

## c. Aturan Pemasangan Tulangan

Fungsi utama baja tulangan pada struktur beton bertulang yaitu untuk menahan gaya tarik. Oleh karena itu pada struktur balok slalu diupayakan agar tulangan utama dipasang pada serat – serat beton yang mengalami tegangan tarik. Dan agar balok dapat menahan gaya geser, maka diperlukan tulangan geser yang disebut sengkang/begel. (Asroni, 2010)

Tulangan utama maupun tulangan geser telah diatur pemasangannya dengan jarak tertentu, terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penampang Balok

Keterangan:

$S_b$  = selimut beton

$S_{nv}$  = jarak vertikal antar tulangan

$S_n$  = jarak horinzontal antar tulangan

$D$  = diameter tulangan longitudinal

$d_{s1}$  = jarak titik berat tulangan baris pertama ke serat tepi bagian tarik

$d_{s2}$  = jarak antara titik berat tulangan baris pertama dan baris kedua

## 1.2.2 Penulangan Balok Beton

### a. Tulangan Longitudinal

Tulangan longitudinal tarik maupun tekan pada balok dipasang arah sejajar sumbu balok. Biasanya tulangan tarik dipasang lebih banyak

daripada tulangan tekan. Untuk balok yang menahan momen lentur besar, tulangan tarik dipasang lebih banyak daripada tulangan tekan. Keadaan ini disebabkan oleh kekuatan beton pada daerah tarik yang diabaikan. (Asroni, 2010)

Perhitungan tulangan longitudinal diatur dengan rumus sebagai berikut:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot d} \quad (2-6)$$

$$\phi M_n = A_s \cdot f_y (d - 1/2a) \quad (2-7)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b_b} \quad (2-8)$$

dimana :

$A_s$  : luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )

$M_u$  : momen ultimit (Nmm)

$d$  : jarak serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm

$\phi$  : faktor reduksi kekuatan

$a$  : tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

## b. Tulangan Geser

Tulangan geser pada balok dapat dipasang dengan arah miring dan dengan arah tegak. Di Indonesia, yang umum digunakan adalah begel/senggang tegak. Tulangan miring tidak boleh digunakan untuk menahan gaya geser bolak-balik (seperti pada bangunan yang direncanakan tahan gempa). Jenis begel yang biasa dipakai dibedakan berdasarkan jumlah

kakinya, yaitu: begel 2 kaki, begel 3 kaki, dan begel 4 kaki seperti terlukis pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Berbagai Jenis Begel Pada Balok

Sumber : Asroni, 2010

Beberapa rumus yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan tulangan geser balok tahan gempa yang tercantum dalam SNI 2847 - 2013, yaitu sebagai berikut:

- 1) Menghitung kekuatan lentur mungkin komponen struktur ( $M_{pr}$ ) pada balok berdasarkan hasil tulangan longitudinal:

$$M_{pr} = A_s (1,25f_y)(d-a/2) \quad (2-9)$$

Dimana :

$M_{pr}$  : kekuatan lentur mungkin komponen struktur (Nmm)

- 2) Menghitung beban terfaktor ( $W_u$ ):

$$W_u = 1,2 DL + 1,0 LL \quad (2-10)$$

Dimana :

$W_u$  : beban terfaktor (kg/m)

DL : beban mati (kg)

LL : beban hidup (kg)

3) Menghitung kuat geser rencana ( $V_e$ ):

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \cdot l_n}{2} \quad (2-11)$$

Dimana :

$l_n$  : panjang bentang bersih balok (mm)

$V_e$  : gaya geser rencana (kN)

4) Menghitung kuat geser beton ( $V_c$ ):

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_b \cdot d \quad (2-12)$$

Dimana :

$V_c$  : kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton (N)

3) spasi minimum tulangan geser pada daerah tumpuan balok (s) tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$- d/4 \quad (2-13)$$

$$- 6 \cdot D \quad (2-14)$$

$$- 150 \text{ mm} \quad (2-15)$$

Dan pada daerah lapangan:

$$- d/2 \quad (2-16)$$

5) Menghitung kuat geser tulangan ( $V_s$ ):

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (2-17)$$

Dimana :

s : jarak tulangan geser (mm)

6) Kontrol kekuatan geser :

$$V_n = V_s + V_c \quad (2-18)$$

$$\phi V_n > V_u \quad (2-19)$$

Dimana :

$V_n$  : kekuatan geser nominal (N)

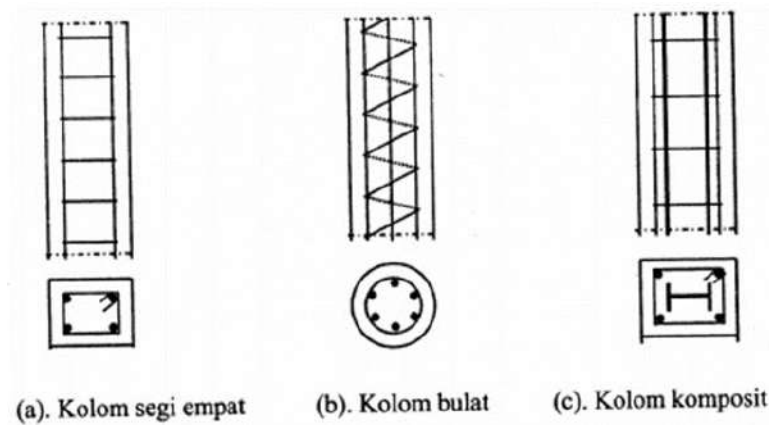
$V_u$  : gaya geser ultimit (N)

$\phi$  : faktor reduksi kekuatan

### 1.3 Kolom Beton Bertulang

Kolom merupakan komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dan momen nominal pada sebuah bangunan. Kolom menempati peranan penting di dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktural lain yang berhubungan dengannya. (Marzon, islam & Elhusna, 2018)

Kolom dibedakan beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, serta letak/posisi beban aksial pada penampang kolom. Di samping itu juga dapat dibedakan menurut ukuran panjang – pendeknya kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral.



