

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS NON LINEAR PADA GEDUNG BAJA
MENGUNAKAN *SPECIAL TRUSS MOMENT FRAME*
DENGAN VARIASI LEBAR *VIERENDEEL PANEL* DAN
*TINGGI PANEL TRUSS***



**JASON ADITYA BUDIONO
NPM : 2015410059**

PEMBIMBING: Ir. Lidya Fransisca Tjong, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS NON LINEAR PADA GEDUNG BAJA
MENGUNAKAN *SPECIAL TRUSS MOMENT FRAME*
DENGAN VARIASI LEBAR *VIERENDEEL PANEL* DAN
*TINGGI PANEL TRUSS***



**JASON ADITYA BUDIONO
NPM : 2015410059**

PEMBIMBING: Ir. Lidya Fransisca Tjong, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS NON LINEAR PADA GEDUNG BAJA
MENGUNAKAN *SPECIAL TRUSS MOMENT FRAME*
DENGAN VARIASI LEBAR *VIERENDEEL PANEL* DAN
*TINGGI PANEL TRUSS***



**JASON ADITYA BUDIONO
NPM : 2015410059**

**BANDUNG, 21 JUNI 2019
PEMBIMBING:**



Ir. Lidya Fransisca Tjong, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

Nama Lengkap : Jason Aditya Budiono
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015410059

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Analisis Non Linear pada Gedung Baja Menggunakan Special Truss Moment Frame dengan Variasi Lebar Vierendeel dan Tinggi Panel Trus* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku.

Bandung, 21 Juni 2019



Jason Aditya Budiono
2015410059

STUDI ANALISIS NON LINEAR PADA GEDUNG BAJA MENGUNAKAN *SPECIAL TRUSS MOMENT FRAME* DENGAN VARIASI LEBAR *VIERENDEEL PANEL* DAN TINGGI *PANEL TRUSS*

Jason Aditya Budiono
NPM: 2015410059

Pembimbing : Ir. Lidya Fransisca Tjong, M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2018)
BANDUNG
JUNI 2019

ABSTRAK

Seiring perkembangan zaman pada masa sekarang ini, penggunaan material baja pada struktur bangunan gedung mulai semakin sering dipergunakan. Beberapa keunggulan dari struktur baja yaitu lebih praktis, ekonomis, memiliki daktilitas yang tinggi dan menghasilkan massa struktur yang lebih ringan. Salah satu sistem portal struktur baja yang relatif masih baru dikembangkan yaitu *Special Truss Moment Frame* (STMF). STMF adalah suatu sistem struktur portal yang terdiri atas elemen kolom dan balok rangka batang yang berperan sebagai pengganti balok utuh pada umumnya. Balok rangka batang pada sistem ini diberi segmen khusus dengan tujuan agar *inelastic behaviour* atau sendi plastis hanya terjadi pada bagian tersebut. Keunggulan dari sistem struktur ini adalah kemampuannya untuk dipasang pada bentang antar kolom yang cukup lebar sehingga menghasilkan ruang bebas kolom yang lebih luas, serta celah pada elemen *truss* dapat dimanfaatkan sebagai jalur mekanikal maupun perpipaian. Pada skripsi ini akan dianalisis gedung baja 4 lantai dengan *special truss moment frame*. Model yang dianalisis terdiri atas 4 jenis yaitu model 1 dan 2 memiliki lebar *vierendeel panel* sebesar 1,2m, dimana tinggi *panel truss* berurutan adalah 1m dan 1,5m. Sedangkan model 3 dan 4 memiliki lebar *vierendeel panel* sebesar 1,5m, dimana tinggi *panel truss* berurutan adalah 1m dan 1,5m. Berdasarkan analisis dinamik linear respon spektrum, Periode struktur terkecil terjadi pada model 2 sedangkan terbesar terjadi pada model 3. Gaya geser dasar pada model dengan tinggi *panel truss* 1m dan 1,5m cenderung lebih besar 20,822%, sedangkan pengaruh lebar *vierendeel panel* 1,2m dan 1,5m hanya berkisar maksimum 2,64%. Kekakuan antar tingkat terbesar terjadi pada model 2 yang menyebabkan simpangan antar lantai paling kecil sedangkan kekakuan antar tingkat terkecil terjadi pada model 3 dengan selisih perbedaan $\pm 57,9\%$ dimana simpangan antar lantai terjadi paling besar. Berdasarkan hasil analisis riwayat waktu, dapat diketahui bahwa model dengan tinggi *panel truss* dan lebar *vierendeel panel* lebih panjang cenderung lebih cepat terbentuk sendi plastis. Simpangan antar tingkat terbesar pada rekaman gempa El-Centro terjadi pada model 3, saat rekaman gempa Denpasar terjadi pada model 2 dan 3, sedangkan rekaman gempa Flores terjadi pada model 1 dan 3. Keempat model yang dianalisis memiliki tingkat kinerja *Immediate Occupancy* namun pada model 2 dan 3 mengalami *failure* (kegagalan) pada elemen *chord* didaerah segmen khusus. Disimpulkan bahwa model 4 dimana lebar *vierendeel panel* 1,5m dan tinggi *panel truss* 1,5m adalah model yang paling baik bila dilihat dari distribusi gaya dalam, simpangan antar tingkat dan mekanisme sendi plastis yang terjadi.

Kata Kunci: *Special Truss Moment Frame* (STMF), *Vierendeel*, Struktur Baja, Analisis Respon Spektrum, Analisis Riwayat Waktu

NON LINEAR ANALYTICAL STUDY OF STEEL BUILDING USING SPECIAL TRUSS MOMENT FRAME WITH VARIATION OF VIERENDEEL PANEL WIDTH AND PANEL TRUSS HEIGHT

Jason Aditya Budiono
NPM: 2015410059

Advisor : Ir. Lidya Fransisca Tjong, M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2018)
BANDUNG
JUNE 2019

ABSTRACT

Along with the development of the times at the present time, the uses of steel materials in the structure of buildings began to be increasingly used. Some of the advantages of steel structure are more practical, economical, high ductility and produce a less weight structural mass. One of the relatively new steel structure system developed is the Special Truss Moment Frame (STMF). STMF is a portal structure system consisting of column and truss girders elements which act as a substitute for intact beams in general. Truss girders on this system are given a special segment with the purpose that inelastic behavior or plastic hinges only occur in that section. The advantage of this structural system is its ability to be installed on a longer span between columns that produce a wider free space of column, and the gap in the trusses element can be used as a mechanical or piping path. In this thesis will be analyzed 4-story steel building with a special truss moment frame. The model analyzed consists of 4 types, namely models 1 and 2 have a width of the vierendeel panel of 1.2 m, where the height of the truss panel is 1m and 1.5m, respectively. While models 3 and 4 have a width of the vierendeel panel of 1.5 m, where the height of the truss panel is 1m and 1.5m, respectively. Based on the dynamic analysis of linear spectrum response, the smallest structure period occurs in model 2 while the largest occurs in model 3. The base shear force in the model with 1m and 1.5m truss panel height tends to be 20.822%, while the width of the vierendeel panel is 1.2m and 1.5m only ranges from a maximum of 2.64%. The largest interstory stiffness occurs in model 2 which causes the smallest interstory drift while the smallest interstory stiffness occurs in model 3 with a difference of $\pm 57.9\%$ where the interstory drift occurs at the greatest. Based on the results of the time history analysis, it can be seen that the models consist longer the height of the truss panel and the width of the vierendeel panels tend to form plastic hinges faster. The highest interstory drift on the El-Centro earthquake recording occurred in model 3, when the highest on Denpasar earthquake recording occurred in models 2 and 3, while the highest on Flores earthquake recordings occurred in models 1 and 3. The four models analyzed had performance levels of Immediate Occupancy but in model 2 and 3 experience failure on the chord element in the special segment area. It was concluded that model 4 where the width of the 1.5m vierendeel panel and the height of the 1.5m truss panel is the best model when viewed from the inner force distribution, the interstory drift and the mechanism of the plastic hinges.

