



**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY*
*FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)***

**UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

SKRIPSI

Oleh:

Dandy Wahyu Irwanto

NIM 151910301117

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY*
FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)
UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
Dan mencapai gelar sarjana

Oleh:

Dandy Wahyu Irwanto

NIM 151910301117

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah kupanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan serta hidayahnya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dari segala kekurangan ku, semoga dengan semua usaha dan doa dapat membawa ilmu yang bermanfaat kedepannya.

Untuk itu saya ingin mempersembahkan Tugas Akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Agus Sugianto dan Ibu Uin Irawati yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan dari motivasi, doa dan kasih sayang yang tak terhingga sehingga saya dapat menyelesaikan dan mewujudkan suatu kebanggaan ini.
2. Keluarga Ibu Tri Widayanti selaku orang tua kedua saya selama menjalani pendidikan di Universitas Jember yang memberi semangat secara moril dan materiil sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.
3. Kakakku Ainiyatul Muvida yang selalu menjadi teman dirumah dan memberi saya motivasi dukungan untuk meraih kesuksesan.
4. Adik saya tersayang Fahmi Reza Anugerah dan Clara Mikaila Amanda yang selalu memberi motivasi dukungan.
5. Keluarga besar Teknik Sipil 15 dan Kelas C yang kusayangi, terimakasih atas semangat dan dukungannya selama ini, semoga kita semua bisa meraih mimpi bersama.
6. Kepada sahabat-sahabat seperjuangan, Frendy, Zulvi, Anwar yang berjuang bersama selama menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman KKN 264 Kertonegoro yang memberi dukungan dari menyelesaikan sempro, semhas sampai ujian tugas akhir ini.
8. Dan kepada pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

MOTTO

“Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan pada ilmu
pengetahuan”

(Ali bin Abi Thalib)

“Visi tanpa eksekusi adalah halunisasi”

(Henry Ford)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dandy Wahyu Irwanto

NIM : 151910301117

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)* UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2019

Yang menyatakan,

Dandy Wahyu Irwanto

NIM. 151910301117

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY*
*FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)***

**UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

Oleh

Dandy Wahyu Irwanto

NIM. 151910301117

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, ST.,MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Nanin Meyfa Utami, ST.,MT.

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul "Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB PROJECT)* Universitas Jember Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)" telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 21 Oktober 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,



Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 19731015 199602 1 001

Pembimbing Anggota,



Nani Meyfa Utami S.T., M.T.
NIP. 760015715

Tim Penguji:

Penguji I,



Dr. Ir. Kristumartti, MT
NIP. 19661228 199903 1 002

Penguji II,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP. 19661215 199503 2 001

Mengesahkan
Di dan Fakultas Teknik, Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

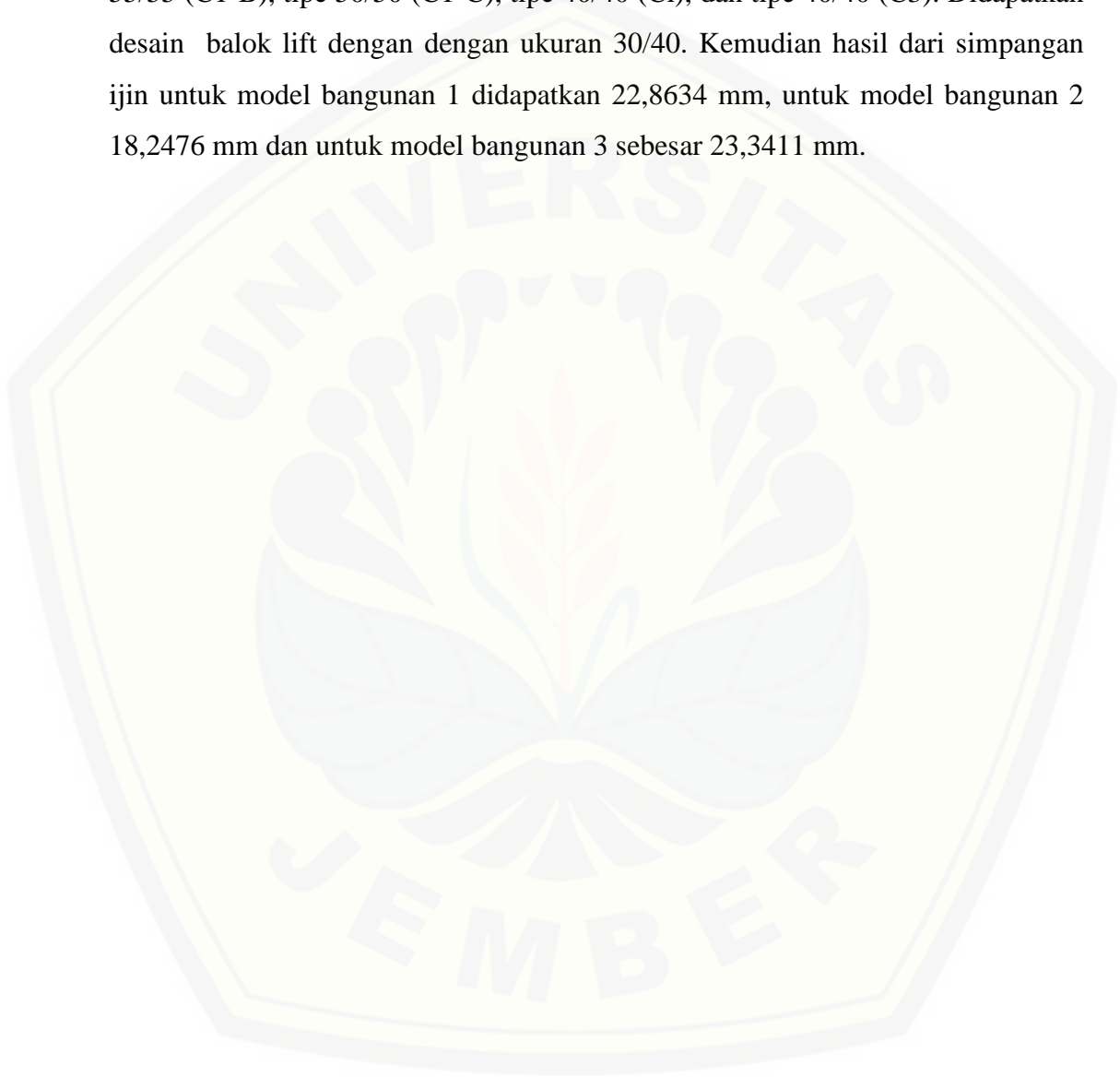
Perencanaan Struktur Gedung Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB Project) Universitas Jember dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK); Dandy Wahyu Irwanto, 151910301117; 2019; 152 Halaman; Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB Project)* di Universitas Jember bertujuan untuk: (1) Merencanakan struktur gedung laboratorium dengan perencanaan awal 7 lantai dengan menggunakan *single system* yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan mencari perbandingan simpangan ijin dari perencanaan gedung awal yang menggunakan Sistem Dinding Struktural (SDS). (2) Menentukan dimensi setiap elemen struktur atas seperti: Balok, Kolom, dan Pelat. (3) Menentukan gaya dalam yang bekerja pada struktur dengan program bantu SAP 2000. (4) Menghitung kebutuhan tulangan setiap elemen struktur atas dan mencari *displacement* dan *drift* dari 3 model perencanaan struktur gedung yang dibuat.

Dalam mengerjakan tugas akhir ini penulis menggunakan perencanaan sesuai berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Sedangkan untuk desain yang digunakan *single system* menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). . Gedung Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember merupakan gedung bertingkat 7 lantai, dimana lantai 7 sebagai *rooftop* dan tinggi bangunan total 27 meter.

Berdasarkan hasil perhitungan Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) didapatkan *preliminary design* untuk balok induk direncanakan 5 macam tipe ukuran yaitu tipe 40/50 (B1-B), tipe 30/50 (B2-B), tipe 20/40 (B3), tipe 25/30 (BB) dan tipe 20/30 (BL).

Kemudian didapatkan balok anak dengan tipe 30/40 (B1-C). Didapat desain pelat lantai sebanyak 13 tipe dengan ketebalan 120 mm dan didapatkan tebal pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 150 mm. Kolom direncanakan didapatkan 5 macam tipe kolom dengan ukuran yaitu tipe 55/55 (C1-A), tipe 55/55 (C1-B), tipe 50/50 (C1-C), tipe 40/40 (C1), dan tipe 40/40 (C3). Didapatkan desain balok lift dengan dengan ukuran 30/40. Kemudian hasil dari simpangan ijin untuk model bangunan 1 didapatkan 22,8634 mm, untuk model bangunan 2 18,2476 mm dan untuk model bangunan 3 sebesar 23,3411 mm.



SUMMARY

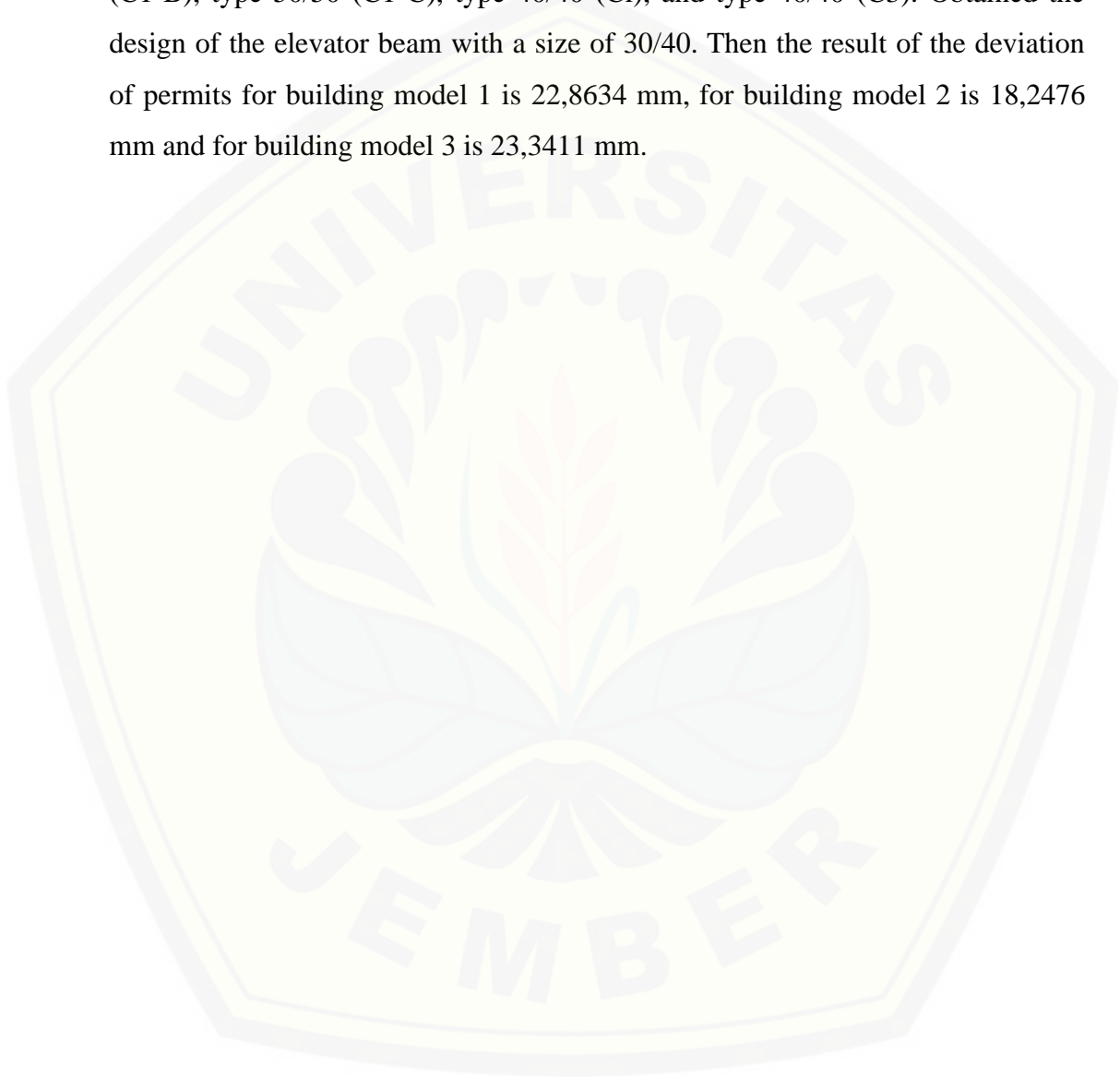
Re-design The Structure Building Integrated Laboratory For Natural Science and Food Technology (IDB Project) Jember University With Method Special Moment Resisting Frame System (SRPMK); Dandy Wahyu Irwanto, 151910301117; 2019; 152 pages; Program S1 Degree Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Re-design The Structure Building Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology (IDB Project) Jember University With Method Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) is to: (1) the structure of the laboratory building with an initial planning of 7 floors using a single system, namely the Special Moment Resisting Frame System and looking for a comparison of permit deviations from the planning initial building that uses a Structural Wall System (SDS). (2) Determine the dimensions of each element of the upper structure such as: Beams, Columns and Plates. (3) Determine the internal forces acting on the structure with the SAP 2000 assist program. (4) Calculate the reinforcement needs of each upper structure element and look for displacement and drift of the 3 building structure planning models created.