Gambar 2.3 Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulangan

Sumber : Asroni, 2010

### 1.3.1 Dasar Perencanaan Kolom Beton Bertulang

#### a. Dimensi Kolom (c)

Untuk menentukan dimensi kolom rencana dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$A = \sqrt{P/\sigma} \quad (3-1)$$

dimana :

$\sigma$  : tegangan beton ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

P : total beban yang ditanggung kolom (kg)

A : luas penampang kolom ( $\text{mm}^2$ )

#### b. syarat komponen SRPMK

Persyaratan untuk desain struktur dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus telah ditentukan pada SNI 2847 SNI 2847 – 2013. Harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut:

$$1. \quad P_u < A_g \cdot f_c' / 10 \quad (3-2)$$

$$2. \quad c > 300 \text{ mm} \quad (3-3)$$

$$3. \quad \text{Rasio ukuran kolom tidak boleh} < 0,4 \quad (3-4)$$

### 1.3.2 Penulangan Kolom Beton

#### a. Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.3, luas tulangan memanjang

( $A_{st}$ ) harus memenuhi syarat:

$$0,06A_g > A_{st} > 0,01A_g \quad (3-5)$$

dimana :

$A_g$  : Luas bruto penampang beton ( $\text{mm}^2$ )

$A_{st}$  : luas total tulangan ( $\text{mm}^2$ )

#### b. Dikontrol Dengan Diagram Interaksi

Besar beban aksial dan momen lantur yang mampu ditahan oleh kolom bergantung pada ukuran/dimensi kolom dan jumlah serta tata letak baja tulangan yang terpasang. Manfaat dari diagram interaksi kolom yaitu dapat memberikan gambaran tentang kekuatan kolom.

#### c. Tulangan Geser Minimum

Beberapa rumus yang digunakan sebagai dasar untuk menghitung tulangan geser minimum yaitu sebagai berikut:

1) Menghitung bentang ( $l_o$ ) pada kolom:

Bedasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.1, tulangan geser kolom harus dipasang sepanjang ( $l_o$ ) di mulai dari ujung – ujung kolom. Nilai ( $l_o$ ) harus sama atau lebih besar dari:

- Tinggi balok ( $h_b$ ) (3-6)

-  $1/6 \cdot l_n$  (3-7)

- 450 mm (3-8)

2) Menghitung spasi ( $S_o$ ) sepanjang ( $l_o$ ) pada kolom sebagai berikut:

-  $1/4$  dimensi kolom terkecil (3-9)

-  $6 \cdot D$  (3-10)

-  $S_o = 100 + (350 - h_x)/3$  (3-11)

3) Menghitung kebutuhan tulangan ( $A_{sh}$ ) minimum pada kolom sebagai berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f_c'}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-12)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f_c'}{f_{yt}} \quad (3-13)$$

#### d. Tulangan Geser Yang Dipakai

Pada gaya geser desain ( $V_e$ ), harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan di setiap ujung komponen struktur.

Bila gaya geser yang dihitung akibat gempa pada balok adalah  $V_b$  dan gaya geser yang dihitung akibat gempa pada kolom adalah  $V_k$ , maka:

- $V_e = V_k$  tidak perlu melebihi  $V_b$
- $V_e$  harus lebih besar dari  $V_u$

1) Menghitung nilai  $V_e$  Dengan rumus :

$$V_b = (M_{pr}^+ + M_{pr}^-) / h_n \quad (3-14)$$

$$V_k = (2 \cdot M_{pr}) / h_n \quad (3-15)$$

Dimana :

$V_b$  : gaya geser yang dihitung akibat gempa pada balok (N)

$V_k$  : gaya geser yang dihitung akibat gempa pada kolom (N)

$h_n$  : tinggi bersih kolom (mm)

2) Menghitung nilai  $V_c$  Dengan rumus :

$$V_c = 0,17 \cdot \left[ 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right] \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot c \cdot d \quad (3-16)$$

3) Menghitung nilai  $V_s$  Dengan rumus :

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3-17)$$

4. Kontrol kekuatan geser :

$$V_n = V_s + V_c \quad (3-18)$$

$$\phi V_n > V_u \quad (3-19)$$

## 1.4 Joint Balok – Kolom Beton Bertulang

Menurut Setiawan (2016) hubungan pertemuan balok dan kolom pada perencanaan struktur perlu mendapat perhatian yang sebaik-baiknya. Karena pada pertemuan sambungan balok kolom tersebut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi. Tulangan atas balok pada suatu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan atas balok pada sisi yang lain mengalami tulangan tekan. Sedangkan tulangan bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya.

Dengan memberikan perhatian yang sebaik-baiknya pada pertemuan balok dan kolom akan mencegah terbentuknya sendi plastis dan terjadinya kehancuran pada daerah pertemuan tersebut.

### 1.4.1 Defleksi Balok dan Kolom Akibat Gaya Gempa

Defleksi merupakan aspek yang harus diperhitungkan pada struktur. Apabila Defleksi yang terjadi pada struktur melebihi Defleksi ijin, dapat menimbulkan kegagalan konstruksi.