Keywords: *Special Truss Moment Frame* (STMF), Vierendeel, Steel Structure, Response Spectrum Analysis, Time History Analysis

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, karunia dan rahmat-Nya sehingga skripsi yang berjudul “STUDI ANALISIS NON LINEAR PADA GEDUNG BAJA MENGGUNAKAN *SPECIAL TRUSS MOMENT FRAME* DENGAN VARIASI LEBAR DAN TINGGI *VIERENDEEL PANEL*” dapat dibuat dan diselesaikan sebagaimana mestinya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan tingkat S-1 di Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam menyelesaikan skripsi ini terdapat banyak hambatan dan rintangan yang penulis alami, dimana tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu **Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.**, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan tenaga dan waktu dalam membimbing hingga penyusunan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan kesempatan, motivasi, doa dan dukungan penuh pada penyusunan skripsi ini.
3. Ibu **Dr. -Ing. Dina Rubiana Widarda**, selaku dosen penguji 1 yang banyak memberikan tanggapan dan masukan.
4. Bapak **Altho Sagara, S.T., M.T.**, selaku dosen penguji 2 yang banyak memberikan tanggapan dan masukan.
5. Dosen – dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah membagikan ilmu dan pengetahuannya selama masa perkuliahan.
6. Teman – teman seperjuangan skripsi; Andre Kristanto, Bartolomew Cordei, Dhanny Wijaya, F Aditya, Lidyana, Marcelino Arifin, dan Louis.
7. Sahabat – sahabat guild bakpao yang telah menjadi tempat untuk saling *sharing*, bercanda dan bermain bersama.
8. Teman – teman Angkatan 2015 yang telah memberikan banyak kenangan dan memori selama masa perkuliahan.

9. Semua pihak-pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini dengan hasil yang baik.

Bandung, 21 Juni 2019



Jason Aditya Budiono

2015410059

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Tujuan Penulisan	1-2
1.3 Pembatasan Masalah	1-2
1.4 Metode Penulisan	1-12
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 <i>Special Truss Moment Frame</i> (STMF) atau Rangka Momen Rangka Batang Khusus (RMRBK)	2-1
2.1.1 <i>Special Segment</i> atau Segmen Khusus	2-1
2.1.2 Mekanisme Penahan Laeral	2-3
2.2 <i>Special Moment Frame</i> (SMF) atau Rangka Momen Khusus (RMK) ..	2-4
2.2.1 <i>Strong-Column Weak-Beam Principle</i>	2-4
2.2.2 Komponen Struktur Daktil Tinggi	2-5
2.2.3 Persyaratan Bresing Stabilitas Pada Balok	2-5
2.3 Desain Komponen Elemen Struktur Berdasarkan SNI 1729:2015	2-6
2.3.1 Desain Komponen Struktur Yang Mengalami Tarik	2-6
2.3.2 Desain Komponen Struktur Yang Mengalami Tekan	2-6

2.3.3	Desain Komponen Struktur Yang Mengalami Momen Lentur	2-8
2.3.4	Desain Komponen Struktur Yang Menahan Kombinasi Gaya	2-10
2.4	Desain Gempa Rencana Berdasarkan Analisis Respon Spektra	2-10
2.4.1	Gempa Rencana	2-11
2.4.2	Kategori risiko bangunan	2-11
2.4.3	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	2-11
2.4.4	Klasifikasi Situs	2-12
2.4.5	Parameter Percepatan Terpetakan	2-13
2.4.6	Parameter Percepatan Spektral Desain	2-16
2.4.7	Kategori Desain Seismik	2-16
2.4.8	Spektrum Respon Desain	2-17
2.4.9	Perioda Struktur	2-19
2.3.10	Gaya Geser Dasar Seismik	2-20
2.5	Sistem Struktur Penahan Beban Lateral	2-21
2.6	Simpangan Antar Tingkat	2-22
2.7	Faktor Skala	2-23
2.8	Ketidakteraturan Struktur	2-24
2.8.1	Ketidakteraturan Horisontal	2-25
2.8.2	Ketidakteraturan Vertikal	2-27
2.8.3	Referensi Ketidakteraturan Horisontal dan Vertikal	2-28
2.9	Analisis Dinamik Non – Linear	2-32
2.9.1	<i>Time History Analysis</i>	2-32
2.9.2	Redaman Rayleigh	2-34
2.9.3	Tingkat Kinerja Struktur	2-35

BAB 3 STUDI KASUS.....	3-1
3.1 Data Umum Struktur	3-1
3.2 Data Material Struktur.....	3-1
3.3 Data Geometri dan Fungsional Bangunan Terperinci	3-2
3.4 Data Pembebanan	3-2
3.4.1 Beban Mati.....	3-3
3.4.2 Beban Mati Tambahan	3-3
3.4.3 Beban Hidup	3-3
3.4.4 Beban Notional	3-3
3.4.5 Beban Gempa Rencana	3-4
3.5 Kombinasi Pembebanan	3-4
3.5.1 Kombinasi Beban Ultimit ($\rho = 1,3$)	3-5
3.5.2 Kombinasi Dengan Faktor Kuat Lebih ($\Omega_0 = 3$).....	3-5
3.6 Profil Baja Pakai.....	3-5
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1 Arah sumbu kuat kolom	4-1
4.2 <i>Moment release</i> pada elemen struktur.....	4-1
4.3 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur	4-2
4.3.1 Ketidakberaturan Horisontal.....	4-2
4.3.2 Ketidakberaturan Vertikal.....	4-4
4.4 Efek Perbesaran Torsi Tak Terduga	4-8
4.5 Periode Natural Struktur.....	4-11
4.6 Gerak Dominan Struktur	4-11
4.7 Modal Partisipasi Massa Ragam	4-12
4.8 Massa Struktur.....	4-12
4.9 Gaya Geser Antar Tingkat.....	4-13

4.10	Simpangan Antar Tingkat Dan Simpangan Tingkat.....	4-14
4.11	Kekakuan Antar Tingkat.....	4-19
4.12	Demand and Capacity Ratio (D/C Ratio)	4-21
4.13	Analisis Dinamik Non Linear - Time History	4-31
4.13.1	Lokasi Pemasangan Sendi Plastis	4-31
4.13.2	Mekanisme Sendi Plastis.....	4-34
4.13.3	Simpangan Antar Tingkat dan Simpangan Tingkat	4-61
4.13.4	Evaluasi Tingkat Kinerja.....	4-71
BAB 5 Kesimpulan dan saran		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-3
DAFTAR PUSTAKA.....		xxiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Denah lantai 1-4 model 1&2	1-4
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 1	1-5
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 2	1-6
Gambar 1.4 Tampak 3D model 1	1-7
Gambar 1.5 Tampak 3D model 2	1-7
Gambar 1.6 Denah lantai 1-4 model 3&4	1-8
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 3	1-9
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 4	1-10
Gambar 1.9 Tampak 3D model 3	1-11
Gambar 1.10 Tampak 3D model 4	1-11
Gambar 1.11 Tampak elevasi grid 1 semua model	1-12
Gambar 2.1 Komponen Struktur STMF	2-2
Gambar 2.2 All X-Braced Panel (kiri) dan All Vierendeel Panel (kanan)	2-2
Gambar 2.3 Distribusi Kekuatan Geser Pada Segmen Khusus Dalam Menahan Beban Lateral (Ölmez, 2009)	2-3
Gambar 2.4 Lokasi Sendi Plastis Pada STMF(Ölmez, 2009)	2-4
Gambar 2.5 MCE_R terpetakan pada perioda pendek (S_s)	2-14
Gambar 2.6 MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik (S_1)	2-14
Gambar 2.7 Spektrum Respon Desain	2-18
Gambar 2.8 Rekaman Gempa El-centro 1940 N-S	2-33
Gambar 2.9 Rekaman Gempa Denpasar 1979 B-T	2-33
Gambar 2.10 Rekaman Gempa Flores 1992	2-33
Gambar 2.11 Contoh Model Redaman Rayleigh (Karpanan, 2010)	2-35
Gambar 2.12 Hubungan antara gaya dengan deformasi plastis untuk material baja	2-36
<u>Gambar 3.1</u> Detail Penampang HCS ($t=200\text{mm}$)	3-2
Gambar 3.2 Respon Spektrum Desain Tangerang (PUSKIM)	3-4