The purpose of this study is to writer uses planning according to SNI 03-2847-2013 concerning Procedures for Earthquake Resilience Planning for Buildings and Non-Buildings, and SNI 1727-2013 concerning Guidelines for Planning for Loading for Houses and Buildings. As for the design that is used a single system using the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). . The Laboratory Building of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Jember is 7 floors building, where the 7th floor is a rooftop and the total building height is 27 meters.

Based on the calculation results of Building Structure Planning with Special Moment Resistant Frame System (SRPMK), it is found that preliminary design for the main beam is planned for 5 types of size types, namely type 40/50 (B1-B), type 30/50 (B2-B), type 20 / 40 (B3), type 25/30 (BB) and type 20/30 (BL). Then

a child beam of type 30/40 (B1-C) is obtained. Obtained as many as 13 types of floor plate designs with a thickness of 120 mm and obtained the thickness of the stairs plate and landing plate with a thickness of 150 mm. The column is planned to get 5 types of column types with sizes namely type 55/55 (C1-A), type 55/55 (C1-B), type 50/50 (C1-C), type 40/40 (C1), and type 40/40 (C3). Obtained the design of the elevator beam with a size of 30/40. Then the result of the deviation of permits for building model 1 is 22,8634 mm, for building model 2 is 18,2476 mm and for building model 3 is 23,3411 mm.



PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB PROJECT)* Universitas Jember Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari dalam menyusun tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa memberikan perhatian, bimbingan, dan petunjuk baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Strata I Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Syamsul Arifin., ST., MT.selaku Dosen Pembimbing Akademik saat saya menjadi mahasiswa;
5. Dwi Nurtanto, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nanin Meyfa Utami., ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, petunjuk dan perhatian dalam penulisan tugas akhir ini;
6. Dr.Ir. Krisnamurti,MT., M.T.dan Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran dan kritik saat ujian tugas akhir untuk membangun dalam penulisan tugas akhir ini;

7. Syamsul Arifin., ST., MT dan Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran dan kritik saat seminar proposal yang membangun dalam penulisan tugas akhir ini;
8. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan tugas akhir ini.

Pembahasan dari penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu mohon saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhirnya, besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 3 Juli 2019

Penulis



**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY*
FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)
UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

SKRIPSI

Oleh:

Dandy Wahyu Irwanto

NIM 151910301117

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY*
FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)
UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
Dan mencapai gelar sarjana

Oleh:

Dandy Wahyu Irwanto

NIM 151910301117

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah kupanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan serta hidayahnya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dari segala kekurangan ku, semoga dengan semua usaha dan doa dapat membawa ilmu yang bermanfaat kedepannya.

Untuk itu saya ingin mempersembahkan Tugas Akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Agus Sugianto dan Ibu Uin Irawati yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan dari motivasi, doa dan kasih sayang yang tak terhingga sehingga saya dapat menyelesaikan dan mewujudkan suatu kebanggaan ini.
2. Keluarga Ibu Tri Widayanti selaku orang tua kedua saya selama menjalani pendidikan di Universitas Jember yang memberi semangat secara moril dan materiil sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.
3. Kakakku Ainiyatul Muvida yang selalu menjadi teman dirumah dan memberi saya motivasi dukungan untuk meraih kesuksesan.
4. Adik saya tersayang Fahmi Reza Anugerah dan Clara Mikaila Amanda yang selalu memberi motivasi dukungan.
5. Keluarga besar Teknik Sipil 15 dan Kelas C yang kusayangi, terimakasih atas semangat dan dukungannya selama ini, semoga kita semua bisa meraih mimpi bersama.
6. Kepada sahabat-sahabat seperjuangan, Frendy, Zulvi, Anwar yang berjuang bersama selama menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman KKN 264 Kertonegoro yang memberi dukungan dari menyelesaikan sempro, semhas sampai ujian tugas akhir ini.
8. Dan kepada pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

MOTTO

“Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan pada ilmu
pengetahuan”

(Ali bin Abi Thalib)

“Visi tanpa eksekusi adalah halunisasi”

(Henry Ford)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dandy Wahyu Irwanto

NIM : 151910301117

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)* UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2019

Yang menyatakan,

Dandy Wahyu Irwanto

NIM. 151910301117

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG *INTEGRATED LABORATORY*
*FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY (IDB PROJECT)***

**UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

Oleh

Dandy Wahyu Irwanto

NIM. 151910301117

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, ST.,MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Nanin Meyfa Utami, ST.,MT.

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB PROJECT)* Universitas Jember Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 21 Oktober 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP.19731015 199802 1 001

Nanin Meyfa Utami S.T., M.T..
NIP.760015715

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

Dr.Ir. Krisnamurti, MT
NIP. 19661228 199903 1 002

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP. 19661215 199503 2 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik, Universitas Jember

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

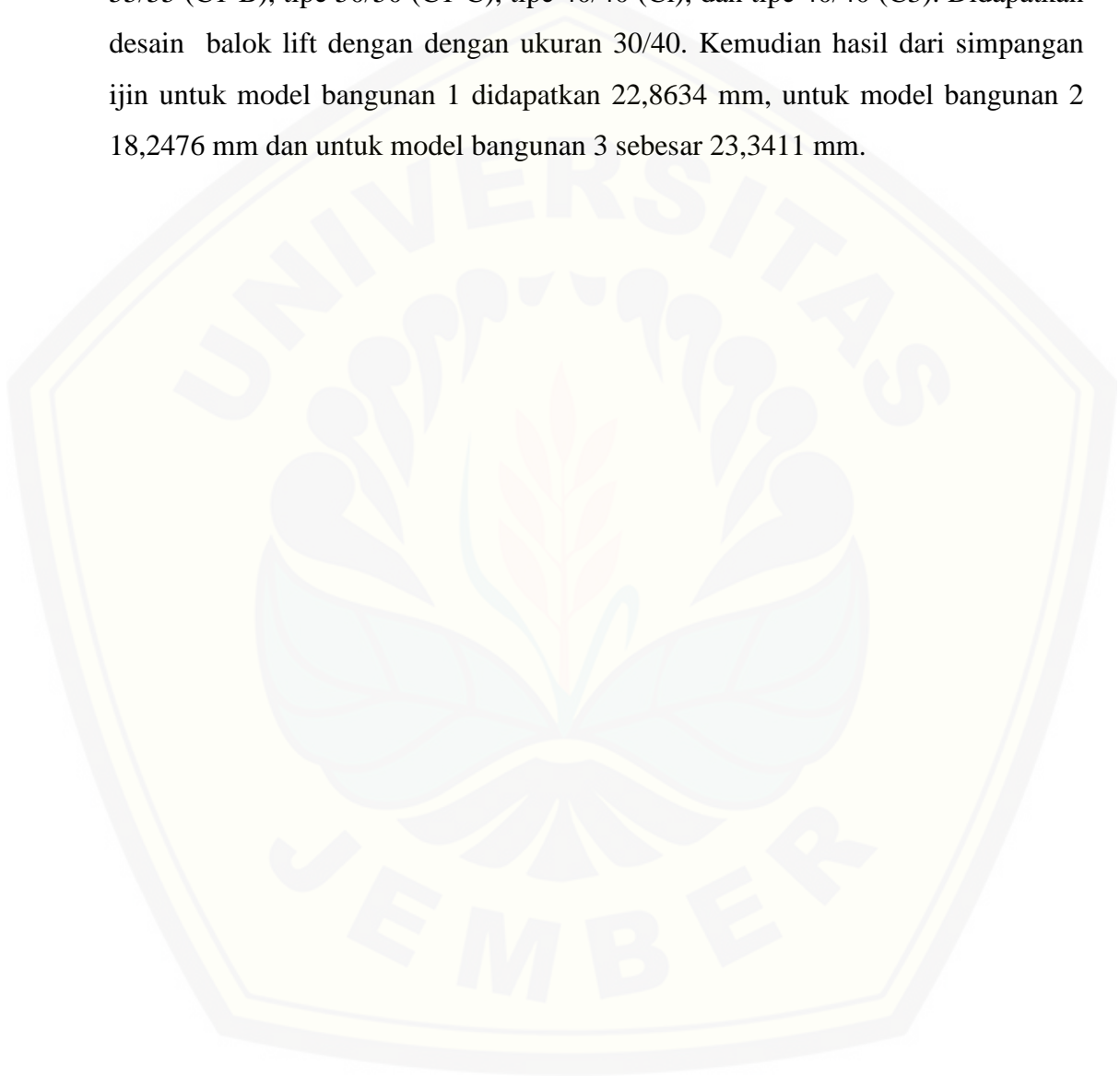
Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB Project)* Universitas Jember dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK); Dandy Wahyu Irwanto, 151910301117; 2019; 152 Halaman; Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB Project)* di Universitas Jember bertujuan untuk: (1) Merencanakan struktur gedung laboratorium dengan perencanaan awal 7 lantai dengan menggunakan *single system* yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan mencari perbandingan simpangan ijin dari perencanaan gedung awal yang menggunakan Sistem Dinding Struktural (SDS). (2) Menentukan dimensi setiap elemen struktur atas seperti: Balok, Kolom, dan Pelat. (3) Menentukan gaya dalam yang bekerja pada struktur dengan program bantu SAP 2000. (4) Menghitung kebutuhan tulangan setiap elemen struktur atas dan mencari *displacement* dan *drift* dari 3 model perencanaan struktur gedung yang dibuat.

Dalam mengerjakan tugas akhir ini penulis menggunakan perencanaan sesuai berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Sedangkan untuk desain yang digunakan *single system* menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). . Gedung Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember merupakan gedung bertingkat 7 lantai, dimana lantai 7 sebagai *rooftop* dan tinggi bangunan total 27 meter.

Berdasarkan hasil perhitungan Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) didapatkan *preliminary design* untuk balok induk direncanakan 5 macam tipe ukuran yaitu tipe 40/50 (B1-B), tipe 30/50 (B2-B), tipe 20/40 (B3), tipe 25/30 (BB) dan tipe 20/30 (BL).

Kemudian didapatkan balok anak dengan tipe 30/40 (B1-C). Didapat desain pelat lantai sebanyak 13 tipe dengan ketebalan 120 mm dan didapatkan tebal pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 150 mm. Kolom direncanakan didapatkan 5 macam tipe kolom dengan ukuran yaitu tipe 55/55 (C1-A), tipe 55/55 (C1-B), tipe 50/50 (C1-C), tipe 40/40 (C1), dan tipe 40/40 (C3). Didapatkan desain balok lift dengan dengan ukuran 30/40. Kemudian hasil dari simpangan ijin untuk model bangunan 1 didapatkan 22,8634 mm, untuk model bangunan 2 18,2476 mm dan untuk model bangunan 3 sebesar 23,3411 mm.