Jika defleksi yang terjadi diakibatkan pengaruh gaya gempa, maka bagian struktur yang mengalami kerusakan adalah joint balok – kolom. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka perlu adanya penguatan pada daerah joint.

Rumus untuk menghitung defleksi akibat gaya gempa menurut Hong & Lee (2004) adalah sebagai berikut:

$$\Delta_k = \frac{V_k \cdot \left(h_k - \frac{h_b}{2}\right)^2}{3 \cdot EI} \quad (4-1)$$

$$\Delta_b = \frac{V_b \cdot \left( (l_b - \frac{c}{2}) \cdot 0,25 \right)^2}{3 \cdot EI} \quad (4-2)$$

keterangan

$\Delta_k$  : defleksi kolom (mm)

$\Delta_b$  : defleksi balok (mm)

$h_k$  : tinggi kolom (mm)

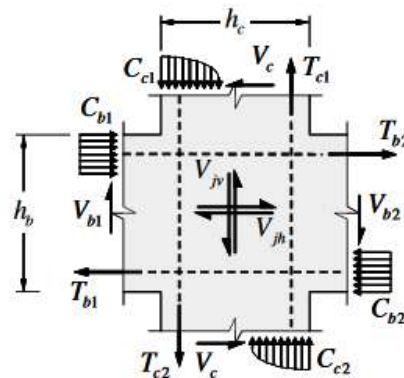
$l_b$  : panjang balok (mm)

E : modulus elastisitas

I : momen inersia (mm<sup>4</sup>)

#### 1.4.2 Gaya-gaya Yang bekerja Pada Joint Balok – Kolom

Seperti juga unsur-unsur (anggota) struktur, pertemuan harus direncanakan terhadap semua macam gaya yang mungkin bekerja yaitu gaya aksial, momen lentur, geser pada tumpuan. Dengan memisalkan bahwa anggota-anggota struktur telah direncanakan dengan semestinya, faktor yang kritis di dalam perencanaan pertemuan adalah pemindahan gaya-gaya yang bekerja pada ujung-ujung anggota ke dalam pertemuan. Suatu titik pertemuan dimana balok-balok ditumpukan pada semua sisi kolom diperlihatkan dalam gambar 2.4. (Kia Wang & Salmon, 1993)

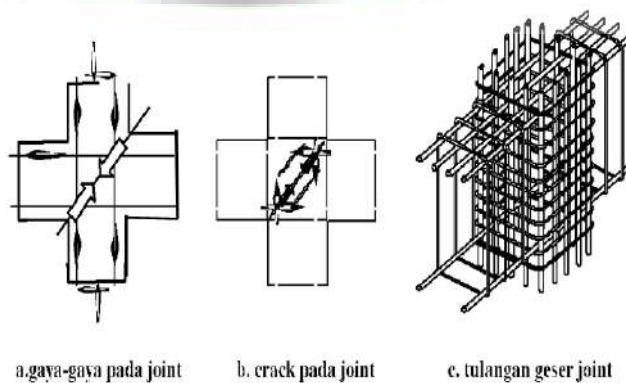


Gambar 2.4 Gaya – gaya Yang Terjadi Pada Joint Balok – Kolom

Sumber: Hong & Lee, 2004

### 1.4.3 Retakan Pada Joint Balok – Kolom

Menurut Widyawati (2009) Retak awal (first crack) hubungan balok kolom terjadi pada saat beton telah melampaui regangan tarik maksimumnya akibat pembebanan. Setelah terjadi retak awal, maka kuat tarik beton maupun kuat geser beton akan bernilai nol, sehingga tulangan longitudinal maupun tulangan sengkang akan mengambil alih tugas beton untuk menahan gaya tarik maupun gaya gesernya.



a. gaya-gaya pada joint

b. crack pada joint

c. tulangan geser joint

Gambar 2.5 Pola Retak joint Balok Kolom

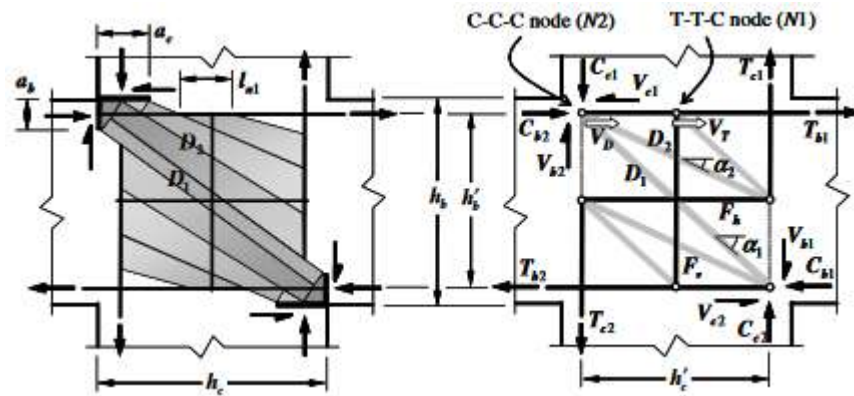
Sumber: Purwanto, 2013

Berdasarkan ilustrasi gambar 2.5 diatas, Purwanto (2013) menjelaskan pola retak awal untuk benda uji joint balok kolom beton dimulai dengan retak rambut pada joint, kemudian retak geser mulai menyerang joint. Kerusakan cenderung terjadi pada joint sehingga terjadi kegagalan struktur pada joint itu sendiri. Oleh sebab itu perlu adanya pengekangan yang sesuai pada daerah joint hubungan tersebut.