Gambar 4.1 <i>Moment release</i> pada balok portal gravitasi	4-1
Gambar 4.2 Grafik Gaya Geser Tingkat Arah X model 1-4	4-14
Gambar 4.3 Grafik Gaya Geser Tingkat Arah Y model 1-4	4-14
Gambar 4.4 Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X model 1-4	4-17
Gambar 4.5 Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah Y model 1-4	4-17
Gambar 4.6 Grafik Simpangan Tingkat Arah X model 1-4	4-18
Gambar 4.7 Grafik Simpangan Tingkat Arah Y model 1-4	4-18
Gambar 4.8 Grafik Kekakuan Antar Tingkat Arah X model 1-4	4-20
Gambar 4.9 Grafik Kekakuan Antar Tingkat Arah Y model 1-4	4-20
Gambar 4.10 D/C ratio portal STMF grid A, model 1	4-23
Gambar 4.11 D/C ratio portal gravitasi grid B, model 1	4-23
Gambar 4.12 D/C ratio portal SMF grid 1, model 1	4-24
Gambar 4.13 D/C ratio portal STMF grid A dengan faktor kuat lebih, Ω_0 , model 1	4-24
Gambar 4.14 D/C <i>ratio</i> portal STMF grid A, model 2	4-25
Gambar 4.15 D/C ratio portal gravitasi grid B, model 2	4-25
Gambar 4.16 D/C ratio portal SMF grid 1, model 2	4-26
Gambar 4.17 D/C ratio portal STMF grid A dengan faktor kuat lebih, Ω_0 , model 2	4-26
Gambar 4.18 D/C <i>ratio</i> portal STMF grid A, model 3	4-27
Gambar 4.19 D/C ratio portal gravitasi grid B, model 3	4-27
Gambar 4.20 D/C ratio portal SMF grid 1, model 3	4-28
Gambar 4.21 D/C ratio portal STMF grid A dengan faktor kuat lebih, Ω_0 , model 3	4-28
Gambar 4.22 D/C ratio portal STMF grid A, model 4	4-29
Gambar 4.23 D/C ratio portal gravitasi grid B, model 4	4-29
Gambar 4.24 D/C ratio portal SMF grid 1, model 4	4-30
Gambar 4.25 D/C ratio portal STMF grid A dengan faktor kuat lebih, Ω_0 , model 4	4-30
Gambar 4.26 Posisi sendi plastis portal STMF model 1	4-31
Gambar 4.27 Posisi sendi plastis portal STMF model 2	4-32
Gambar 4.28 Posisi sendi plastis portal STMF model 3	4-32

Gambar 4.29 Posisi sendi plastis portal STMF model 4.....	4-33
Gambar 4.30 Posisi sendi plastis portal SMF model 1-4.....	4-33
Gambar 4.31 Sendi plastis pertama (3,0s) STMF (arah y) model 1, Gempa El-Centro.....	4-34
Gambar 4.32 Sendi plastis terakhir (10s) STMF (arah y) model 1, Gempa El-Centro.....	4-35
Gambar 4.33 Sendi plastis pertama (3,1s) SMF (arah x) model 1, Gempa El-Centro.....	4-35
Gambar 4.34 Sendi plastis terakhir (10s) SMF (arah x) model 1, Gempa El-Centro.....	4-36
Gambar 4.35 Sendi plastis pertama (6,0s) STMF (arah y) model 1, Gempa Denpasar.....	4-36
Gambar 4.36 Sendi plastis terakhir (30s) STMF (arah y) model 1, Gempa Denpasar.....	4-37
Gambar 4.37 Sendi plastis pertama (17s) SMF (arah x) model 1, Gempa Denpasar.....	4-37
Gambar 4.38 Sendi plastis terakhir (30s) SMF (arah x) model 1, Gempa Denpasar.....	4-38
Gambar 4.39 Sendi plastis pertama dan terakhir STMF (arah y) model 1, Gempa Flores.....	4-38
Gambar 4.40 Sendi plastis pertama (36s) SMF (arah x) model 1, Gempa Flores .4-39	
Gambar 4.41 Sendi plastis terakhir (40s) SMF (arah x) model 1, Gempa Flores..4-39	
Gambar 4.42 Sendi plastis pertama (2,3s) STMF (arah y) model 2, Gempa El-Centro.....	4-40
Gambar 4.43 Sendi plastis terakhir (10s) STMF (arah y) model 2, Gempa El-Centro.....	4-40
Gambar 4.44 Sendi plastis pertama (3,1s) SMF (arah x) model 2, Gempa El-Centro.....	4-41
Gambar 4.45 Sendi plastis terakhir (10s) SMF (arah x) model 2, Gempa El-Centro.....	4-41

Gambar 4.46 Sendi plastis pertama (13,2s) STMF (arah y) model 2, Gempa Denpasar	4-42
Gambar 4.47 Sendi plastis terakhir (30s) STMF (arah y) model 2, Gempa Denpasar	4-42
Gambar 4.48 Sendi plastis pertama (17s) SMF (arah x) model 2, Gempa Denpasar	4-43
Gambar 4.49 Sendi plastis terakhir (30s) SMF (arah x) model 2, Gempa Denpasar	4-43
Gambar 4.50 Sendi plastis pertama (19,6s) STMF (arah y) model 2, Gempa Flores	4-44
Gambar 4.51 Sendi plastis terakhir (30s) STMF (arah y) model 2, Gempa Flores 4-44	
Gambar 4.52 Sendi plastis pertama (36s) SMF (arah x) model 2, Gempa Flores..4-45	
Gambar 4.53 Sendi plastis terakhir (40s) SMF (arah x) model 2, Gempa Flores ..4-45	
Gambar 4.54 Sendi plastis pertama (2,9s) STMF (arah y) model 3, Gempa El-Centro	4-46
Gambar 4.55 Sendi plastis kedua (3,0s) STMF (arah y) model 3, Gempa El-Centro	4-46
Gambar 4.56 Sendi plastis terakhir (10s) STMF (arah y) model 3, Gempa El-Centro	4-47
Gambar 4.57 Sendi plastis pertama (3,1s) SMF (arah x) model 3, Gempa El-Centro	4-47
Gambar 4.58 Sendi plastis terakhir (10s) SMF (arah x) model 3, Gempa El-Centro	4-48
Gambar 4.59 Sendi plastis pertama (5,6s) STMF (arah y) model 3, Gempa Denpasar	4-48
Gambar 4.60 Sendi plastis kedua (7,2s) STMF (arah y) model 3, Gempa Denpasar	4-49
Gambar 4.61 Sendi plastis terakhir (30s) STMF (arah y) model 3, Gempa Denpasar	4-49

Gambar 4.62 Sendi plastis pertama (17s) SMF (arah x) model 3, Gempa Denpasar	4-50
Gambar 4.63 Sendi plastis terakhir (30s) SMF (arah x) model 3, Gempa Denpasar	4-50
Gambar 4.64 Sendi plastis pertama (25,6s) STMF (arah y) model 3, Gempa Flores	4-51
Gambar 4.65 Sendi plastis terakhir (30s) STMF (arah y) model 3, Gempa Flores 4-51	
Gambar 4.66 Sendi plastis pertama (36s) SMF (arah x) model 3, Gempa Flores . 4-52	
Gambar 4.67 Sendi plastis terakhir (40s) SMF (arah x) model 3, Gempa Flores.. 4-52	
Gambar 4.68 Sendi plastis pertama (2,3s) STMF (arah y) model 4, Gempa El-Centro	4-53
Gambar 4.69 Sendi plastis terakhir (10s) STMF (arah y) model 4, Gempa El-Centro	4-53
Gambar 4.70 Sendi plastis pertama (3,2s) SMF (arah x) model 4, Gempa El-Centro	4-54
Gambar 4.71 Sendi plastis terakhir (10s) SMF (arah x) model 4, Gempa El-Centro	4-54
Gambar 4.72 Sendi plastis pertama (5,4s) STMF (arah y) model 4, Gempa Denpasar	4-55
Gambar 4.73 Sendi plastis kedua (13,6s) STMF (arah y) model 4, Gempa Denpasar	4-55
Gambar 4.74 Sendi plastis terakhir (30s) STMF (arah y) model 4, Gempa Denpasar	4-56
Gambar 4.75 Sendi plastis pertama (17s) SMF (arah x) model 4, Gempa Denpasar	4-56
Gambar 4.76 Sendi plastis terakhir (30s) SMF (arah x) model 4, Gempa Denpasar	4-57
Gambar 4.77 Sendi plastis pertama (19,4s) STMF (arah y) model 4, Gempa Flores	4-57