SUMMARY

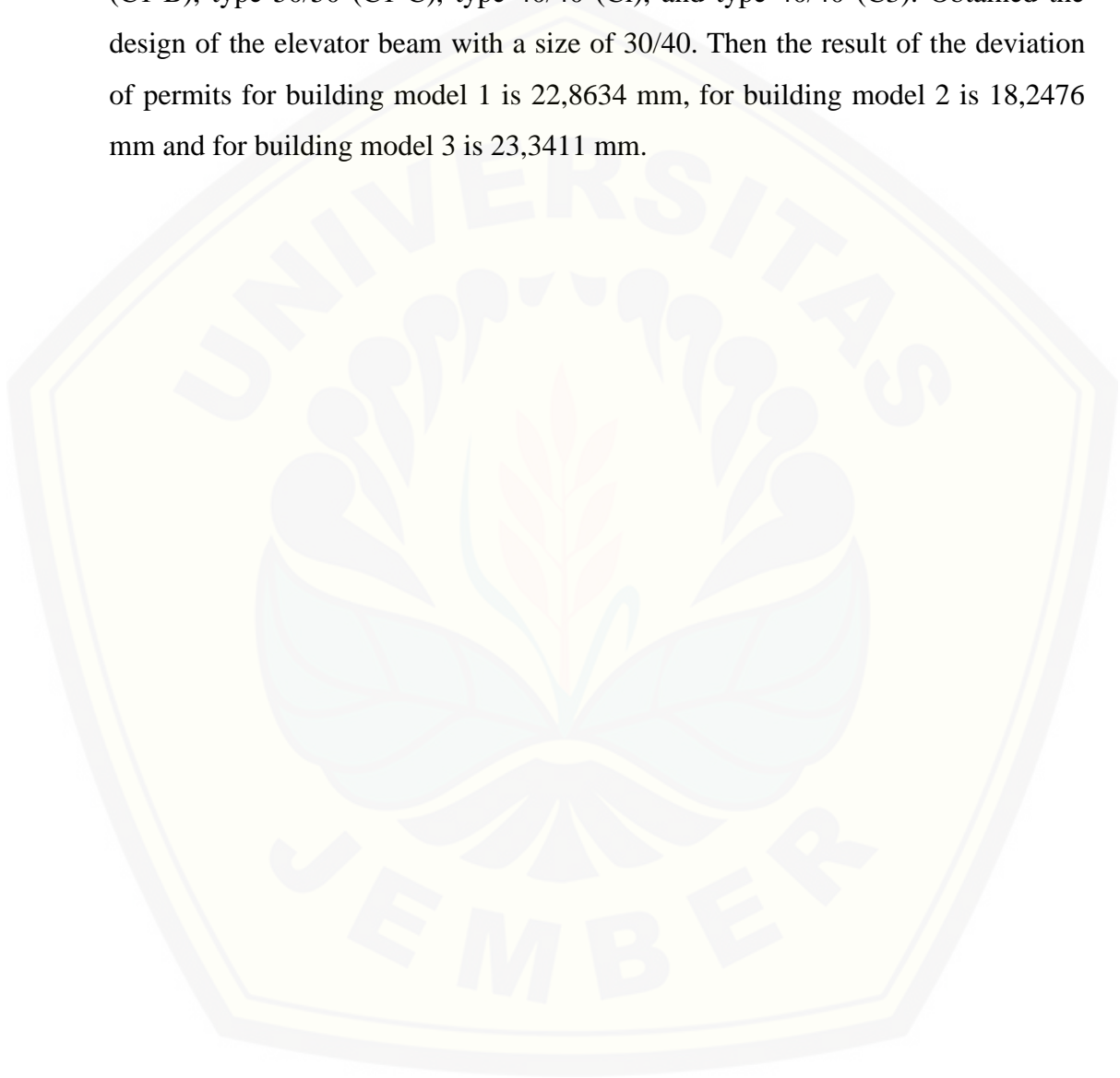
Re-design The Structure Building Integrated Laboratory For Natural Science and Food Technology (IDB Project) Jember University With Method Special Moment Resisting Frame System (SRPMK); Dandy Wahyu Irwanto, 151910301117; 2019; 152 pages; Program S1 Degree Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Re-design The Structure Building Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology (IDB Project) Jember University With Method Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) is to: (1) the structure of the laboratory building with an initial planning of 7 floors using a single system, namely the Special Moment Resisting Frame System and looking for a comparison of permit deviations from the planning initial building that uses a Structural Wall System (SDS). (2) Determine the dimensions of each element of the upper structure such as: Beams, Columns and Plates. (3) Determine the internal forces acting on the structure with the SAP 2000 assist program. (4) Calculate the reinforcement needs of each upper structure element and look for displacement and drift of the 3 building structure planning models created.

The purpose of this study is to writer uses planning according to SNI 03-2847-2013 concerning Procedures for Earthquake Resilience Planning for Buildings and Non-Buildings, and SNI 1727-2013 concerning Guidelines for Planning for Loading for Houses and Buildings. As for the design that is used a single system using the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). . The Laboratory Building of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Jember is 7 floors building, where the 7th floor is a rooftop and the total building height is 27 meters.

Based on the calculation results of Building Structure Planning with Special Moment Resistant Frame System (SRPMK), it is found that preliminary design for the main beam is planned for 5 types of size types, namely type 40/50 (B1-B), type 30/50 (B2-B), type 20 / 40 (B3), type 25/30 (BB) and type 20/30 (BL). Then

a child beam of type 30/40 (B1-C) is obtained. Obtained as many as 13 types of floor plate designs with a thickness of 120 mm and obtained the thickness of the stairs plate and landing plate with a thickness of 150 mm. The column is planned to get 5 types of column types with sizes namely type 55/55 (C1-A), type 55/55 (C1-B), type 50/50 (C1-C), type 40/40 (C1), and type 40/40 (C3). Obtained the design of the elevator beam with a size of 30/40. Then the result of the deviation of permits for building model 1 is 22,8634 mm, for building model 2 is 18,2476 mm and for building model 3 is 23,3411 mm.



PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science And Food Technology (IDB PROJECT)* Universitas Jember Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari dalam menyusun tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa memberikan perhatian, bimbingan, dan petunjuk baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Strata I Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Syamsul Arifin., ST., MT.selaku Dosen Pembimbing Akademik saat saya menjadi mahasiswa;
5. Dwi Nurtanto, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nanin Meyfa Utami., ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, petunjuk dan perhatian dalam penulisan tugas akhir ini;
6. Dr.Ir. Krisnamurti,MT., M.T.dan Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran dan kritik saat ujian tugas akhir untuk membangun dalam penulisan tugas akhir ini;

7. Syamsul Arifin., ST., MT dan Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran dan kritik saat seminar proposal yang membangun dalam penulisan tugas akhir ini;
8. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan tugas akhir ini.

Pembahasan dari penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu mohon saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhirnya, besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 3 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LatarBelakang	1
1.2 Rumusan Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Beton Bertulang	5
2.3 Standar Perencanaan	6
2.4 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	6
2.4.1Beban Mati (Dead Load/DL).....	6
2.4.2 Beban Hidup (Live Load/LL).....	7
2.4.3 Beban Angin.....	8
2.4.4 Penentuan Beban Gempa Menurut SNI 1726-2012	8
2.5 Kekuatan Perlu	12
2.5.1 Kuat Geser	14
2.5.2Tulangan Geser Minimum.....	14
2.5.3Desain Tulangan Geser.....	15
2.6 Ketentuan-Ketentuan untuk SRPMK	15
2.6.1 Ruang Lingkup Komponen Struktur Lentur Balok	15

2.6.1.1 Tulangan Longitudinal.....	15
2.6.1.2 Tulangan Transversal.....	16
2.6.1.3 Persyaratan Kuat Geser.....	17
2.6.2 Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial Pada SRPMK.....	17
2.6.2.1 Kuat Lentur Minimum Kolom.....	18
2.6.2.2 Tulangan Longitudinal.....	19
2.6.2.3 Tulangan Transversal.....	20
2.6.3 Persyaratan Kekuatan Geser.....	21
2.6.3.1 Gaya Desain.....	21
2.6.3.2 Tulangan Transversal.....	21
2.6.4 Joint Rangka Momen Khusus.....	22
2.6.4.1 Kekuatan Geser.....	22
2.6.4.2 Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam Kondisi Tarik.....	23
2.7 Perhitungan Perencanaan.....	24
2.7.1 Perencanaan Tangga.....	24
2.7.2 Perencanaan Pelat.....	25
2.7.3 Perencanaan Pelat Atap.....	26
2.7.4 Perencanaan Balok.....	26
2.7.5 Perencanaan Balok Anak.....	27
2.7.6 Perencanaan Kolom.....	28
2.8 Detail Tulangan.....	29
2.8.1 Kait Standar.....	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Jenis Penelitian.....	31
3.2 Waktu Penelitian.....	31
3.3 Lokasi Penelitian.....	31
3.4 Data Penelitian.....	32
3.4.1 Data Sekunder.....	32

3.5 Langkah-Langkah Penelitian.....	32
3.6 Data yang diperlukan.....	34
3.7 Diagram Alir	35
3.8 Time Schedule Penelitian.....	36
BAB 4 PEMBAHASAN	37
4.1 Preliminary Design	37
4.1.1 Data Perencanaan	37
4.1.2 Dimensi Balok	38
4.1.3 Perhitungan Tebal Pelat	42
4.1.4 Perhitungan Balok T	44
4.1.5 Kontrol Tebal Pelat	50
4.1.6 Dimensi Kolom	50
4.1.7 Dimensi Tangga	55
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder	59
4.2.1 Perencanaan Pelat Lantai	59
4.2.1.1 Penulangan	62
4.2.2 Perencanaan Pelat Atap	66
4.2.3 Pembebanan Pada Tangga	71
4.2.4 Perhitungan Tulangan Bordes dan Tulangan Tangga	74
4.2.5 Perencanaan Balok Bordes	76
4.2.6 Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi	78
4.2.7 Penulangan Geser	79
4.2.8 Perencanaan Balok Anak.....	80
4.2.9 Perhitungan Penulangan Puntir (Torsi) Balok Anak	88
4.3 Perencanaan Pembebanan.....	90
4.3.1 Beban Gempa	91
4.4 Kontrol Validasi Program Bantu SAP	93
4.5 Perencanaan Struktur Primer.....	95
4.5.1 Perencanaan Balok Induk	95
4.5.2 Perenulangan Geser pada Balok Induk	103
4.5.3 Perhitungan Penulangan Puntir (Torsi) Balok Induk	107