#### 1.4.4 Kapasitas Geser Joint Balok – Kolom Dengan Metode *Strut & Tie*

Penunjang dan pengikat (*Strut-and-Tie Model*) adalah suatu sistem penyaluran gaya dalam yang berhubungan dari titik beban kepada penunjang. Prinsip dasar dari metode ini dibuat berdasarkan model kuda-kuda sederhana dengan memberi penekanan pada penyaluran dan distribusi beban dalam struktur. (Lumantarna, 2002)

Bidang tegangan pada joint balok – kolom interior seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 yang mewakili semua keadaan tingkat regangan yang diperlukan, model *strut-and-tie* dikembangkan berdasarkan bidang tegangan ini (Lihat Gambar 2.7). Meskipun gaya tekan  $C_{b2}$  sebenarnya tidak bertepatan dengan gaya tarik  $T_{b1}$ , namun titik gaya tekan diasumsikan berada pada tulangan utama untuk penyederhanaan.



Gambar 2.6 Bidang Tekanan Pada Joint Balok – Kolom Interior

Gambar 2.7 Model *Strut & Tie*

Sumber: Hong & Lee, 2004

Sumber: Hong & Lee, 2004

Berikut langkah analisis joint balok – kolom dengan metode *strut & tie*:

1) Daerah gaya tekan pada joint balok – kolom:

$$ab = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot b_b \cdot f'_c} \quad (4-3)$$

$$ac = \left( 0,25 + \frac{P}{h_k \cdot b_k \cdot f'_c} \right) \cdot h_k \quad (4-4)$$

$$as = \sqrt{ab^2 + ac^2} \quad (4-5)$$

dimana:

ab : daerah tekanan horinzontal (mm)

ac : daerah tekanan vertikal (mm)

as : daerah tekanan diagonal (mm)

2) Menentukan gaya vertikal dan hirizonal pada daerah tekanan joint balok – kolom:

$$V_{jv} = P \quad (4-6)$$

$$T_{b1} = A_{s1} \cdot 1,25 f_y \quad (4-7)$$

$$M_u = (M_{pr^+} + M_{pr^-})/2 \quad (4-8)$$

$$V_c = 2Mu/h \quad (4-9)$$

$$V_{jh} = T_{b1} - V_c \quad (4-10)$$

Dimana:

$V_{jv}$  : gaya tekan vertikal pada joint (kN)

$V_{jh}$  : gaya tekan horizontal pada joint (kN)

$T_{b1}$  : Gaya tarik tulangan utama balok (kN)

3) Menentukan sudut inklinasi ( $\theta$ ) pada joint balok – kolom:

$$l_v = h_b - S_b - D \quad (4-11)$$

$$l_h = c - S_b - D \quad (4-12)$$

$$\theta = \tan^{-1} (l_v/l_h) \quad (4-13)$$

Dimana:

$l_v$  : ukuran vertikal joint balok – kolom (mm)

$l_h$  : ukuran horizontal joint balok – kolom (mm)

$\theta$  : sudut inklinasi

4) Menentukan luasan efektif diagonal *strut* pada joint balok – kolom:

$$A_{str} = a_s \cdot b_j \quad (4-14)$$

Dimana:

$A_{str}$  : luasan efektif diagonal *strut* joint balok – kolom (mm)

$b_j$  : ukuran diagonal *strut* joint balok – kolom (mm)

5) Menentukan nilai indeks *strut and tie* (K) pada joint balok – kolom:

$$K = K_h + K_v - 1 \quad (4-15)$$

Dimana:

K : nilai indeks *strut and tie*

$K_h$  : nilai indeks horizontal *tie*

$K_v$  : nilai indeks vertikal *tie*

6) Menentukan kuat geser nominal pada joint balok – kolom:

$$C_{d,n} = K \cdot \zeta \cdot f_c' \cdot A_{str} \quad (4-16)$$

$$V_{rsc} = \phi C_{d,n} \cdot \cos \theta \quad (4-17)$$

Dimana:

$C_{d,n}$  : kuat tekan diagonal nominal (kN)

$\zeta$  : koefisien kelemahan

$V_{rsc}$  : kuat geser nominal (kN)

### 1.5 Program SAP 2000

SAP 2000 merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah untuk dioperasikan. SAP 2000 ini adalah versi pertama dari SAP yang secara lengkap terintegrasi dengan Microsoft Windows.

Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain; yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara real time sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan

pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat.

Output yang dihasilkan juga dapat ditampilkan sesuai dengan kebutuhan baik berupa model struktur, grafik, maupun spreadsheet. Semuanya dapat disesuaikan dengan kebutuhan untuk penyusunan laporan analisis dan desain.