Gambar 4.78 Sendi plastis terakhir (40s) STMF (arah y) model 4, Gempa Flores	4-58
Gambar 4.79 Sendi plastis pertama (38,2s) SMF (arah x) model 4, Gempa Flores	4-58
Gambar 4.80 Sendi plastis terakhir (40s) SMF (arah x) model 4, Gempa Flores	4-59
Gambar 4.81 Simpangan Antar Tingkat Non Linear Gempa El Centro Arah x	4-63
Gambar 4.82 Simpangan Antar Tingkat Non Linear Gempa El Centro Arah y	4-63
Gambar 4.83 Simpangan Antar Tingkat Non Linear Gempa Denpasar Arah x	4-64
Gambar 4.84 Simpangan Antar Tingkat Non Linear Gempa Denpasar Arah y	4-64
Gambar 4.85 Simpangan Antar Tingkat Non Linear Gempa Flores Arah x	4-65
Gambar 4.86 Simpangan Antar Tingkat Non Linear Gempa Flores Arah y	4-65
Gambar 4.87 Simpangan Tingkat Non Linear Gempa El Centro Arah x	4-67
Gambar 4.88 Simpangan Tingkat Non Linear Gempa El Centro Arah y	4-67
Gambar 4.89 Simpangan Tingkat Non Linear Gempa Denpasar Arah x	4-68
Gambar 4.90 Simpangan Tingkat Non Linear Gempa Denpasar Arah y	4-68
Gambar 4.91 Simpangan Tingkat Non Linear Gempa Flores Arah x	4-69
Gambar 4.92 Simpangan Tingkat Non Linear Gempa Flores Arah y	4-69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1a Kategori resiko berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan	2-11
Tabel 2.1b Kategori resiko berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan (lanjutan) .	2-12
Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa, I_e	2-12
Tabel 2.3 Situs kelas tanah.....	2-13
Tabel 2.4 Koefisien situs, F_a	2-15
Tabel 2.5 Koefisien situs, F_v	2-15
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	2-17
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.....	2-17
Tabel 2.8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	2-19
Tabel 2.9 Nilai parameter periode pendekatan	2-20
Tabel 2.10a Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem rangka momen.....	2-21
Tabel 2.10b Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem rangka momen (lanjutan)	2-22
Tabel 2.11 Simpangan antar tingkat izin , $\Delta_a^{a,b}$	2-23
Tabel 2.12a Penjelasan ketidakberaturan horisontal.....	2-25
Tabel 2.12b Penjelasan ketidakberaturan horisontal (lanjutan)	2-26
Tabel 2.13a Penjelasan ketidakberaturan vertikal.....	2-27
Tabel 2.13b Penjelasan ketidakberaturan vertikal (lanjutan).....	2-28
Tabel 2.14 Prosedur analisis yang diperbolehkan.....	2-31
Tabel 2.15 <i>Roof Drift Ratio</i> (FEMA 356).....	2-37
Tabel 3.1a Daftar Profil Baja Elemen Struktur Pada Model 1 & 2.....	3-6
Tabel 3.1b Daftar Profil Baja Elemen Struktur Pada Model 3 & 4	3-6
Tabel 4.1 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 1 arah-x	4-2
Tabel 4.2 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 1 arah-y	4-2
Tabel 4.3 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 2 arah-x	4-3

Tabel 4.4 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 2 arah-y.....	4-3
Tabel 4.5 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 3 arah-x.....	4-3
Tabel 4.6 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 3 arah-y.....	4-3
Tabel 4.7 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 4 arah-x.....	4-4
Tabel 4.8 Ketidakberaturan Horisontal 1a dan 1b model 4 arah-y.....	4-4
Tabel 4.9 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 1 arah-x	4-5
Tabel 4.10 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 1 arah-y	4-5
Tabel 4.11 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 2 arah-x	4-5
Tabel 4.12 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 2 arah-y	4-5
Tabel 4.13 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 3 arah-x	4-6
Tabel 4.14 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 3 arah-y	4-6
Tabel 4.15 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 4 arah-x	4-6
Tabel 4.16 Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b model 4 arah-y	4-6
Tabel 4.17 Ketidakberaturan Vertikal 2 model 1	4-7
Tabel 4.18 Ketidakberaturan Vertikal 2 model 2	4-7
Tabel 4.19 Ketidakberaturan Vertikal 2 model 3	4-7
Tabel 4.20 Ketidakberaturan Vertikal 2 model 4	4-8
Tabel 4.21 Perhitungan Koefisien Ax model 1 arah-x	4-8
Tabel 4.22 Perhitungan Koefisien Ax model 1 arah-y	4-9
Tabel 4.23 Perhitungan Koefisien Ax model 2 arah-x	4-9
Tabel 4.24 Perhitungan Koefisien Ax model 2 arah-y	4-9
Tabel 4.25 Perhitungan Koefisien Ax model 3 arah-x	4-9
Tabel 4.26 Perhitungan Koefisien Ax model 3 arah-y	4-10
Tabel 4.27 Perhitungan Koefisien Ax model 4 arah-x	4-10
Tabel 4.28 Perhitungan Koefisien Ax model 4 arah-y	4-10
Tabel 4.29 Perioda Struktur Tiap Model	4-11
Tabel 4.30 Gerak Dominan Model 1-4.....	4-11
Tabel 4.31 Modal Partisipasi Massa Ragam Model 1-4.....	4-12
Tabel 4.32 Massa Struktur Model 1-4	4-12
Tabel 4.33 Gaya Geser Tingkat Model 1-4	4-13
Tabel 4.34 Simpangan Antar Tingkat Arah X Model 1	4-15
Tabel 4.35 Simpangan Antar Tingkat Arah Y Model 1	4-15

Tabel 4.36 Simpangan Antar Tingkat Arah X Model 2.....	4-15
Tabel 4.37 Simpangan Antar Tingkat Arah Y Model 2.....	4-15
Tabel 4.38 Simpangan Antar Tingkat Arah X Model 3.....	4-16
Tabel 4.39 Simpangan Antar Tingkat Arah Y Model 3.....	4-16
Tabel 4.40 Simpangan Antar Tingkat Arah X Model 4.....	4-16
Tabel 4.41 Simpangan Antar Tingkat Arah Y Model 4.....	4-16
Tabel 4.42 Kekakuan Tingkat Pada Model 1-4	4-19
Tabel 4.43 <i>D/C Ratio Maximum</i>	4-21
Tabel 4.44 <i>D/C Ratio Maximum</i> dengan Ω_0	4-22
Tabel 4.45 Waktu Terjadi Sendi Plastis Model 1	4-60
Tabel 4.46 Waktu Terjadi Sendi Plastis Model 2	4-60
Tabel 4.47 Waktu Terjadi Sendi Plastis Model 3	4-60
Tabel 4.48 Waktu Terjadi Sendi Plastis Model 4	4-60
Tabel 4.49 Simpangan Antar Tingkat <i>Non Linear</i> Gempa El-centro	4-62
Tabel 4.50 Simpangan Antar Tingkat <i>Non Linear</i> Gempa Denpasar	4-62
Tabel 4.51 Simpangan Antar Tingkat <i>Non Linear</i> Gempa Flores	4-62
Tabel 4.52 Simpangan Tingkat <i>Non Linear</i> Gempa El Centro	4-66
Tabel 4.53 Simpangan Tingkat <i>Non Linear</i> Gempa Denpasar	4-66
Tabel 4.54 Simpangan Tingkat <i>Non Linear</i> Gempa Flores	4-66
Tabel 4.55 <i>Roof Drift Ratio</i>	4-71
Tabel 4.56 <i>Acceptance Criteria</i>	4-71