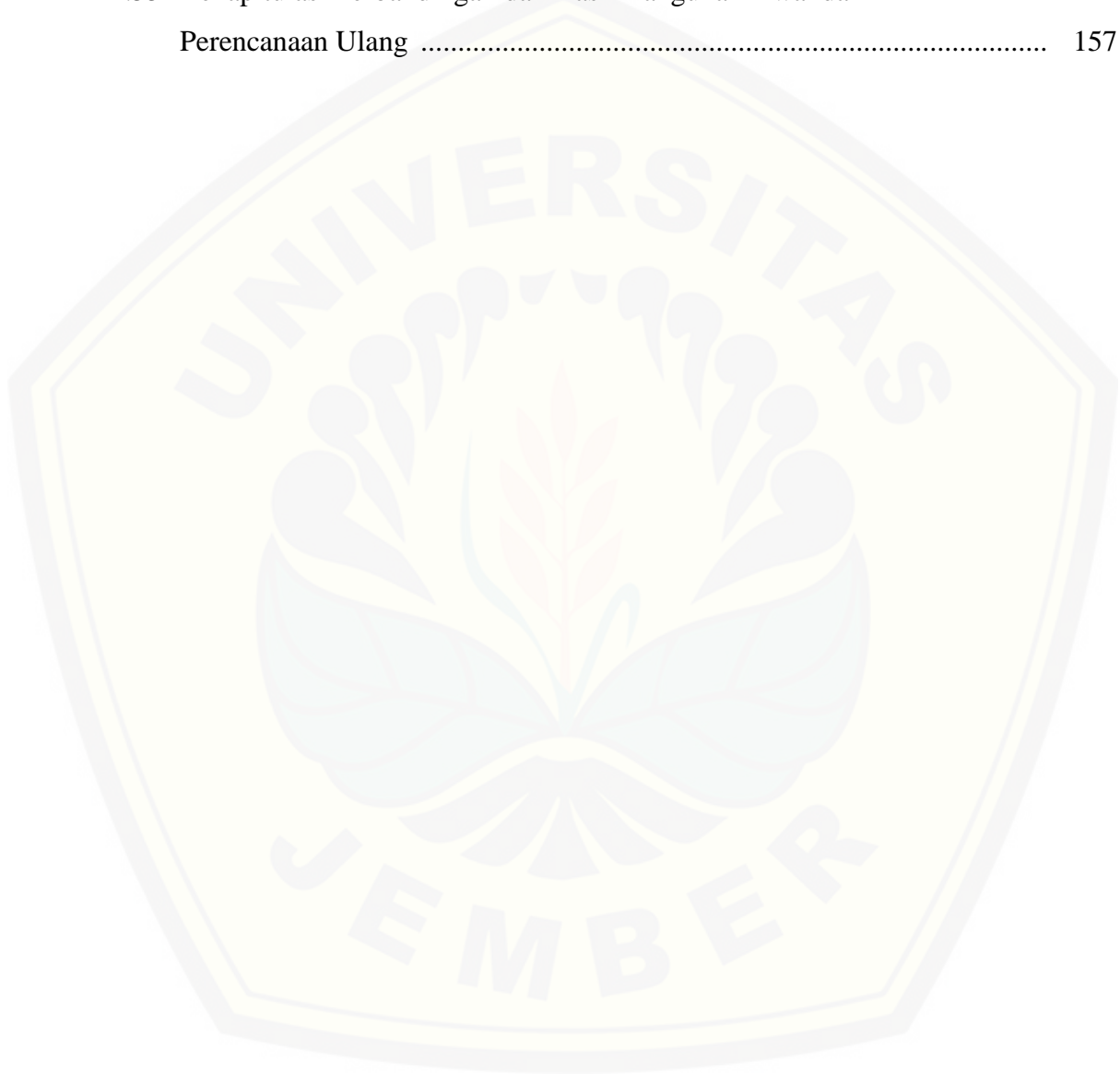
4.5.4 Perencanaan Penulangan Kolom	112
4.5.5 Syarat <i>Strong Column Weak Beam</i>	121
4.5.6 Perhitungan Tulangan Transversal	122
4.5.7 Penulangan Geser Kolom	125
4.5.8 Panjang Lewatan Kolom	127
4.6 Hubungan Balok Kolom	131
4.6.1 Panjang Penyaluran tulangan deform dalam tekan	132
4.6.2 Panjang Penyaluran Tulangan Tarik	132
4.6.3 Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik	132
4.6.4 Kontrol Sambungan Balok Kolom	133
4.6.5 Tipe Kolom dengan Dimensi 40/40	135
4.7 Perencanaan Balok Lift	138
4.7.1 Perencanaan Dimensi Balok Lift	140
4.7.2 Penulangan Lentur Balok Lift	141
4.7.3 Penulangan Geser Balok Lift	146
4.8 Displacement	149
4.8.1 Simpangan Antar Lantai	149
4.8.2 Hasil Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai	154
BAB 5 PENUTUP	159
5.1 Kesimpulan	159
5.2 Saran	159
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	7
2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung	7
2.3 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Bangunan	9
2.4 Faktor Keutamaan Gempa	11
2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan (Sds).....	11
2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan (Sds1).....	11
2.7 Sistem Penahan Gaya Gempa.....	12
2.8 Faktor Reduksi	13
2.9 Diameter Minimum Bengkokan	30
4.1 Perhitungan Tebal Pelat.....	43
4.2 Perhitungan Tebal Pelat Kantilever	44
4.3 Perhitungan Balok T dan Nilai am	49
4.4 Beban Mati Kolom C1-A/C1-B	51
4.5 Beban Mati Kolom C1-C	53
4.6 Beban Mati Kolom CL	54
4.7 Dimensi Kolom	55
4.8 Beban Mati Pelat Lantai	60
4.9 Perhitungan Pelat Lantai.....	61
4.10 Penulangan Arah X	64
4.11 Penulangan Arah Y	65
4.12 Penulangan Arah Y dan Arah X	66
4.13 Beban Mati Pelat Atap	67
4.14 Beban Hidup Pelat Atap	67
4.15 Perhitungan Pelat Atap	68
4.16 Penulangan Arah X	70
4.17 Penulangan Arah Y	71
4.18 Penulangan Arah Y dan Arah X	71
4.19 Beban Mati Tangga	71
4.20 Beban Mati Balok Bordes	76

4.21	Beban Mati Balok Anak	82
4.22	Rekapitulasi Torsi pada Balok Anak	89
4.23	Beban Mati Lantai dan Atap	94
4.24	Beban Hidup	95
4.25	Beban Terfaktor Terbesar pada SAP 2000	95
4.26	Perhitungan Tulangan Lentur	102
4.27	Perhitungan Penggunaan Tulangan	103
4.28	Penentuan Kuat Rencana (SNI 2847-2013)	103
4.29	Penulangan Torsi Balok Induk	110
4.30	Perhitungan Tulangan Geser Balok Tumpuan.....	111
4.31	Hasil Tulangan Geser Balok Tumpuan	111
4.32	Perhitungan Tulangan Geser Balok Lapngan.....	111
4.33	Hasil Tulangan Geser Balok Lapngan	111
4.34	Perhitungan Cek Kapasitas Balok Induk.....	112
4.35	Pemeriksaan Tipe Kolom	119
4.36	Pembesaran Momen	119
4.37	Kapasitas Kolom	120
4.38	Perhitungan Tulangan Transversal	125
4.39	Perhitungan Nilai Mpr dari <i>Output</i> Program SAP2000 untuk Menghitung V_e (gaya geser)	129
4.40	Perhitungan Nilai V_e (gaya geser)	130
4.41	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser.....	130
4.42	Rekapitulasi Hasil Penulangan Kolom	130
4.43	Perhitungan Panjang Lewatan	131
4.44	Simpangan Antar Lantai Ijin	150
4.45	Kontrol Simpangan Arah X pada Model Bangunan 1	151
4.46	Kontrol Simpangan Arah Y pada Model Bangunan 1	151
4.47	Kontrol Simpangan Arah X pada Model Bangunan 2	152
4.48	Kontrol Simpangan Arah Y pada Model Bangunan 2	153
4.49	Kontrol Simpangan Arah X pada Model Bangunan 3	154
4.50	Kontrol Simpangan Arah Y pada Model Bangunan 3	154

4.51 Perbandingan <i>Displacement</i> Arah X	154
4.52 Perbandingan <i>Displacement</i> Arah Y	155
4.53 Perbandingan <i>Drift</i> Arah X	156
4.54 Perbandingan <i>Drift</i> Arah Y	156
4.55 Rekapitulasi Perbandingan dan Hasil Bangunan Awal dan Perencanaan Ulang	157

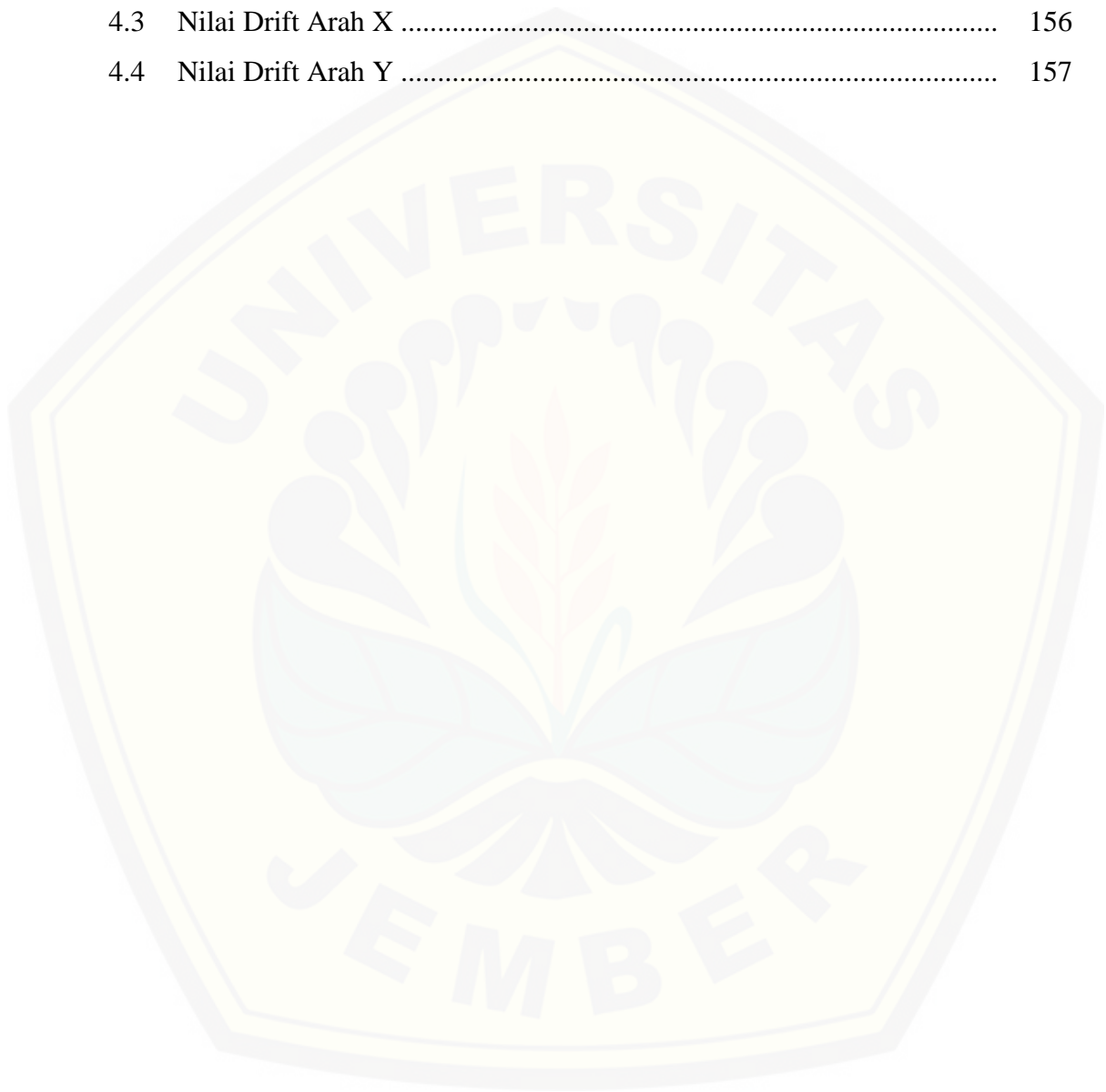


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Geser Desain untuk Balok-Kolom.....	18
2.2 Luas Joint Efektif	23
3.1 Peta Lokasi Gedung Laboratorium Fakultas M.I.P.A Unej	31
4.1 Denah Struktur Gedung Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.....	38
4.2 Rencana Pembalokan Bentang 8000 mm x 8000 mm.....	39
4.3 Rencana Pelat Lantai	42
4.4 Rencana Kolom pada As C-2	50
4.5 Denah Tangga.....	56
4.6 Detail Tangga	57
4.7 Rencana Pembalokan.....	81
4.8 Mencari Titik Koordinat Lokasi Bangunan.....	92
4.9 Hasil Perhitungan Respons Spektrum Setelah Memasukkan Titik Koordinat Melalui situs Puskim.pu.go.id	92
4.10 <i>Output</i> Balok Frame 896 dari Program SAP2000	96
4.11 Penulangan Balok Ukuran 400 mm x 500 mm	108
4.12 <i>Output</i> Kolom 437 dari Program SAP2000.....	112
4.13 Diagram Interaksi P-M Kolom C1-A	114
4.14 Diagram Faktor Panjang Tekuk Rangka Bergoyang	116
4.15 <i>Output</i> PCA Column dari Kolom Bawah dan Atas	122
4.16 <i>Output</i> PCA Column dari Kolom Bawah dan Atas.....	126
4.17 Detail Penulangan Kolom C1-A	129
4.18 Detail Sambungan Balok Kolom.....	135
4.19 Lift Tipe Hyundai	138
4.20 Spesifikasi List Tipe Hyundai	139
4.21 <i>Output</i> Balok Lift dari SAP2000	141
4.22 Simpangan pada Model Bangunan 1	151
4.23 Simpangan pada Model Bangunan 2	152
4.24 Simpangan pada Model Bangunan 3.....	153

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
4.1 Nilai Displacement Arah X	155
4.2 Nilai Displacement Arah Y	155
4.3 Nilai Drift Arah X	156
4.4 Nilai Drift Arah Y	157



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur bangunan adalah wujud fisik hasil dari suatu pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukan baik yang ada di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah dan di air. Disebutkan bangunan apabila memiliki suatu unsur wujud fisik berupa rumah, gedung, jembatan, waduk dan sarana transportasi lainnya (Kurniawan, 2018). Konstruksi bangunan merupakan suatu kegiatan untuk membangun sebuah infrastruktur sarana maupun prasarana, dan didesain dengan sedemikian rupa agar dapat menahan beban fungsi dari bangunan itu sendiri. Konstruksi bangunan diterapkan sebaik mungkin untuk mengurangi resiko kegagalan ketika terjadi gempa, dengan mendesain bangunan kokoh maka bangunan yang akan dihasilkan akan semakin aman untuk digunakan.