## 1.6 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

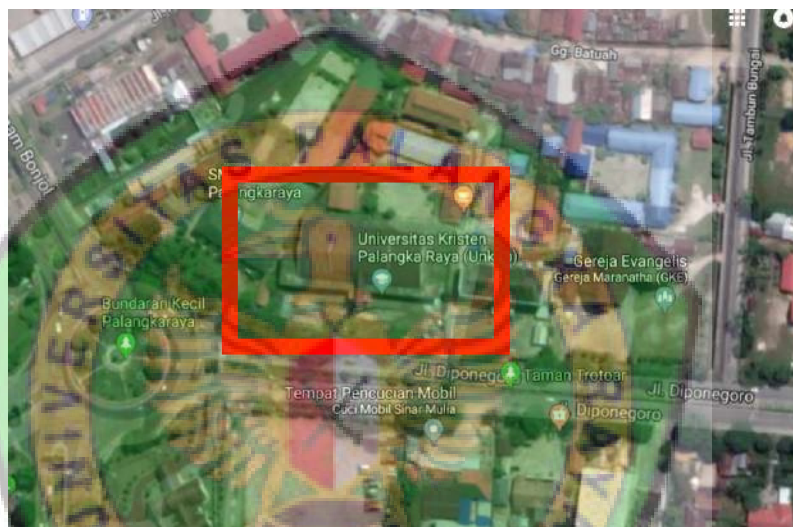
<b>Penelitian (tahun)</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
Nuresta Dwiarti, (2016)	Studi Perilaku Sambungan Balok-Kolom (Beam-Column Joints) Pada Bangunan Struktur Beton Bertulang Komposit (Steel Reinforced Concrete) Akibat Beban Gempa	bahwa metode <i>strut-and-tie</i> memberikan hasil perhitungan yang lebih teliti daripada metode superposisi. elemen struktur dari SRC memiliki kekuatan nominal yang hampir sama dengan elemen struktur dari beton bertulang meskipun dengan ukuran penampang yang lebih kecil
Eddy Ristanto, Suyadi & Laksmi Iriant (2015)	Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung	dapat disimpulkan kedua metode perencanaan ACI 352R-2002 dan SNI 2847-2013 aman namun metode perencanaan ACI 352R-2002 lebih tinggi tingkat keamanannya dan dari segi efisiensi metode perencanaan SNI 2847-2013 lebih besar tingkat efisiensinya.

## BAB III

### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Lokasi Tinjauan

Tinjauan pada perencanaan ini ialah pada bangunan Gedung Aula Sangkuwong berlokasi di Jl. Diponegoro daerah Universitas Kristen Palangka Raya (UNKRIP) atau Lingkungan Cristian Center, Kota Palangka Raya.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Tinjauan

sumber: Google Maps

#### 3.2 Tahapan Penulisan

Penelitian ini dilakukan dengan lima tahapan, dimana setiap tahapan saling berpengaruh. Berikut tahap – tahap kegiatan dijelaskan sebagai berikut:

##### 1. Tahap pertama

Tahap pertama perencanaan ini adalah tahap pendahuluan, kegiatan – kegiatan tahap pendahuluan ini yaitu:

##### a. Penyusunan latar belakang perencanaan.

- b. Penyusunan rumusan masalah.
- c. Penyusunan tujuan perencanaan.
- d. Penyusunan batasan masalah.
- e. Penyusunan manfaat perencanaan.

## 2. Tahap kedua

Tahap kedua perencanaan ini adalah tahapan tinjauan pustaka, yaitu sebagai berikut:

- a. Pengertian Struktur Beton Bertulang.
- b. Balok beton bertulang.
- c. Kolom beton bertulang.
- d. Joint balok – Kolom beton bertulang.
- e. Program SAP 2000.
- f. Penelitian Terdahulu.

## 3. Tahap ketiga pada perencanaan ini adalah tahap melakukan pengumpulan data. Kegiatan – kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu:

- a. Lokasi tinjauan.
- b. Tahapan penulisan.
- c. Data perencanaan.
  - Jenis data
  - Teknik pengumpulan data
- d. Data berupa:
  - Data mutu bahan
  - Data pembebanan

- Data gambar perencanaan
- Data desain struktur awal

#### 4. Tahap keempat

Tahap keempat adalah mengolah data:

- a. Perhitungan analisis struktur dengan program SAP 2000.
- b. Perhitungan desain struktur balok dan kolom berdasarkan SNI 2847-2013
- c. Menganalisis perilaku joint balok kolom
- d. Hasil perencanaan:
  - Berupa dimensi struktur dan penulangan struktur balok kolom
  - Perilaku joint serta desain joint balok kolom.

#### 5. Tahap kelima

Tahapan kelima ini adalah tahap pengambilan kesimpulan dan saran, penulisan jurnal dan penulisan tugas akhir dari hasil perencanaan yang dilakukan.

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam perencanaan ini membutuhkan beberapa data yang dibutuhkan dalam perhitungan. Data yang diperlukan tersebut berupa data sekunder yang didapat dari pihak – pihak yang terkait di proyek Pembangunan Gedung Aula Sangkuwong Kota Palangka Raya, berikut data – datanya:

1. Data mutu bahan, data ini berupa mutu bahan bangunan seperti mutu beton ( $f_c'$ ) dan mutu tulangan ( $f_y$ ) dan lainnya. Yang digunakan sebagai dasar perencanaan.
2. Data pembebanan, data ini berupa data beban yang akan diterima oleh struktur tersebut yaitu beban mati (berat sendiri bangunan) dan beban hidup (tergantung fungsi bangunan).
3. Data gambar perencanaan, data ini berupa gambar denah dan gambar dimensi bangunan. Data ini berfungsi sebagai dasar perencanaan dalam menganalisis struktur bangunan.
4. Data desain struktur awal, data ini berupa dimensi setiap item struktur serta penulangan yang dipakai. Data ini berfungsi sebagai pembanding dari hasil perhitungan yang akan dilakukan.
5. Dan data lainnya untuk membantu dalam perencanaan yang diambil berdasarkan SNI 2847-2013, SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012

### **3.4 Teknik Perencanaan**

Langkah – langkah perencanaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis struktur dengan program SAP 2000.
  - a. Menghitung dimensi minimal.
  - b. Melakukan pemodelan struktur berdasarkan dimensi minimal.
  - c. Menginput data pembebanan dan data mutu bahan.
  - d. Dan dilakukan analisis sehingga didapatkan gaya-gaya dalam.