DAFTAR NOTASI

A	:	Luas penampang
b_f	:	Lebar profil
C_d	:	Faktor pembesaran defleksi
C_s	:	Koefisien respon seismik
C_t	:	Koefisien penentu perioda fundamental
C_u	:	Koefisien pengali nilai maksimum perioda bangunan
d	:	Tinggi profil
DL	:	Beban mati
E	:	Beban gempa
E_T	:	Beban gempa dengan eksentrisitas
E_s	:	Modulus elastisitas baja
F_a	:	Koefisien situs untuk periode 0,2 detik
F_v	:	Koefisien situs untuk periode 1 detik
g	:	Percepatan gravitasi
G	:	Modulus Geser
h	:	Tinggi elemen struktur
h_{sx}	:	Tinggi tingkat dibawah tingkat x
I	:	Momen inersia
I_e	:	Faktor keutamaan
J	:	Konstanta torsi
LL	:	Beban hidup ruangan
Lr	:	Beban hidup atap
M_n	:	Momen nominal
M_p	:	Momen plastis
M_u	:	Momen ultimit
N_x	:	Beban notional arah x
N_y	:	Beban notional arah y

P_n	:	Gaya aksial nominal
P_u	:	Gaya aksial ultimit
r	:	Radius girasi
R	:	Koefisien modifikasi respon
S_1	:	Parameter percepatan gempa pada 1 detik
S_{D1}	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
S_{DS}	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik
S_{M1}	:	Parameter spektrum respon percepatan pada periode 1 detik
S_{MS}	:	Parameter spektrum respon percepatan pada periode 0,2 detik
S_s	:	Parameter percepatan gempa pada 0,2 detik
t_f	:	Tebal sayap profil
t_w	:	Tebal badan profil
T	:	Periode getar fundamental struktur
T_a	:	Periode fundamental pendekatan
ν	:	<i>Poisson ratio</i>
V	:	Gaya geser seismik
W	:	Berat seismik efektif
Z	:	Modulus plastis
δ	:	Peralihan tingkat
Δ	:	Peralihan antar tingkat
Ω_0	:	Faktor amplifikasi kuat lebih
ρ	:	Faktor redudansi
ϕ	:	Faktor ketahanan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu dari beberapa negara di dunia yang mengalami permasalahan dengan fenomena alam gempa bumi. Hal ini disebabkan karena Indonesia adalah negara yang berada diantara tiga lempeng tektonik aktif yaitu lempeng indo-australia, eurasia dan pasifik. Selain dari aktivitas lempeng tektonik, gempa juga dapat disebabkan oleh aktivitas gunung - gunung vulkanik yang berada di beberapa kepulauan di Indonesia. Hal demikian menjelaskan bahwa Indonesia adalah negara yang sangat rawan terhadap peristiwa gempa bumi. Oleh karena itu dalam melakukan desain terhadap suatu bangunan yang akan dibuat, kemampuan suatu struktur bangunan dalam menahan beban lateral akibat gempa adalah menjadi faktor yang sangat penting. Tidak hanya kuat dalam menahan beban gravitasi tetapi juga kuat menahan beban gempa.

Penggunaan material baja dalam mendesain suatu bangunan mulai semakin sering digunakan. Mulai dari pembangunan struktur perkantoran, apartemen, rumah sakit dan infrastruktur jalan seperti jembatan dapat dibangun menggunakan struktur rangka baja. Beberapa keunggulan dari struktur baja yaitu lebih praktis, ekonomis, memiliki tingkat daktilitas yang tinggi dan massa struktur yang lebih ringan. Perakitan struktur baja dinilai lebih cepat dibandingkan dengan melakukan pengecoran pada struktur beton. Sifat elemen sendiri nya yang sudah daktil sehingga tidak memerlukan tambahan biaya untuk besi tulangan. Oleh karena itu perkembangan inovasi dari sistem struktur rangka baja pada masa sekarang ini berkembang dengan pesat terutama dalam sistem struktur penahan beban lateral.

Special Truss Moment Frame (STMF) adalah suatu sistem struktur gedung baja yang terdiri atas elemen struktur berupa kolom dan balok rangka baja (*truss girder*) sebagai pengganti balok utuh dalam sistem rangka baja pada umumnya. Sistem ini mampu menahan beban gempa yang disalurkan menuju daerah segmen khusus dimana disipasi energi dari beban gempa terjadi akibat mekanisme inelastis pada elemen *chord* dari rangka baja tersebut. Menurut peraturan terdapat dua tipe

segmen khusus yang diperbolehkan yaitu *X-braced panel* dan *vierendeel panel*. Namun pada skripsi ini tipe segmen khusus yang digunakan hanya *vierendeel panel*. Sistem ini merupakan inovasi sistem rangka yang relatif masih baru implementasinya di lapangan. Dipelopori pertama kali pada tahun 1991 melalui penelitian yang dikaji oleh Itani dan Goel, sistem ini masih terus dikembangkan dan disempurnakan sampai sekarang. Beberapa keunggulan dari STMF yaitu dapat mencapai bentangan yang lebih lebar, mempunyai kekakuan serta daktilitas struktur yang memadai, dapat difungsikan sebagai jalur pemipaan maupun elektrik melalui celah bukaan dan kemampuannya untuk dapat diperbaiki ketika terjadi kerusakan pada segmen yang dikhususkan.

1.2 Tujuan Penulisan

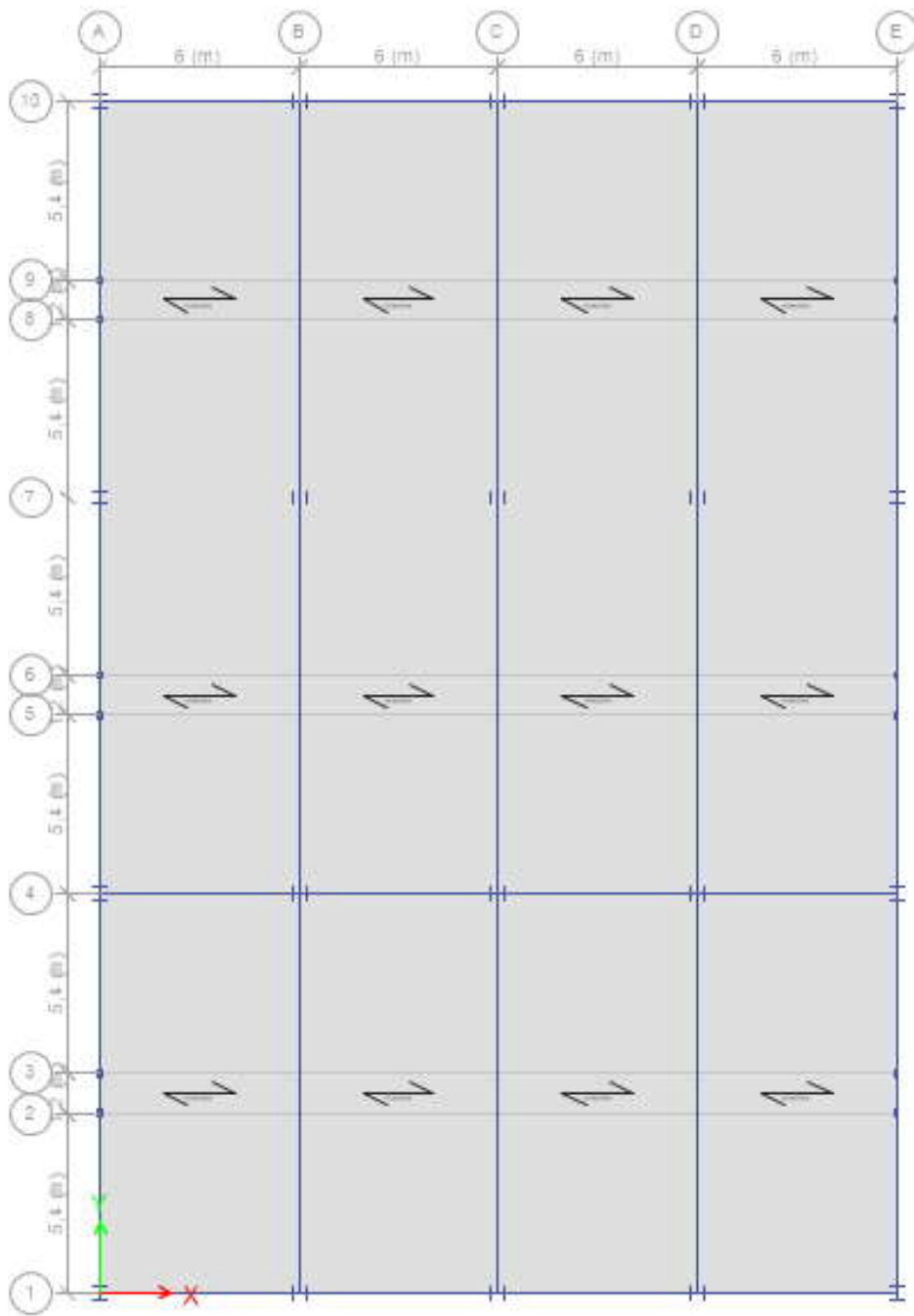
Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui respons struktur gedung baja yang dipasang dengan sistem struktur *Special Truss Moment Frame* atau Rangka Momen Rangka Batang Khusus dengan tipe *special segment* yaitu *vierendeel panel* dengan variasi perbedaan lebar *vierendeel* dan tinggi *panel truss*.