Meningkatnya kebutuhan akan gedung tinggi harus diimbangi dengan pemahaman tentang sistem struktur gedung tinggi, terutama ketahanan terhadap gempa. Dalam SNI 1726-2012 telah diatur sistem ataupun subsistem struktur untuk merencanakan struktur gedung tahan gempa. Pada bangunan bertingkat, semakin tinggi suatu bangunan maka beban akibat gaya lateral yang terjadi akan semakin besar. Oleh karena itu, kekakuan dan kekuatan struktur sangat menentukan dalam menahan dan menampung beban yang bekerja pada struktur bangunan. Saat ini, tipe sistem struktur yang biasa digunakan pada bangunan berlantai khususnya dikawasan Indonesia, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Ganda. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dapat memikul beban gravitasi dan beban lateral (Widiati, 2016).

Dengan adanya sistem perencanaan struktur yang memiliki daktilitas tinggi yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), maka gedung bertingkat akan semakin terjamin keamanan dan ketahanan saat terjadi gaya gempa pada bangunan tersebut.

SRPMK merupakan salah satu sistem struktur dengan daktilitas tinggi dan memiliki persyaratan yang detail dalam perhitungan penulangan komponen

struktur aksial, lentur dan geser untuk setiap elemen seperti kolom, balok dan sambungan balok-kolom yang akan mempengaruhi kinerja pada bangunan ketika beban gempa (Nadeak, 2016).

Perencanaan pada struktur gedung yang sudah dalam tahap pembangunan bertujuan untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan pada suatu gedung dan efektif akibat gempa rencana. Gedung Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember merupakan gedung bertingkat 7 lantai, dimana lantai 7 sebagai *rooftop* dan tinggi bangunan total 27 meter. Gedung ini menggunakan perencanaan *dual system* yaitu dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktural (SDS).

Dalam Tugas Akhir ini akan merencanakan ulang gedung tersebut dengan perencanaan struktur *single system* menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan daktilitas paling tinggi (daktail) dan dibandingkan dengan *dual system* berapa hasil *displacement* yang didapatkan dari 2 perbandingan sistem. Untuk perhitungan penulangan yang sangat detail khususnya pada sambungan balok kolom dimana elemen struktur tersebut sangat mempengaruhi kinerja struktur pada saat terjadi gempa rencana dan juga Negara Indonesia memiliki kategori gempa yang sangat tinggi. Dengan jumlah lantai direncanakan 7 lantai, Tinggi lantai dasar adalah 5 meter dan untuk lantai 2-5 menggunakan 4 meter, lantai 6-7 menggunakan 3 meter. Perencanaan ini terdiri dari struktur atas dengan pekerjaan yang terdiri dari balok, kolom dan plat dengan fungsi bangunan laboratorium. Sistem Rangka Pemikul adalah sistem rangka dalam mana komponen – komponen struktur dan join – joinnya menahan seluruh gaya yang bekerja pada bangunan melalui aksi lentur (Virgiansyah, 2018) dan program bantu menggunakan Software bentuk struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dalam penelitian ini di angkat permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah struktur gedung perkuliahan dengan menggunakan *single system* Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)?
2. Bagaimana hasil *displacement* dan *drift* dari bangunan *dual system* dan *single system*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang sebuah struktur gedung perkuliahan dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sesuai dengan peraturan SNI 2847 : 2013.
2. Membandingkan simpangan (*displacement*) dari bangunan *dual system* dan bangunan *single system*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat di ambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menambah wawaasan dan pengetahuan tentang Teknik Sipil terutama dalam ilmu perencanaan ataupun perhitungan struktur gedung bertingkat.
- b. Diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat yang mampu menahan beban gempa rencana.
- c. Diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan atau evaluasi bagi konsultan dalam menentukan perencanaan gedung bertingkat yang lebih efisien dalam pekerjaan konstruksi bangunan.
- d. Diharapkan dapat menjadi sebuah referensi perencanaan gedung perkuliahan diseluruh Indonesia dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

1.5 Batasan Masalah

1. Bangunan yang ditinjau adalah Gedung Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
2. Fungsi bangunan berupa gedung laboratorium.

3. Mutu beton plat, balok, dan kolom ($f'c$) adalah 35 Mpa.
4. Mutu baja deform (f_y) adalah 400 Mpa dan mutu baja polos (f_u) adalah 240 Mpa.
5. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.
6. Perencanaan yang akan dihitung meliputi perhitungan struktur beton bertulang (plat atap, plat lantai, plat tangga, balok anak, balok induk, kolom dan HBK).
7. Perhitungan gempa menggunakan analisis respon spektrum dan untuk zona gempa kategori 4 karena lokasi berada di kabupaten Jember.
8. Tidak menghitung struktur bawah (pondasi).
9. Tidak membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB).
10. Peraturan –peraturan yang digunakan adalah :
 - a. SNI 1726:2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
 - b. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
 - c. SNI 1727:2013, Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dasar dari perencanaan tahan gempa merupakan komponen struktur yang diperbolehkan untuk mengalami kelelahan. Komponen struktur yang leleh tersebut merupakan komponen yang menyerap energy gempa selama bencana itu terjadi. Agar memenuhi konsep perencanaan struktur bangunan tahan gempa tersebut, maka pada saat gempa elemen yang mengalami kelelahan adalah balok. Oleh karena itu kolom dan sambungan harus dirancang sedemikian rupa agar kedua elemen struktur tidak mengalami kelelahan ketika gempa itu terjadi.

Sambungan balok-kolom merupakan komponen penting yang diperkuat bingkai penahan momen konkrit dan harus dirancang dan terinci dengan benar, terutama ketika bingkai menjadi sasaran pemuatan gempa (Jain. K, 2006).

2.2 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah bahan yang sangat luas digunakan untuk system-system konstruksi. Selain itu, desain elemen-elemen struktur dapat diperoleh hanya dengan mencoba dan menyesuaikan dengan mengasumsikan penampangnya kemudian menganalisisnya. Dengan demikian desain dan analisis dikombinasikan untuk memudahkan pembaca yang baru pertama kali mempelajari beton bertulang.

Dalam banyak hal beton adalah bahan bangunan yang ideal menggabungkan ekonomi, keserbagunaan bentuk dan fungsi, dan ketahanan yang patut diperhatikan terhadap api dan kerusakan waktu. Bahan baku tersedia di hampir setiap negara, dan pembuatan semen relatif sederhana (Baikerikar, 2013-14)

Beton bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan tulangan-tulangan baja yang ditanamkan sebelum pengecoran beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan.

Karena beton bukan merupakan bahan material yang elastis, dengan perilaku ketidaklinierannya mulai dari tahap pembebanan yang paling awal, hanya pendekatan kekuatan batas (*Ultimate*) atau apa yang sering disebut “keadaan dimana beton mendekati keruntuhan”. Pada saat beton melebihi batas (*Ultimate*), akan terjadi perilaku rangkak, lendutan dan rangkak panjang pada beton bertulang. Dalam hal ini perencanaannya harus di rencanakan dengan syarat yang harus memenuhi persyaratan dari beton itu sendiri.

2.3 Standar Perencanaan

Di Indonesia sendiri peraturan desain struktur beton diatur dalam SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, yang disusun dengan mengacu pada peraturan ACI. Dengan menggunakan konsep ini, maka persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain adalah:

- Kuat rencana \geq Kuat Perlu

Secara khusus untuk elemen struktur yang memikul momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial, maka dapat dituliskan secara lebih khusus sebagai berikut :

- $\phi M_n \geq M_u$
- $\phi V_n \geq V_u$
- $\phi P_n \geq P_u$

2.4 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Pada umumnya beban pada suatu struktur yang sering diperhatikan ada 4 macam beban, yaitu :

2.4.1 Beban Mati (*Dead Load / DL*)

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesinmesin serta

peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Berdasarkan Standart Nasional Indonesia 1727-2013 berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Berat sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat
Batu Alam	2600 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Spesi per cm tebal	21 kg/cm ²
Dinding Pasangan 1/2 bata	250 kg/m ²
Plafon	18 kg/m ²
Penutup lantai dan Semen Portland	24 kg/m ²
Kaca, dengan tebal 3 – 5 mm	10 kg/m ²
Sanitasi	20 kg/m ²
Plumbing	20 kg/m ²
Penggantung	7 kg/m ²

Sumber : Standart Nasional Indonesia 1727-2013

2.4.2 Beban Hidup (*Live Load / LL*)

Beban hidup adalah semua beban tidak tetap atau tidak secara permanen, dengan kata lain yakni beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan.

Tabel 2.2 Tabel Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Hunian atau Penggunaan	Beban Merata
1	Rumah tinggal semua ruang kecuali tangga dan balkon	200 kg/m ²
2	Tangga dan jalan keluar	500 kg/m ²
3	Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang Komputer	250 kg/m ² 500 kg/m ²
4	Sekolah Ruang Kelas Koridor diatas lantai pertama Koridor lantai pertama	200 kg/m ² 400 kg/m ² 500 kg/m ²
5	Rumah Sakit	

	Ruang operasi	300 kg/m ²
	Ruang pasien	200 kg/m ²
	Laboratorium	287 kg/m ²
6	Perpustakaan	
	Ruang baca	300 kg/m ²
	Ruang penyimpanan	800 kg/m ²
7	Pabrik	
	Ringan	650 kg/m ²
	Berat	1300 kg/m ²
8	Gedung Perkantoran	
	Lobi dan Koridor lantai pertama	500 kg/m ²
	Kantor	250 kg/m ²
	Koridor diatas lantai pertama	400 kg/m ²
9	Tempat Rekreasi	
	Kolam renang	400 kg/m ²
	Ruang dansa	500 kg/m ²
	Stadium dan tribun	300 kg/m ²

Sumber : *Standart Nasional Indonesia 1727-2013*

2.4.3Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja horisontal / tegak lurus terhadap tinggi bangunan. Untuk gedung – gedung yang dianggap tinggi angin harus diperhitungkan bebannya karena berpengaruh terhadap story drift/simpangan gedung dan penulangan geser.

Berikut langkah-langkah pembebanan angin menurut SNI 1727-2013, Pasal 27, Tabel 27,2-1 sebagai berikut:

- Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain.
- Menentukan kecepatan angin dasar, V , untuk gedung kategori resiko yang sesuai.
- Menentukan parameter beban angin.
- Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h
- Menentukan tekanan velositas q , atau q_h
- Menentukan koefisien tekan eksternal C_p dan C_N
- Menghitung tekanan angin, p , pada setiap permukaan gedung

2.4.4 Penentuan Beban Gempa Menurut SNI 1726:2012

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada bangunan atau dapat disebut pergerakan dibagian tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada

struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, jadi beban gempa merupakan beban yang terjadi pada gaya - gaya di dalam struktur yang digerakkan oleh tanah itu sendiri. Beban gempa yang dimaksud meliputi :

a. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Bangunan

Standar ini sangat menentukan pengaruh pada gempa rencana dan harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat dari pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Untuk berbagai kategori resiko bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan.

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Bangunan.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko terhadap jiwa manusia pada saat kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan dan peternakan - Fasilitas Sementara, - Gedung penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain kecuali yang termasuk dalam kategori I,II,IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung Perkantoran - Apartemen/ rumah susun - Bangunan Industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan non gedung yang memiliki i resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk	

- Bioskop,
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Penjara
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Bangunan untuk orang jompo

III

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori IV yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari jika terjadi kegagalan tapi tidak dibatasi untuk

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk:

- a. bangunan monumental
- b. Gedung sekolah, Rumah sakit dan fasilitas kesehatan
- c. Fasilitas pemadam kebakaran
- d. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi
- e. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tangga darurat
- f. Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadm kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat

IV

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori IV.

Sumber: *Standart Nasional Indonesia 1726-2012*

- b. Faktor Keutamaan

Faktor keutamaan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

Sumber: SNI 1727-2013

c. Kategori Desain Seismik (KDS)

Tabel KDS dapat dilihat pada tabel 2.5 dan tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (S_{DS}).

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1727-2013

Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (S_{DS1}).