2. Mendesain penulangan balok induk, balok anak dan kolom.
  - a. Menghitung tulangan utama balok induk, balok anak dan kolom.
  - b. Mengontrol tulangan utama terhadap momen.
  - c. Menghitung penulangan geser.
  - d. Mengontrol tulangan geser terhadap gaya geser.
  
3. Menganalisis kapasitas geser joint balok – kolom.
  - a. Dari hasil desain perencanaan, dianalisis gaya – gaya yang terjadi pada joint balok – kolom.
  - b. Menganalisis gaya geser yang terjadi pada joint balok – kolom.
  - c. Menghitung kemampuan joint balok – kolom dalam menahan gaya geser.
  - d. Menghitung penulangan yang diperlukan joint balok – kolom.
  
4. Membandingkan desain struktur hasil analisis terhadap desain awal.

### 3.5 Bagan Alir Perencanaan



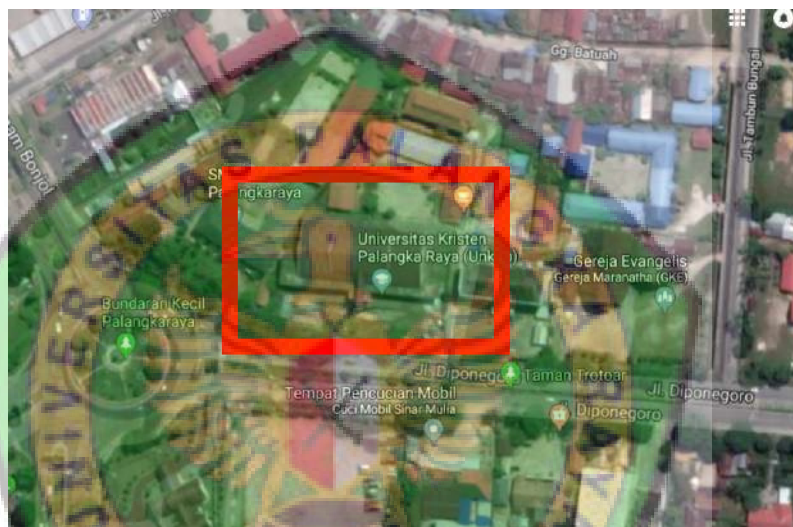
Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan

## BAB III

### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Lokasi Tinjauan

Tinjauan pada perencanaan ini ialah pada bangunan Gedung Aula Sangkuwong berlokasi di Jl.Diponegoro daerah Universitas Kristen Palangka Raya (UNKRIP) atau Lingkungan Cristian Center, Kota Palangka Raya.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Tinjauan

sumber: Google Maps

#### 3.2 Tahapan Penulisan

Penelitian ini dilakukan dengan lima tahapan, dimana setiap tahapan saling berpengaruh. Berikut tahap – tahap kegiatan dijelaskan sebagai berikut:

##### 1. Tahap pertama

Tahap pertama perencanaan ini adalah tahap pendahuluan, kegiatan – kegiatan tahap pendahuluan ini yaitu:

##### a. Penyusunan latar belakang perencanaan.

- b. Penyusunan rumusan masalah.
- c. Penyusunan tujuan perencanaan.
- d. Penyusunan batasan masalah.
- e. Penyusunan manfaat perencanaan.

## 2. Tahap kedua

Tahap kedua perencanaan ini adalah tahapan tinjauan pustaka, yaitu sebagai berikut:

- a. Pengertian Struktur Beton Bertulang.
- b. Balok beton bertulang.
- c. Kolom beton bertulang.
- d. Joint balok – Kolom beton bertulang.
- e. Program SAP 2000.
- f. Penelitian Terdahulu.

## 3. Tahap ketiga pada perencanaan ini adalah tahap melakukan pengumpulan data. Kegiatan – kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu:

- a. Lokasi tinjauan.
- b. Tahapan penulisan.
- c. Data perencanaan.
  - Jenis data
  - Teknik pengumpulan data
- d. Data berupa:
  - Data mutu bahan
  - Data pembebanan

- Data gambar perencanaan
- Data desain struktur awal

#### 4. Tahap keempat

Tahap keempat adalah mengolah data:

- a. Perhitungan analisis struktur dengan program SAP 2000.
- b. Perhitungan desain struktur balok dan kolom berdasarkan SNI 2847-2013
- c. Menganalisis perilaku joint balok kolom
- d. Hasil perencanaan:
  - Berupa dimensi struktur dan penulangan struktur balok kolom
  - Perilaku joint serta desain joint balok kolom.

#### 5. Tahap kelima

Tahapan kelima ini adalah tahap pengambilan kesimpulan dan saran, penulisan jurnal dan penulisan tugas akhir dari hasil perencanaan yang dilakukan.