1.3 Pembatasan Masalah

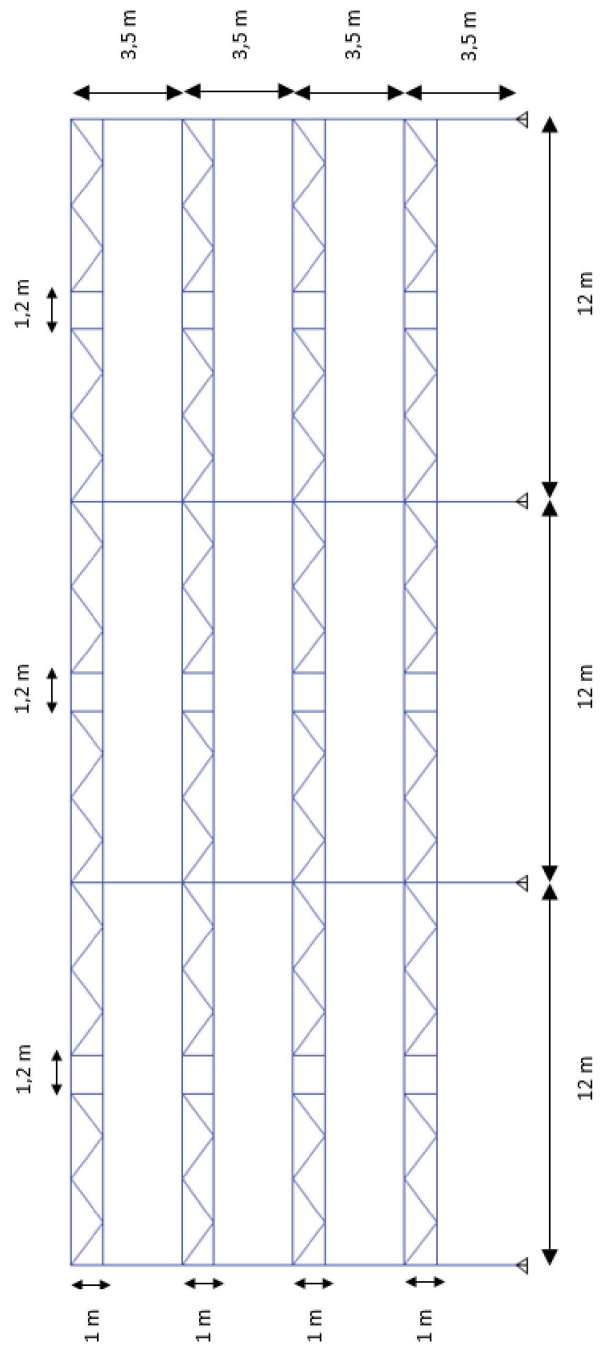
Pembatasan masalah dalam skripsi ini antara lain :

1. Bangunan gedung berfungsi sebagai gudang penyimpanan terdiri dari 4 lantai.
2. Gedung berdiri diatas tanah keras dan berlokasi di kota Tangerang, Jawa Barat.
3. Model struktur gedung akan menggunakan baja dengan mutu $F_y = 240$ MPa dan $F_u = 370$ MPa (BJ 37).
4. Rangka struktur gedung arah sumbu Y adalah STMF (*Special Truss Moment Frame*) dengan lebar bentang antar kolom adalah 12 m pada sisi eksterior gedung sedangkan pada sisi interior gedung digunakan rangka balok kolom gravitasi. Rangka struktur gedung arah sumbu X adalah SMF (*Special Moment Frame*) dengan lebar bentang antar kolom adalah 6 m dan tinggi antar tingkat identik adalah masing – masing 3,5 m

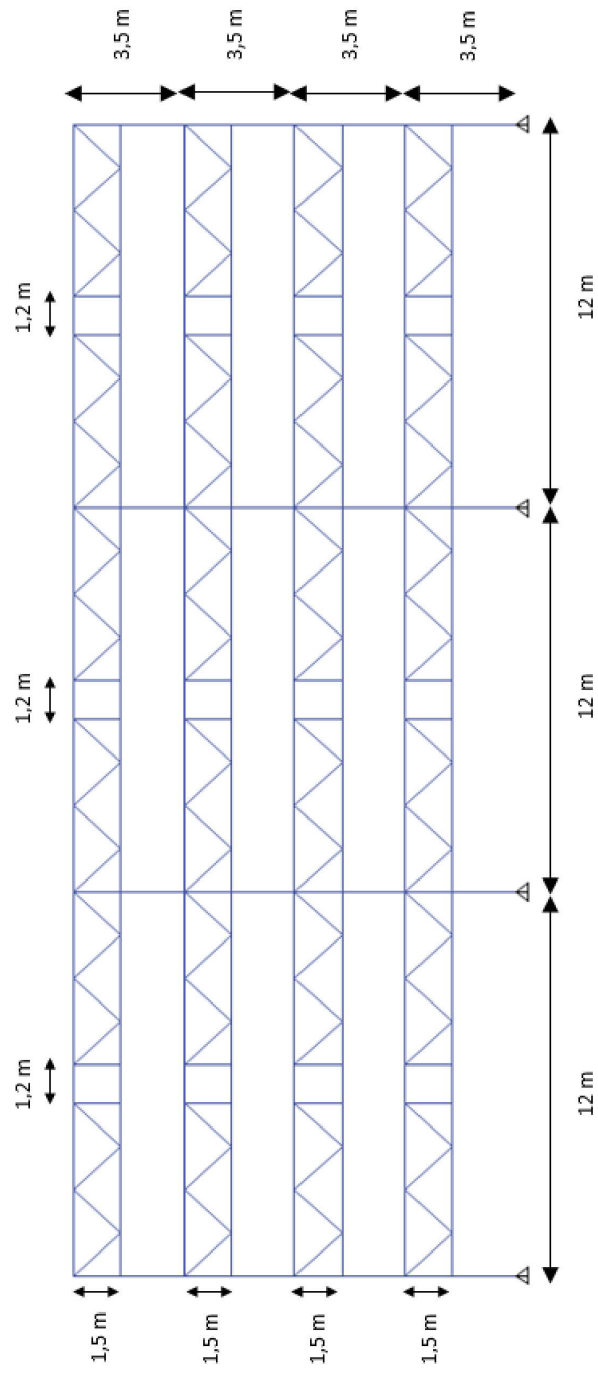
5. Perletakan dari model struktur ini dimodelkan sebagai sendi
6. Pola pembebanan yang akan dianalisis ialah pembebanan gravitasi dan pembebanan lateral. Dimana beban gravitasi meliputi beban mati dan beban hidup ruangan, sedangkan beban lateral berasal dari beban gempa.
7. Analisis yang akan dilakukan adalah analisis dinamik linear respon spektrum dan non-linear *time history analysis* dengan bantuan program hitung struktur ETABS.
8. Peraturan – peraturan yang digunakan adalah :
 - a. SNI 1729-2015 “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”.
 - b. SNI 1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung”.
 - c. SNI 1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”.
 - d. SNI 7860-2015 “Ketentuan Seismik Untuk Struktur Bangunan Gedung Baja”.
9. Struktur bawah seperti pondasi dan semua sambungan pada struktur baja tidak dibahas pada skripsi ini.
10. Untuk variasi geometri STMF yang dianalisis yaitu terdiri atas 4 model dimana model 1 dan 2 memiliki lebar *vierendeel panel* 1,2 m dengan tinggi *panel truss* masing – masing 1 m dan 1,5 m, sedangkan pada model 3 dan 4 memiliki lebar *vierendeel panel* 1,5 m dengan tinggi *panel truss* masing – masing 1 m dan 1,5 m. Semua detail geometri dari variasi tiap model yang dibuat akan ditampilkan dalam ilustrasi pada **Gambar 1.1** sampai **Gambar 1.11**