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS1} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS1} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{DS1}$	D	D

Sumber: SNI 1727-2013

d. Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah, maka harus diklasifikasi sebagai kelas situs *SA* (batuan keras), *SB* (batuan), *SC* (tanah keras, sangat keras dan batuan lunak), *SD* (tanah sedang), *SE* (tanah lunak), atau *SF* (tanah khusus, yang membutuhkan isvestigasi geoteknik spesifik dan analisis secara spesifik situs). Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs *SE* dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang menentukan kelas situs *SF*. (SNI 1726-2012 Pasal 6.1.2)

e. Sistem Penahan Gaya Gempa

Dari kategori yang ditetapkan oleh SNI – 2847-2013 maka dapat dibuat tabel seperti berikut:

Tabel 2.7 Sistem Penahan Gaya Gempa

Kategori Desai Seismik	Jenis Struktur yang Dapat Digunakan	Faktor Modifikasi Respons	Faktor Kuat Lebih Sistem	Faktor Pembesaran Defleksi
		(<i>R</i>)	(Ω_0)	(<i>C_b</i>)
B	SRPMB	3	3	2.5
	SRPMM	5	3	4.5
	SRPMK	8	3	5.5
C	SRPMM	3	3	4.5
	SRPMK	8	3	5.5
D,E,F	SRPMK	8	3	5.5

Sumber: SNI 2847-2013

Dalam prosedur perencanaan berdasarkan SNI gempa, struktur atas bangunan tahan gempa pada prinsipnya boleh direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi dengan suatu factor modifikasi Respon Struktur (factor *R*), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang memiliki struktur.

2.5 Kekuatan Perlu

Berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 2847:2013 menjelaskan konsep kombinasi pembebanan, antara lain:

$$1. \quad U = 1.4D \dots\dots\dots (2.1)$$

$$2. \quad U = 1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$3. \quad U = 1.2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + 0.5 (L \text{ atau } 0,5W) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$4. \quad U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$5. \quad U = 1.2D + 1.0L + 1.0E + 0,2S \dots\dots\dots (2.5)$$

$$6. \quad U = 0.9D + 1.0E \dots\dots\dots (2.6)$$

$$7. \quad U = 0.9D + 1.0W \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

D = Beban Mati

E = Beban Gempa

L = Beban Hidup

Lr = Beban Hidup atap

R = Beban Hujan

W = Beban Angin

S = Beban Salju

Kecuali sebagai berikut:

- a. Faktor beban pada L dalam Pers. (2.3) sampai (2.5) diizinkan direduksi sampai $0,5$ kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan public dan semua luasan dimana L lebih besar dari $4,8 \text{ kN/m}^2$.
- b. Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, $1,6W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $1,0W$ dalam Pers. (2.4) dan Pers. (2.6) dan $0,8W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $0,5W$ dalam Pers. (2.3).

Agar suatu bangunan dapat terjamin bahwa struktur yang digunakan mampu menahan beban yang bekerja yaitu perlu adanya factor reduksi (ϕ), dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Faktor Reduksi (ϕ)

No	Kondisi Gaya	Faktor Reduksi (ϕ)
1	Penampang terkontrol tarik	0.9

Penampang Terkontrol tekan:		
2	a. Komponen struktur dengan tulangan spiral	0.75
	b. Komponen struktur bertulang lainnya	0.7
3	Geser dan torsi	0.85
4	Tumpuan pada beton	0.7

Sumber: SNI 2847-2013

2.5.1 Kuat Geser

Sesuatu desain penampang yang dikenai geser yang harus didasarkan pada rumus berikut menurut (SNI 2847-2013, Pasal 11)

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan

$$V_n = V_u + V_c \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana V_c adalah kekuatan geser nominal.

2.5.2 Tulangan Geser Minimum

Luas tulangan geser minimum, A_{vmin} , harus disediakan dalam semua komponen-komponen struktur lentur beton bertulang (prategang maupun non-prategang) dimana $V_u \geq 0,5 \phi V_c$, kecuali pada komponen struktur yang memenuhi satu atau lebih dari a sampai f : (SNI 2847-2013, Pasal 11.4.6)

- Fondasi tapak (*footing*) dan slab solid;
- Unit inti berlubang (*hollow-core*) dengan tinggi tanpa slab tptal tidak lebih besar dari 315 mm dan unit inti berlubang dimana $V_u \leq 0,5 \phi V_{cw}$;
- Konstruksi balok (*joist*) beton yang didefinisikan dalam pasal 8.13;
- Balok dengan h tidak lebih besar dari 250 mm;
- Balok yang menyatu dengan slab dengan h tidak lebih besar dari 600 mm dan tidak lebih besar dari 2,5 kali tebal sayap (*flange*), dan 0,5 kali lebih lebar badan (*web*);
- Balok yang dibangun dari beton berat normal bertulangan serat baja dengan f_c tidak boleh melebihi 40 Mpa, dan untuk h tidak lebih besar dari 600 mm, dan $V_u \leq 0,17 \sqrt{f_c} b w d$.

2.5.3 Desain Tulangan Geser

Bila V_u melebihi ϕV_c maka tulangan geser harus disediakan untuk memenuhi persamaan (2.8) dan (2.9) dimana tulangan geser tegak lurus dengan sumbu komponen struktur maka V_s harus dihitung sebagai berikut: (SNI 2847-2013, Pasal 11.4.7)

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_{yt} \cdot d}{s} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

A_v adalah luas tulangan geser yang berada dalam spasi s

2.6 Ketentuan – Ketentuan untuk SRPMK

2.6.1 Ruang Lingkup Komponen Struktur Lentur Balok

Persyaratan berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.5, Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur harus memenuhi beberapa ketentuan-ketentuan seperti dibawah ini:

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$
- Bentang bersih untuk komponen struktur I_n , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- Lebar komponen b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm

2.6.1.1 Tulangan Longitudinal

- Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur
 - Jumlah tulangan tidak boleh kurang dari

$$AS_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} b_w d \dots\dots\dots (2.11)$$

- Tidak boleh kurang dari $1,4 b_w d / f_y$
- Rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi **0.025**.

4. Sekurang-kurangnya harus ada 2 batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus.
- b. Kuat lentur positif komponen lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatifnya pada muka penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.
- c. Sambungan lewatan pada tulangan lentur hanya diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut. Spasi sengkang yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut tidak melebihi $d/4$ atau 100mm. sambungan lewatan tidak boleh digunakan:
 1. Daerah hubungan balok kolom.
 2. Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom.
 3. Tempat-tempat yang berdasarkan analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastik struktur rangka.

2.6.1.2 Tulangan Transversal

- a. Sengkang harus dipasang pada komponen struktur pada daerah – daerah dibawa ini:
 1. Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
 2. Disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.
- b. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak melebihi 50 mm dari muka tumpuan.
 1. $d/4$
 2. enam diameter terkecil batang tulangan lentur
 3. 150 mm
- c. Pada daerah yang memerlukan sengkang tertutup, tulangan memanjang pada parameter harus mempunyai pendukung lateral

- d. Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ di sepanjang bentang komponen struktur.
- e. Sengkang atau pengikat yang diperlukan untuk memikul geser harus dipasang disepanjang komponen struktur
- f. Sengkang tertutup dan komponen struktur lentur diperbolehkan terdiri dari dua unit tulangan, yaitu sebuah sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung dan ditutup oleh pengikat silang. Pada pengikat silang yang berurutan yang mengikat tulangan memanjang yang sama, kait 90% harus dipasang secara berselang-seling. Jika tulangan memanjang yang diberi pengikat silang dikekang oleh plat lantai hanya pada satu sisi saja maka kait 90% nya harus dipasang pada sisi yang disekang.

2.6.1.3 Persyaratan Kuat Geser

1) Gaya Rencana

Gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum, M_{pr} , harus dianggap bekerja pada muka–muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.

2) Tulangan Transversal

Tulangan transversal sepanjang daerah yang ditentukan harus dirancang untuk memikul geser gempa dengan menganggap $V_c = 0$, bila:

- a. Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai dengan gaya rencana mewakili setengah atau lebih daripada kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut.
- b. Gaya aksial tekan terfaktor, termasuk akibat gempa, lebih kecil dari $A_g f'_c / 20$

2.6.2 Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial pada SRPMK

a. Ruang Lingkup

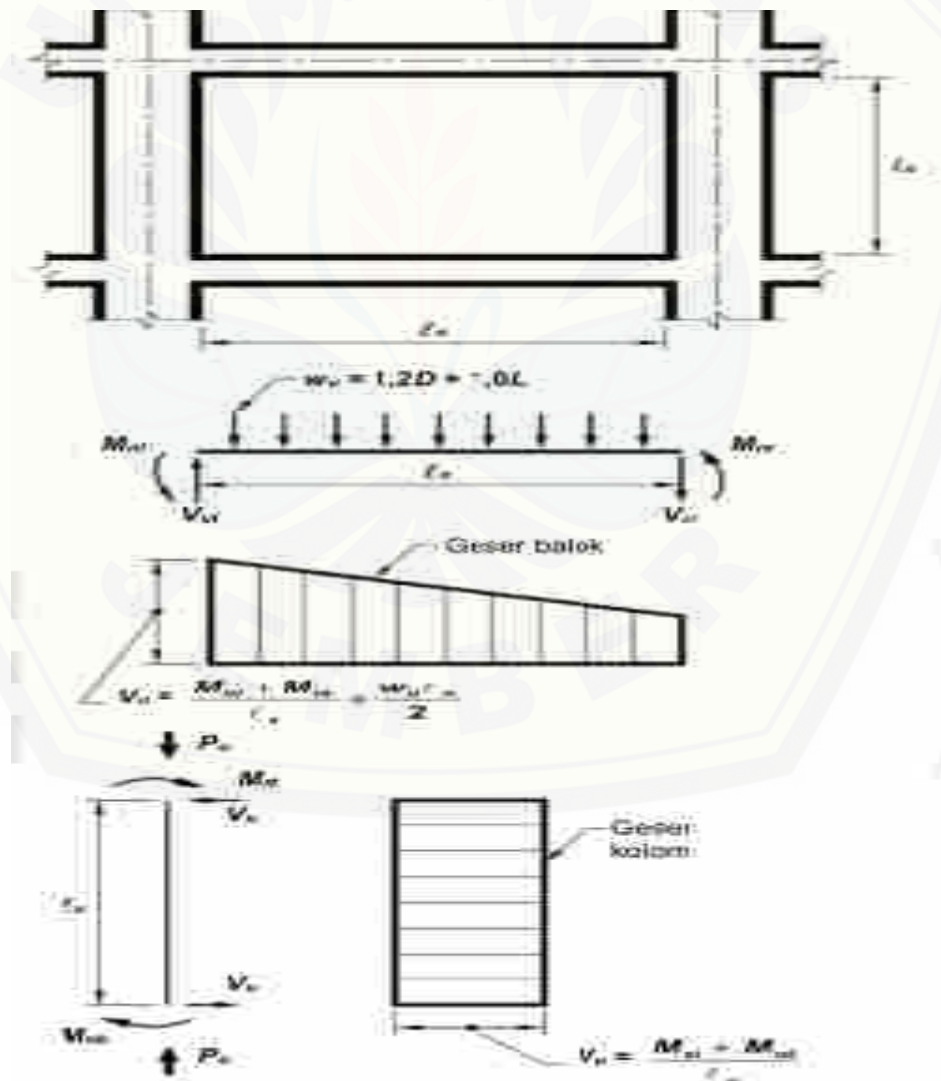
Komponen struktur pada SRPMK harus memenuhi syarat-syarat berikut:

1. Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang 300 mm,
2. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari **0.40**.

2.6.2.1 Kuat lentur minimum kolom

1. Kuat lentur kolom yang dirancang untuk menerima beban aksial tekan terfaktor melebihi $A_g f'_c / 10$
2. Kekuatan kolom harus memenuhi persamaan 2.12

Catatan pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Geser desain untuk balok - kolom

- Arah gaya geser V_e tergantung pada besarnya relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen – momen ujung.
- Momen – momen ujung M_{pr} berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar $1.25f_y$ adalah kekuatan leleh ditetapkan. (kedua momen ujung harus ditinjau dalam kedua arah, searah jarum dan berlawanan jarum jam).
- Momen ujung M_{pr} balok – balok yang merangka kedalam *joint* balok – kolom V_e tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur.

Kolom dirancang lebih kuat dibandingkan balok (*strong column weak beam*). Kolom ditinjau terhadap portal bergoyang atau tidak bergoyang, serta ditinjau terhadap kelangsingan. Kuat lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong column weak beam* (Mahendra. E, 2015) yaitu sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} \geq (1, 2) \sum M_{nb} \dots\dots\dots (2.12)$$

$\sum M_{nc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. Kekuatan kolom harus dihitung untuk gaya-gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$ adalah jumlah kekuatan dari lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. Pada konstruksi balok-T, dimana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen dimuka *joint*, tulangan slab dalam lebar slab efektif diasumsikan menyambung kepada M_{nb} jika tulangan slab disalurkan pada penampang saat kritis untuk lentur.