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam perencanaan ini membutuhkan beberapa data yang dibutuhkan dalam perhitungan. Data yang diperlukan tersebut berupa data sekunder yang didapat dari pihak – pihak yang terkait di proyek Pembangunan Gedung Aula Sangkuwong Kota Palangka Raya, berikut data – datanya:

1. Data mutu bahan, data ini berupa mutu bahan bangunan seperti mutu beton ( $f_c'$ ) dan mutu tulangan ( $f_y$ ) dan lainnya. Yang digunakan sebagai dasar perencanaan.
2. Data pembebanan, data ini berupa data beban yang akan diterima oleh struktur tersebut yaitu beban mati (berat sendiri bangunan) dan beban hidup (tergantung fungsi bangunan).
3. Data gambar perencanaan, data ini berupa gambar denah dan gambar dimensi bangunan. Data ini berfungsi sebagai dasar perencanaan dalam menganalisis struktur bangunan.
4. Data desain struktur awal, data ini berupa dimensi setiap item struktur serta penulangan yang dipakai. Data ini berfungsi sebagai pembanding dari hasil perhitungan yang akan dilakukan.
5. Dan data lainnya untuk membantu dalam perencanaan yang diambil berdasarkan SNI 2847-2013, SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012

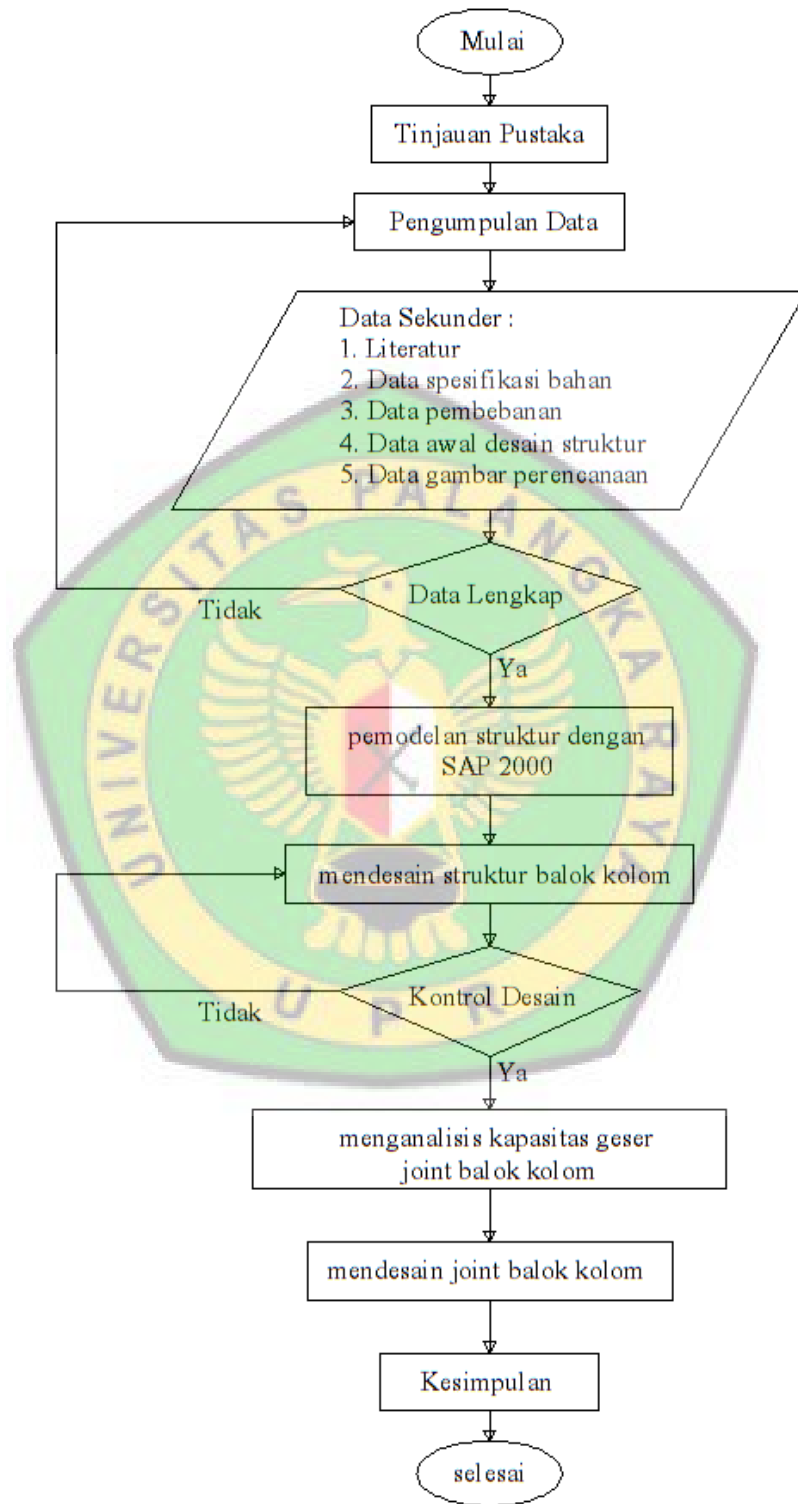
### **3.4 Teknik Perencanaan**

Langkah – langkah perencanaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis struktur dengan program SAP 2000.
  - a. Menghitung dimensi minimal.
  - b. Melakukan pemodelan struktur berdasarkan dimensi minimal.
  - c. Menginput data pembebanan dan data mutu bahan.
  - d. Dan dilakukan analisis sehingga didapatkan gaya-gaya dalam.

2. Mendesain penulangan balok induk, balok anak dan kolom.
  - a. Menghitung tulangan utama balok induk, balok anak dan kolom.
  - b. Mengontrol tulangan utama terhadap momen.
  - c. Menghitung penulangan geser.
  - d. Mengontrol tulangan geser terhadap gaya geser.
  