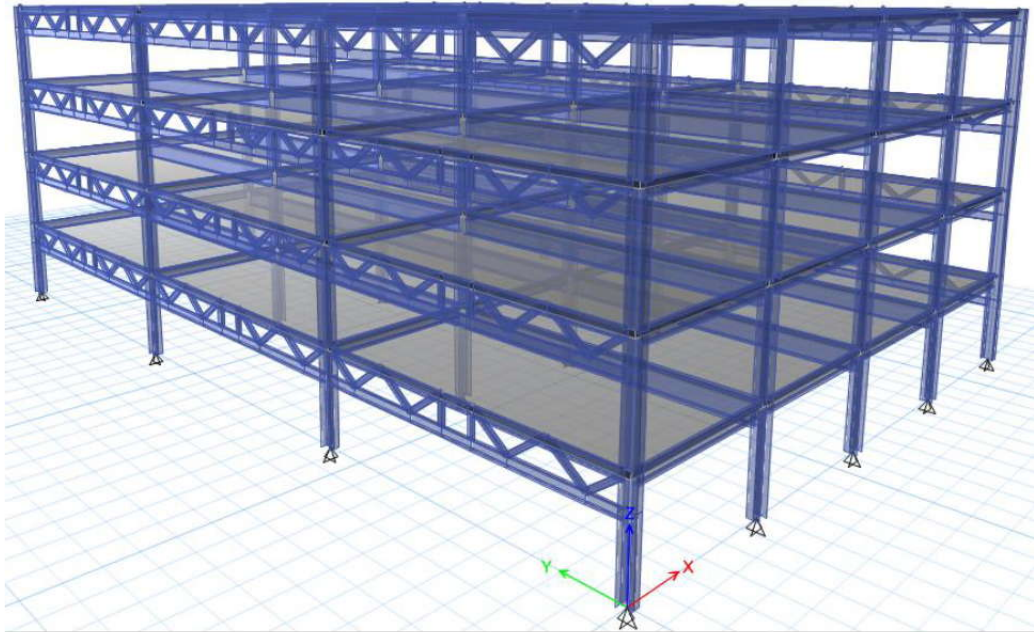
Gambar 1.1 Denah lantai 1-4 model 1&2



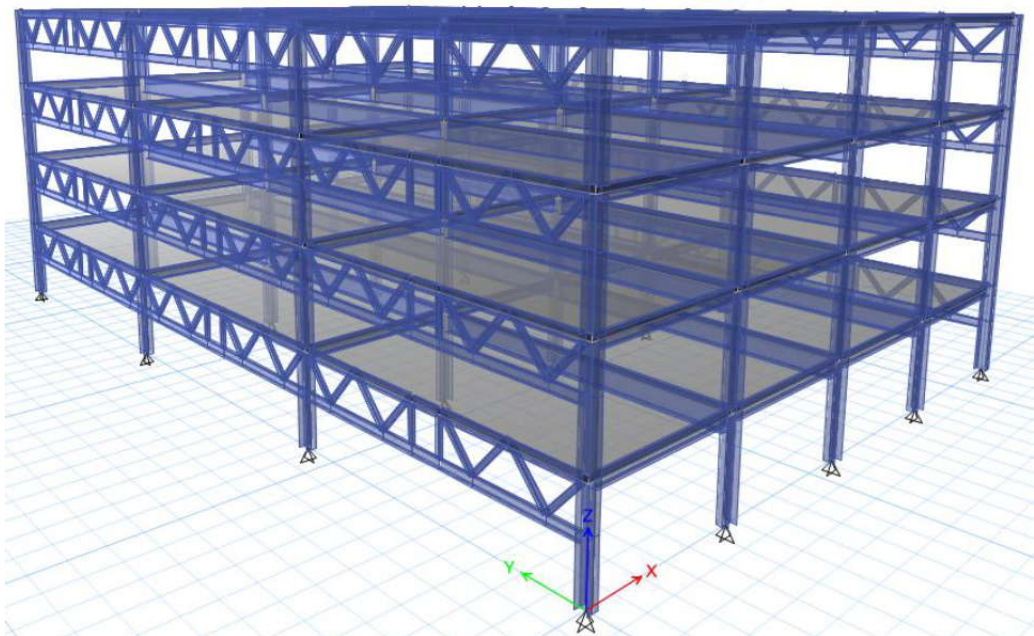
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 1