Jika dari persamaan tersebut tidak terpenuhi maka kolom yang direncanakan berhubungan dengan balok-kolom harus diberikan tulangan transversal yang dipasang sepanjang kolom.

2.6.2.2 Tulangan Longitudinal

Rasio tulangan memanjang A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih besar dari $0,06 A_g$.

2.6.2.3 Tulangan Transversal

1. Sengkang tertutup harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah dibawah ini:
 - a. Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
 - b. Disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.
2. Tinggi penampang komponen struktur pada muka joint atau pada segmen berpotensi membentuk leleh lentur.
 - a. $\frac{1}{4}$ bentang bersih komponen struktur
 - b. 450 mm
3. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak boleh melebihi 50 mm dari muka tumpuan.

Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi:

- a. $\frac{1}{4}$ dari dimensi terkecil komonen struktur
 - b. 6 kali diameter terkecil tulangan memanjang
 - c. $S_0 = 100 + \left(\frac{350-h_x}{3}\right)$
4. Ketentuan mengenai jumlah tulangan transversal

Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang dari

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{sb_c \cdot f'c}{fyt} \right) \left[\frac{Ag}{A_{ch}} \right] - 1 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$A_{sh} = 0,09 \left(\frac{sb_c \cdot f'c}{fyt} \right) \dots\dots\dots (2.14)$$

5. Kolom yang menempuh reaksi dari komponen struktur kaku yang tak menerus seperti dinding, harus memenuhi:
 - a. Tulangan transversal harus disediakan sepanjang tinggi kolom pada semua tingkat dibawah diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini berhubungan dengan pengaruh gempa, melebihi $A_g f'c/10$. Jika gaya desain telah diperbesar untuk memperhitungkan

kekuatan lebih elemen vertikal sistem penahan gaya gempa, ditingkatkan menjadi $A_g f'_c / 4$

- b. Tulangan transversal harus menerus ke dalam komponen struktur tak menerus paling sedikit sejarak sama dengan l_d . Bila kolom berhenti pada pondasi tapak, setepat, atau penutup tiang pondasi maka harus diteruskan 300 mm ke dalam pondasi.
- c. bila selimut beton di luar tulangan pengengkang melebihi 100 mm, tulangan transversal tambahan harus di pasang dengan spasi tidak melebihi 300 mm.

2.6.3 Persyaratan Kekuatan Geser

2.6.3.1 Gaya Desain

Gaya geser rencana V_e , harus ditentukan dengan memperhitungkan gaya – gaya maksimum yang dapat terjadi pada muka antara balok dengan kolom pada setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya muka hubungan antara balok – kolom tersebut harus ditentukan menggunakan kuat momen maksimum, M_{pr} , dari komponen struktur tersebut yang terkait dengan rentang beban-beban aksial terfaktor yang terjadi. Gaya geser yang direncanakan tersebut tidak perlu lebih besar daripada gaya geser rencana yang ditentukan dari kuat hubungan kolom – balok berdasarkan kuat momen maksimum, M_{pr} , dari komponen struktur transversal yang merangka dari hubungan blok – kolom tersebut. Gaya geser rencana V_e , tidak boleh lebih kecil daripada geser terfaktor hasil perhitungan analisis struktur.

2.6.3.2 Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada komponen struktur sepanjang l_o , harus direncanakan untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$ bila,

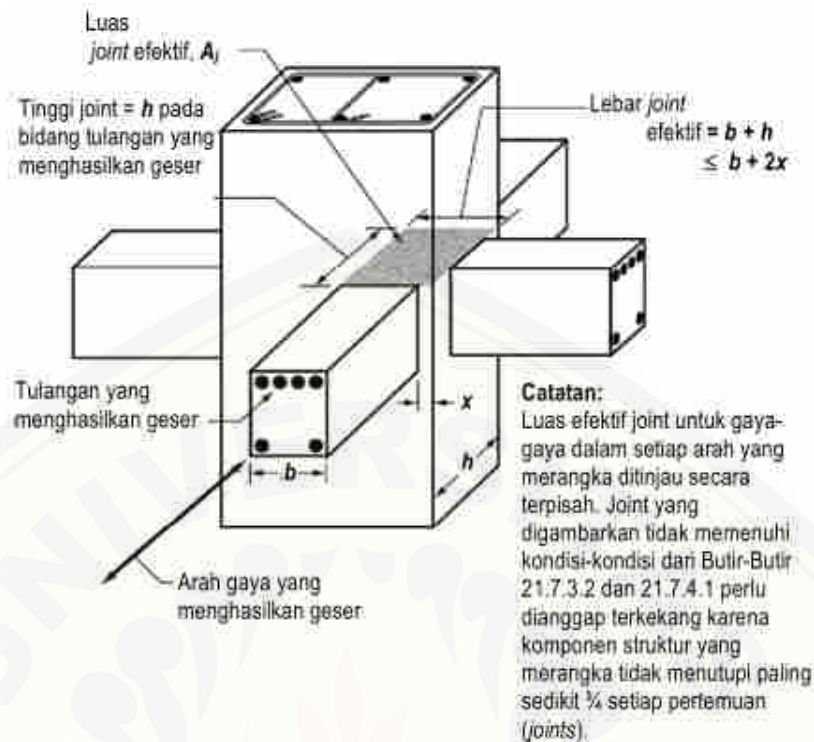
- a. Gaya geser akibat gempa mewakili 50% atau lebih dari lebih dari kuat geser perlu maksimum pada bagian sepanjang l_o
- b. Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melebihi $A_g f'_c / 10$

2.6.4 Joint Rangka Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.7, Gaya – gaya pada tulangan longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$ dan tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom yang diteruskan hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkekang dan diangkur dalam kondisi tarik dan tekan serta bila tulangan longitudinal menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal. Bila menggunakan beton ringan dimensinya tidak boleh 26 kali diameter batang tulangan.

2.6.4.1 Kekuatan Geser

- a. Kuat geser nominal joint balok – kolom tidak diambil lebih besar daripada ketentuan berikut ini untuk beton berat nominal.
 1. Untuk joint terkekang pada keempat sisinya $1,7\sqrt{f_c'A_j}$
 2. Untuk joint yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisinya yang berlawanan $1,2\sqrt{f_c'A_j}$
 3. Untuk kasus-kasus lainnya $1,0\sqrt{f_c'A_j}$
- b. Suatu balok yang merangka pada suatu joint balok – kolom dianggap memberikan kekekangan bila setidaknya-tidaknya $\frac{3}{4}$ bidang muka hubungan balok – kolom tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut. Joint balok – kolom dapat dianggap terkekang bila empat balok merangka pada keempat sisi hubungan balok – kolom tersebut.



Gambar 2.2 Luas Joint Efektif

Dimana:

A_j adalah luas dari penampang efektif dalam suatu joint yang dihitung dari tinggi joint kali lebar joint efektif.

- c. Untuk beton ringan, kuat geser nominal joint tidak boleh melebihi $\frac{3}{4}$ nilai-nilai yang diberikan oleh ketentuan kuat geser.

2.6.4.2 Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam Kondisi Tarik

- a. Panjang penyaluran L_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal tidak boleh diambil lebih kecil dari pada $8d_b$, 150 mm, dan nilai yang ditentukan oleh:

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Untuk diameter tulangan sebesar 10mm hingga 36 mm,

Untuk beton ringan, panjang penyaluran tulangan tarik dengan kait standard 90°

- b. Untuk diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik l_d tanpa kait tidak boleh diambil lebih kecil daripada:
 1. 2,5 kali panjang penyaluran, bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm
 2. 3,25 kali panjang penyaluran, bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut melebihi 300 mm.
- c. Tulangan tanpa kait yang berhenti pada hubungan antara balok – kolom harus diteruskan melewati inti terkekang dari kolom atau elemen batas. Setiap bagian dari tulangan tanpa kait yang tertanam bukan di dalam daerah inti kolom terkekang harus sebesar 1,6 kali.

2.7 Perhitungan Perencanaan

“Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat”. Sedangkan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Spesifikasi bahan beton bertulang yang digunakan mengikuti Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) yang telah ada sebagai berikut:

- a. Tegangan Karakteristik $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
- b. Modulus Elastisitas $E_c = 23500 \text{ Mpa}$
- c. Tulangan Utama $f_y = 240 \text{ (} E_s = 200000 \text{ Mpa)}$
- d. Tulangan Sengkang $f_y = 240 \text{ (} E_s = 200000 \text{ Mpa)}$

2.7.1 Perencanaan Tangga

- a. Pembebanan
 1. Beban mati
 2. Beban hidup
- b. Asumsi perletakan

1. Tumpuhan bawah adalah jepit
2. Tumpuan tengah adalah sendi
3. Tumpuan atas adalah jepit
- c. Perencanaan struktur menggunakan program bantu struktur
- d. Perhitungan rasio tulangan tangga arah x dan arah y:

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana

$$\phi = 0,9$$

$$As = \rho_{pakai} \times b \times d \dots\dots\dots (2.17)$$

$$As' = 0,002 \times b \times h \dots\dots\dots (2.18)$$

2.7.2 Perencanaan Pelat

Pelat dibedakan menjadi dua perbandingan yaitu bentang panjang (*Ly*) dan bentang pendek (*Lx*) dengan pelat satu arah (*one way*) jika nilai perbandingan lebih besar dari dua dan dua arah (*two way*) jika perbandingan lebih kecil dari dua.

Langkah – langkah perencanaan penulangan pelat, sebagai berikut:

- 1) Menentukan tebal pelat

$$h (min) = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$h (max) = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36} \dots\dots\dots (2.20)$$

- 2) Apabila pelat yang digunakan merupakan pelat satu arah maka untuk mencari momen digunakan rumus sebagai berikut:

$$Mu = \frac{1}{8} Wu. t^2 \dots\dots\dots (2.21)$$

dan rumus untuk momen jepit tak terduga:

$$Mu = \frac{1}{24} Wu \cdot t^2 \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Apabila pelat merupakan pelat dua arah maka untuk mencari momen menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Mu = 0.001 \cdot Wu \cdot l^2 \cdot X \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana X didapatkan dari tabel koefisien momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata.

2.7.3 Perencanaan Pelat Atap

- a. Pembebanan
 1. Beban Mati
 2. Beban Hidup
- b. Asumsi perletakan adalah jepit
- c. Perencanaan struktur menggunakan program bantu struktur

2.7.4 Perencanaan Balok

Balok adalah salah satu komponen struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima oleh plat lantai, dan berat sendiri balok serta dinding yang melekat di atasnya. Sedangkan beban horizontal berupa beban angin dan gempa.

Langkah-langkah penulangan balok lentur sebagai berikut:

- a. Menentukan asumsi awal dimensi balok.

$$h \text{ min} = \frac{1}{16} l \quad \& \quad h \text{ maks} = \frac{1}{8} l \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

$$b \text{ min} = \frac{1}{2} l \quad \& \quad b \text{ maks} = \frac{2}{3} l \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana:

h = tinggi balok

b = lebar balok

L = panjang bentang

b. Pembebanan

1. Beban Hidup
2. Beban Mati

c. Asumsi perletakan adalah sendi-sendi

d. Perencanaan struktur menggunakan program bantu SAP 2000.15

e. Perhitungan rasio penulangan lentur balok (rumus yang digunakan sama dalam perhitungan tangga)

f. Menghitung lebar flens efektif yang digunakan

1. Balok L

$$be \leq \frac{1}{12} lo \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

$$be \leq \frac{1}{6} hf \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

$$be \geq \frac{1}{2} bo \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

2. Balok T

$$be \leq \frac{1}{4} lo \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$be \leq 8 hf \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

$$be \geq \frac{1}{2} bo \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

g. Perhitungan untuk penulangan geser balok

$$\emptyset = 0,85$$

$$Vc = 0,17 \lambda \sqrt{fc} . b . d \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\emptyset Vc = 0,85 . Vc \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

2.7.5 Perencanaan Balok Anak

Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan balok induk. Beban pelat yang diteruskan ke balok anak dihitung sebagai beban trapesium segitiga dan dua segitiga. Beban ekuivalen ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok balok anak untuk menentukan tulangan lentur dan geser.