3. Menganalisis kapasitas geser joint balok – kolom.
  - a. Dari hasil desain perencanaan, dianalisis gaya – gaya yang terjadi pada joint balok – kolom.
  - b. Menganalisis gaya geser yang terjadi pada joint balok – kolom.
  - c. Menghitung kemampuan joint balok – kolom dalam menahan gaya geser.
  - d. Menghitung penulangan yang diperlukan joint balok – kolom.
  
4. Membandingkan desain struktur hasil analisis terhadap desain awal.

### 3.5 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1.1 Kesimpulan

Dari perencanaan dan analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dengan judul “Evaluasi Perencanaan Struktur Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil evaluasi struktur dengan metode SRPMK pada ruang pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya didapat hasil desain dari 3 komponen struktur yang ditinjau:
  - a. Kolom dengan dimensi 400 mm x 400 mm dan tulangan utama 8D16, tulangan geser tumpuan 4D13 – 100 dan tulangan geser lapangan 4D10 – 175
  - b. Balok Induk dengan dimensi 300/500 mm dan tulangan utama tumpuan 8D16 dan tulangan utama lapangan 7D16, tulangan geser tumpuan 2Ø10 – 95 dan tulangan geser lapangan 2Ø10 – 115
  - c. Balok Anak dengan dimensi 200/350 mm dan tulangan utama tumpuan 4D12 dan tulangan utama lapangan 4D12, tulangan geser tumpuan Ø8 – 65 dan tulangan geser lapangan Ø8 – 130

2. Analisis joint balok – kolom di Ruang Pertemuan Gedung Aula Sangkuwong Palangka Raya berdasarkan metode *strut and tie* menunjukkan joint memiliki kapasitas geser yang cukup besar dengan kuat geser nominal = 1.059,01 kN lebih besar dari gaya geser yang terjadi. Sehingga joint balok kolom cukup dipasang tulangan geser minimum 3D13 – 100.

## 1.2 Saran

Dari semua tahap yang dilalui dalam mengerjakan tugas akhir ini, maka penulis dapat memberikan saran untuk perencanaan berikutnya, yaitu:

1. Jika suatu wilayah masuk dalam zona gempa, maka sebaiknya dalam data perencanaan diperhitungkan gaya gempa yang terjadi bahkan pada gedung sederhana demi keamanan pengguna gedung.
2. Dalam prinsip desain kapasitas, untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan pada seluruh komponen, maka hanya perlu memperkuat daerah atau titik yang pertama kali mengalami kerusakan. Dalam hal struktur yang mengalami gaya lateral, daerah yang rawan adalah joint balok – kolom, maka untuk perencanaan gedung berikutnya perlu ditinjau daerah – daerah dan titik rawan kerusakan pada komponen struktur tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. *Balok Dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Asroni, A. 2010. *Kolom Fondasi Dan Balok T Beton Bertulang*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Asroni, A. 2017. *Teori dan Desain Kolom Fondasi Balok "T" Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Muhammadiyah University Press. Surakarta
- Badan Standarisasi Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013*. Jakarta
- Badan Standarisasi Indonesia. 2013. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 1726-2012*. Jakarta
- Badan Standarisasi Indonesia. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 1727-2013*. Jakarta
- Chu-Kia Wang & Salmon, C.G. 1994. *Disain beton bertulang*. Erlangga. Jakarta
- Dewobroto, W. 2007. *Aplikasi rekayasa konstruksi dengan SAP 2000*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Dwiarti, Nuresta. 2012. Studi Perilaku Sambungan Balok-Kolom (Beam-Column Joints) Pada Bangunan Struktur Beton Bertulang Komposit (Steel Reinforced Concrete) Akibat Beban Gempa. *Jurnal teknik sipil*. Yogyakarta.
- Hong, S & Lee, S. 2004. Strut-And-Tie Models For Deformation Of Reinforced Concrete Beam-Column Joints Dependent On Plastic Hinge Behavior Of Beams. *World Conference on Earthquake Engineering*. Canada.
- Hwang, S & Lee, H. 2002. Strength Prediction for Discontinuity Regions by Softened Strut-and-Tie Model. *Journal of Structural Engineering*.

- Marzon, Islam. M & Elhusna. 2018. Analisis Penampang Kolom Beton bertulang Persegi Panjang berlubang. *Jurnal Teknik Sipil*, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W. R. Supratman. Kandang Limun. Bengkulu.
- Muallidiniyah, A. 2018. Pengetahuan Umum Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Gunadarma.
- Pamungkas, A & Harianti, E. 2018. *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Andi Offset. Yogyakarta
- Purwanto, E. 2013. Kinerja Hubungan Balok Kolom Beton Bertulang Dengan Pembebanan Statik. *Jurnal Matrik Teknik Sipil*. Universitas Negeri Surakarta.
- Ristanto, E, Suyadi & Irianti, L. 2015. Analisis Joint Balok Kolom Dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 Pada Hotel Serela Lampung. *Jurnal Teknik Sipil*, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Schodek, Daniel L. 1998. *Struktur*. PT. Refika Aditama. Bandung
- Setiawan, A.A. 2016. *Perancangan struktur beton bertulang*. Erlangga. Jakarta timur.
- Widyawati, R. 2009. Keruntuhan Lentur Balok Pada Struktur Joint Balok-Kolom Beton Bertulang Eksterior Akibat Beban Siklik. *Jurnal Rekayasa Vo. 13 No. 3*. Universitas Bandar Lampung. Bandar Lampung, indonesia.
- Wahana Komputer. 2010. *Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan Dan Gedung Dengan SAP 2000 Versi 14*. Andi Publisher
- Yuan, yu hsieh. 1985. *Teori dasar struktur*. Erlangga. Jakarta