2.7.6 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan komponen struktur untuk menahan gaya tekan. Komponen struktur tekan dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun yang digabung dengan menggunakan pelat kopel. Pemilihan untuk penerapan profil struktur tekan telah diatur dalam SNI 2847-2013.

Langkah-langkah perencanaan penulangan kolom sebagai berikut:

- a. Menentukan tipe kolom

$$\frac{K \cdot Lu}{r} < 22 \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

Jika lebih kecil dari 22, maka termasuk kolom pendek dan tidak perlu perbesaran momen.

Dimana:

Lu = lebar bersih kolom

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

- b. Pembebanan

1. Beban Mati
2. Beban Hidup

- c. Asumsi perletakan

1. Jepit pada kaki portal
2. Bebas pada titik yang lain

- d. Perencanaan struktur menggunakan program bantu struktur

- e. Perhitungan rasio penulangan

$$Pu = \frac{Pu}{\phi} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$\phi = 0,7$$

Selanjutnya rumus sama seperti perhitungan mencari tulangan tangga.

g. Mencari kebutuhan tulangan utama

Mencari tulangan kolom dengan cara mencoba menggunakan kebutuhan tulangan 1% - 3% luas dari penampang kolom ($A_s = 1\% - 3\%$) dan memeriksa bahwa $Pu < \phi P_n$.

h. Mencari kebutuhan tulangan geser (rumus sama seperti pada kebutuhan tulangan geser balok)

$$s \leq 48 \times \text{diameter sengkang}$$

$$s \leq 16 \times \text{diameter tulangan memanjang}$$

$$s \leq \text{lebar kolom terkecil}$$

Dimana diambil S yang terkecil

2.8 Detail Tulangan

2.8.1 Kait Standar

- a. Bengkokan 180 derajat ditambah perpanjangan $4d_b$ tapi tidak kurang dari 65 mm, pada ujung bebas batang tulang.
- b. Bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas batang tulangan
- c. Untuk sengkang dan kait pengikat:
 1. Batang tulangan D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan $6d_b$ pada ujung bebas batang tulangan; atau
 2. Batang tulangan D-19, D-22 dan D-25, bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas batang tulangan; atau
 3. Batang tulangan D-25 dan yang lebih kecil, bengkokan 135 derajat ditambah perpanjangan $6d_b$ pada ujung bebas batang tulangan.

Tabel 2.9 Diameter Minimum Bengkokan

Ukuran Batang Tulangan	Diameter Minimum
D-10 sampai D-25	$6d_b$
D-29, D-32, dan D-36	$8d_b$
D-44 dan D-56	$10d_b$

Sumber: SNI 2847-2013



BAB 3 METODELOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif karena hasil penelitian yang didapatkan berupa angka ataupun bilangan yang dihasilkan dari analisis struktur gedung dengan menggunakan *software* SAP 2000 Ver. 15 dan diolah menggunakan microsoft excel yang dibagi dalam tiga tahap yaitu : input, analisis dan output.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan dari bulan Februari – Juli 2019. Pengambilan data penelitian ini berada di Gedung Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Jember.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan tempat yang akan digunakan oleh penulis untuk melakukan penelitian dan mengumpulkan data yang akan digunakan dalam penulisan. Lokasi penelitian ini juga merupakan keadaan yang sebenarnya dari objek yang akan diteliti untuk mendapatkan tambahan data yang berkaitan dengan masalah penelitian.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Gedung Laboratorium Fakultas MIPA
Universitas Jember

3.4 Data Penelitian

Data penelitian menjelaskan mengenai objek yang akan diteliti. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini yang dimaksudkan untuk memperoleh data yang akurat dan relevan dengan masalah yang dibahas, metode pengumpulan data yang terdiri atas :

3.4.1 Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data. Kemudian data sekunder dapat digunakan untuk mendukung penelitian. Data tersebut dapat berupa tabel, grafik, diagram, gambar, profil, struktur bangunan yang ada pada Gedung Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Data ini biasanya diperoleh melalui pihak konsultan pada sebuah kantor perusahaan yang mengerjakan proyek tersebut ataupun juga didalam internet. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data yang diperoleh melalui gambar denah, gambar detail, gambar tulangan balok, kolom, plat dan serta referensi dari jurnal – jurnal di internet.

3.5 Langkah – Langkah Penelitian

1. Tahap Pengumpulan Data
2. Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu berupa gambar denah, gambar detail tulangan, gambar potongan, dan data tanah.

Peninjauan ketentuan desain :

- SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)
- Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013)
- Jurnal-jurnal dan buku-buku yang terkait dalam penelitian ini

Adapun beberapa data yang ditetapkan sebelumnya untuk digunakan dalam re-desain selanjutnya antara lain :

Data Perencanaan bangunan yang akan dievaluasi :

- 1) Fungsi Bangunan : Gedung Laboratorium MIPA
- 2) Lokasi Bangunan : Universitas Jember
- 3) Sistem Perencanaan : SRPMK
- 4) Tinggi Bangunan : Lantai 1 = 5 meter
Lantai 2-5 = 4 meter
Lantai 6-7 = 3 meter
- 5) Jumlah Lantai : 7 Lantai
- 6) Struktur Bangunan : Beton Bertulang
- 7) Mutu Beton (f_c') Kolom : 35Mpa
- 8) Mutu Beton (f_c') Balok, Pelat : 35 Mpa
- 9) Mutu Baja Deform (f_y) : 400 Mpa
- 10) Mutu Baja Polos (f_u) : 240 Mpa
- 11) Kategori Desain Seismik : Kategori D

3. *Preliminary Design*

Dalam merencanakan struktur bangunan, preliminary design digunakan terlebih dahulu untuk menentukan dimensi elemen-elemen komponen pada struktur bangunan.

4. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, dan SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, meliputi:

- 1) Beban Mati
- 2) Beban Hidup
 - a. Lantai atap : 100 kg/m²
 - b. Lantai Laboratorium : 287 kg/m²
- 3) Beban Angin
- 4) Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 untuk bangunan gedung yang memiliki tinggi gedung melebihi 40 meter atau 10 lantai maka termasuk kategori gedung tidak beraturan dimana Analisis beban gempa harus dilakukan berdasarkan respon dinamik terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana, yang dapat dilakukan dengan metode analisis respon spektrum.

5. Pemodelan Struktur

Tahap ini bangunan gedung yang ditinjau akan direncanakan menggunakan sistem struktur dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Setelah itu perhitungan dalam struktur menggunakan dengan program bantu SAP 2000 ver.15 untuk mendapatkan gaya-gaya seperti: gaya aksial, gaya geser, dan momen yang terjadi pada struktur bangunan.

6. Validasi SAP 2000 ver.15

Tahap ini untuk mencari pembuktian terhadap gaya-gaya yang didapat dari perhitungan program bantu SAP tersebut. Apabila hasil tersebut tidak memenuhi maka perlu diulang kembali ke tahap *preliminary design*. beban gravitasi dan beban gempa di masukkan ke struktur perencanaan.

7. Perhitungan penulangan

Perhitungan penulangan antara lain perhitungan penulangan elemen struktur kolom dan balok serta tulangan geser yang dibutuhkan.

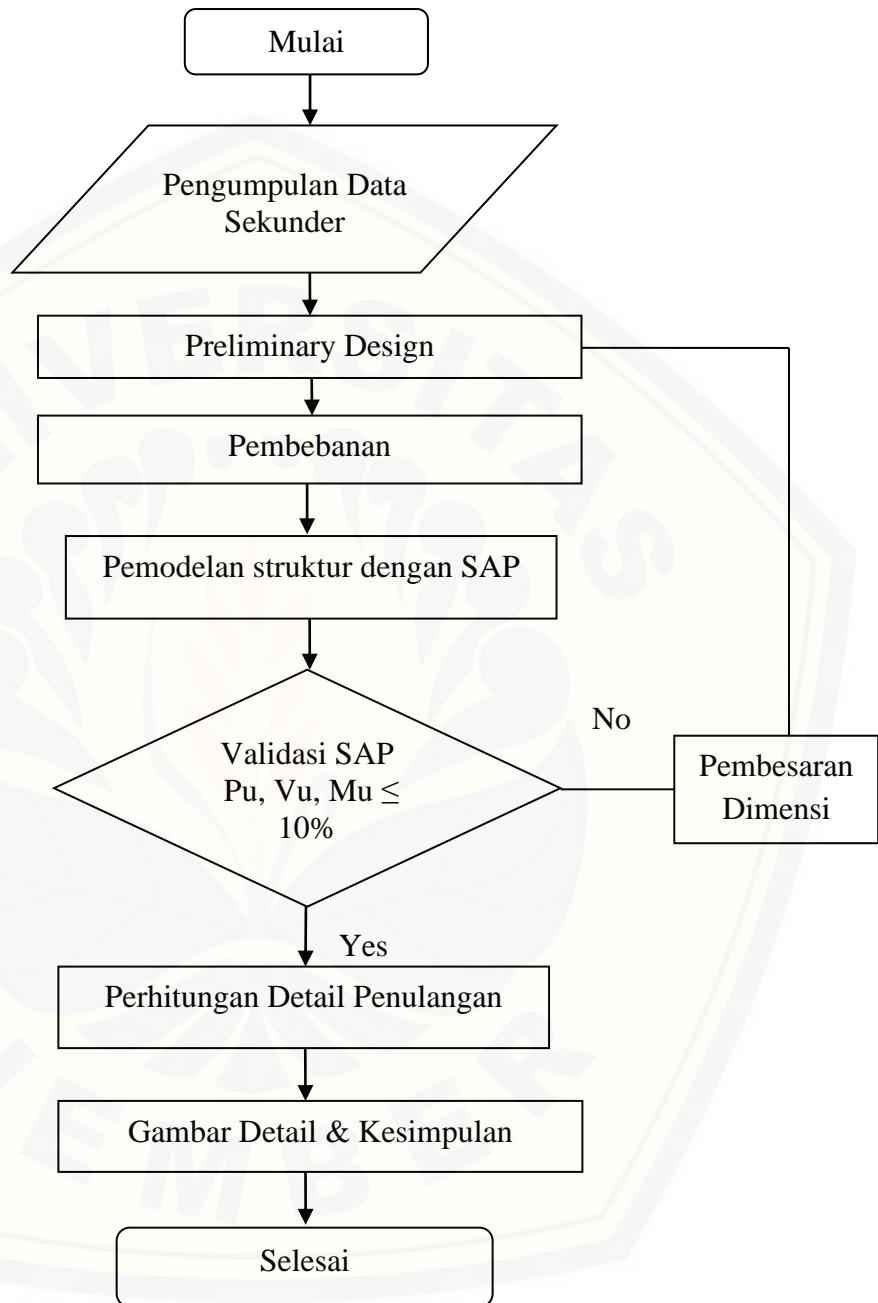
8. Gambar detail struktur dan penulangan

Menggambar detail struktur dan tulangan merupakan langkah terakhir setelah semua merencanakan struktur selesai dan gambar detail struktur dan penulangan merupakan hasil dari perencanaan.

3.6 Data yang diperlukan

Dalam perencanaan Gedung Fakultas Farmasi Univeritas Jember ini diperlukan adanya data – data sebagai berikut :

1. Data *Shop Drawing*.
2. Data Perencanaan Struktur Bangunan.

3.7 Diagram Alir**Gambar 3.1** Flowchart

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perencanaan struktur dalam Tugas Akhir “Perencanaan Struktur Gedung *Integrated Laboratory For Natural Science and Food Technology (IDB Project)* Universitas Jember Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” sehingga dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Hasil *Preliminary Design* dari setiap elemen struktur didapatkan dimensi balok 40/50, kolom 55/55, balok anak 30/40, pelat lantai 12 cm dan pelat atap 11 cm.
2. Dari hasil *Displacement* didapatkan perbandingan simpangan sebesar 38,1 % untuk *Dual System* dan *Single System* didapatkan simpangan sebesar 40,5 %, maka bangunan dengan hasil simpangan terbesar lebih efektif dari kekuatan strukturnya.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian, ada beberapa saran dalam Tugas Akhir ini yang perlu disampaikan sebagai berikut:

- a. Dalam merencanakan bangunan gedung selain mendesain struktur, perencana harus juga menghitung RAB dari desain bangunan tersebut.
- b. Dalam penggunaan program bantu struktur (*SAP 2000*), menghitung cek validasi adalah untuk mengetahui perbandingan dari hasil perhitungan menggunakan program bantu dengan perhitungan konvensional.