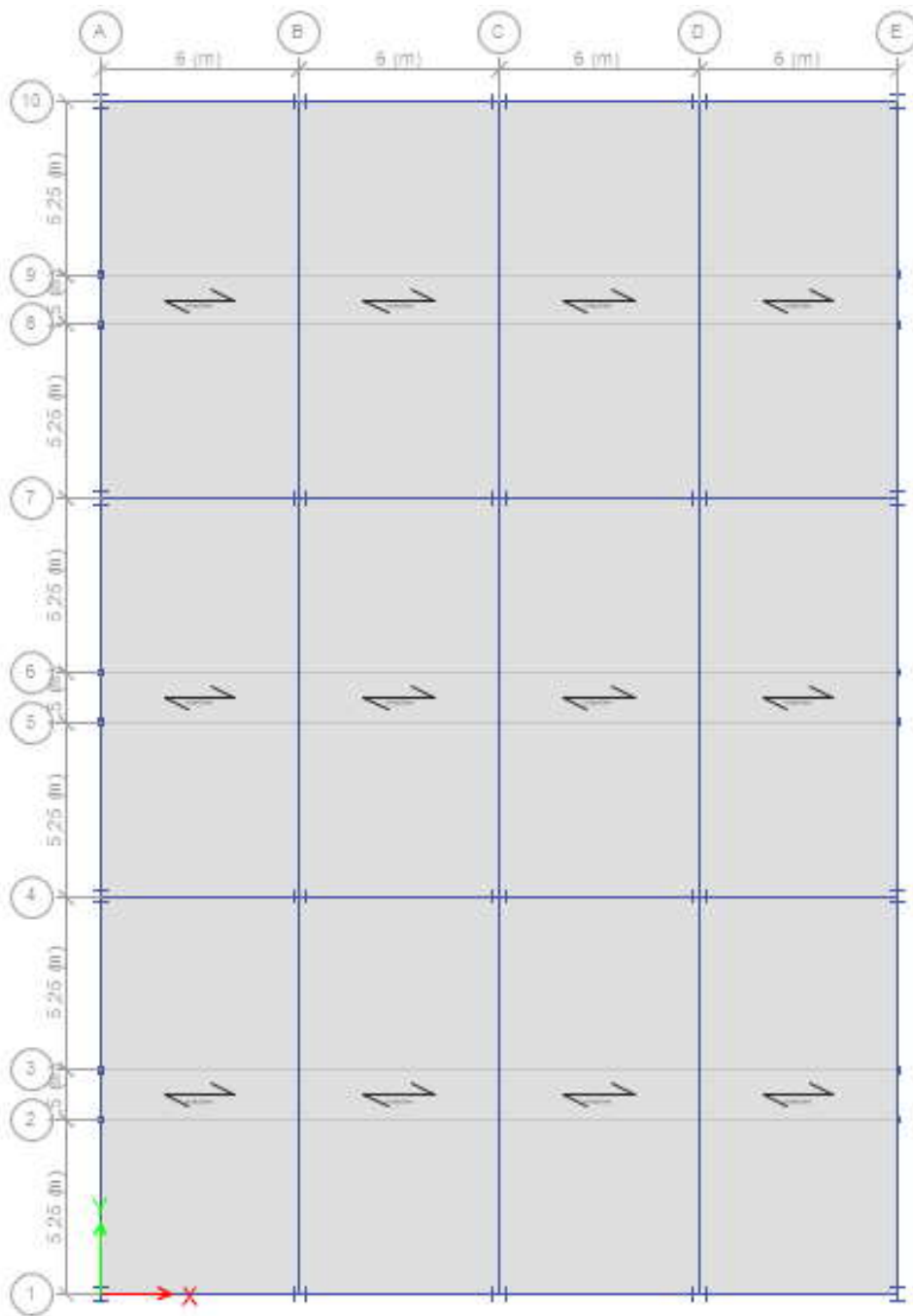
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 2



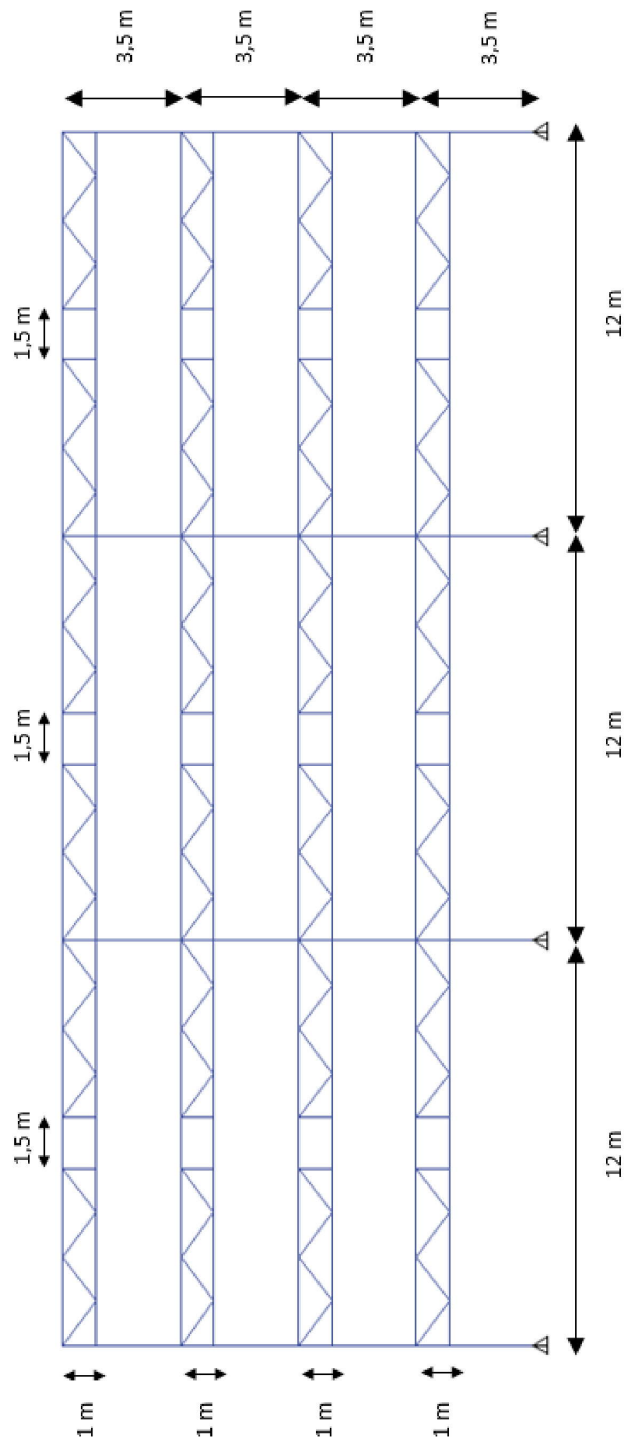
Gambar 1.4 Tampak 3D model 1



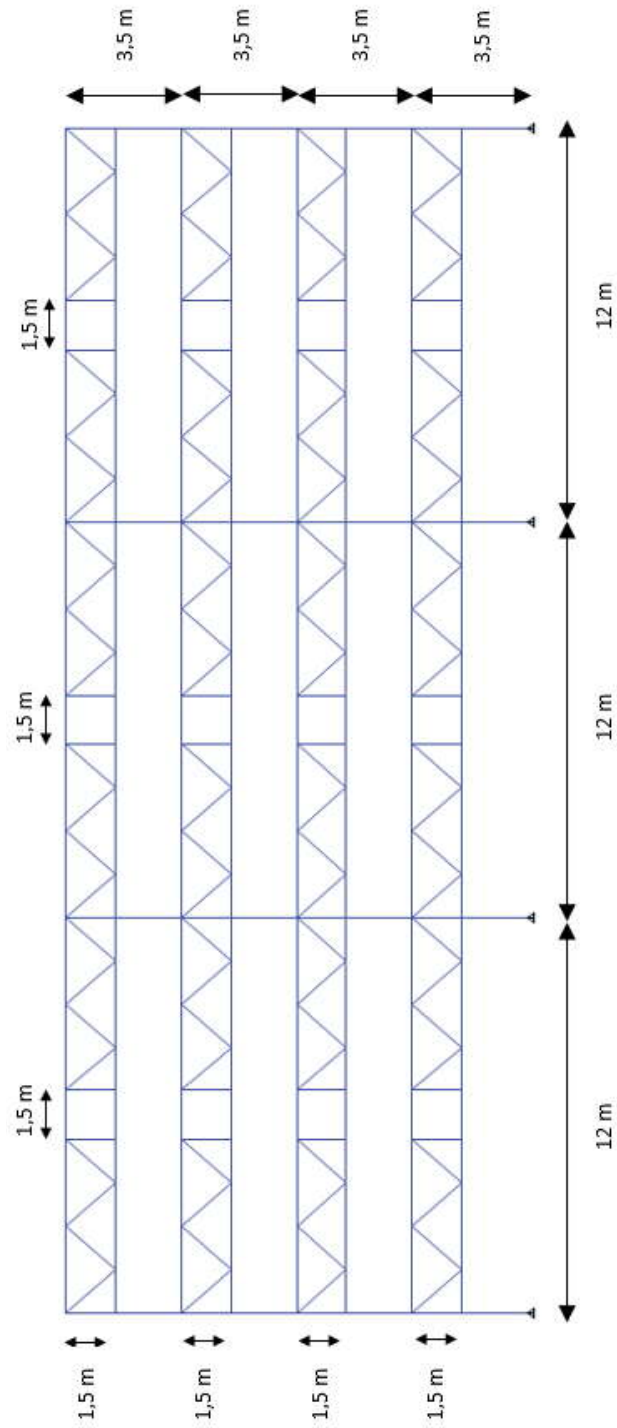
Gambar 1.5 Tampak 3D model 2



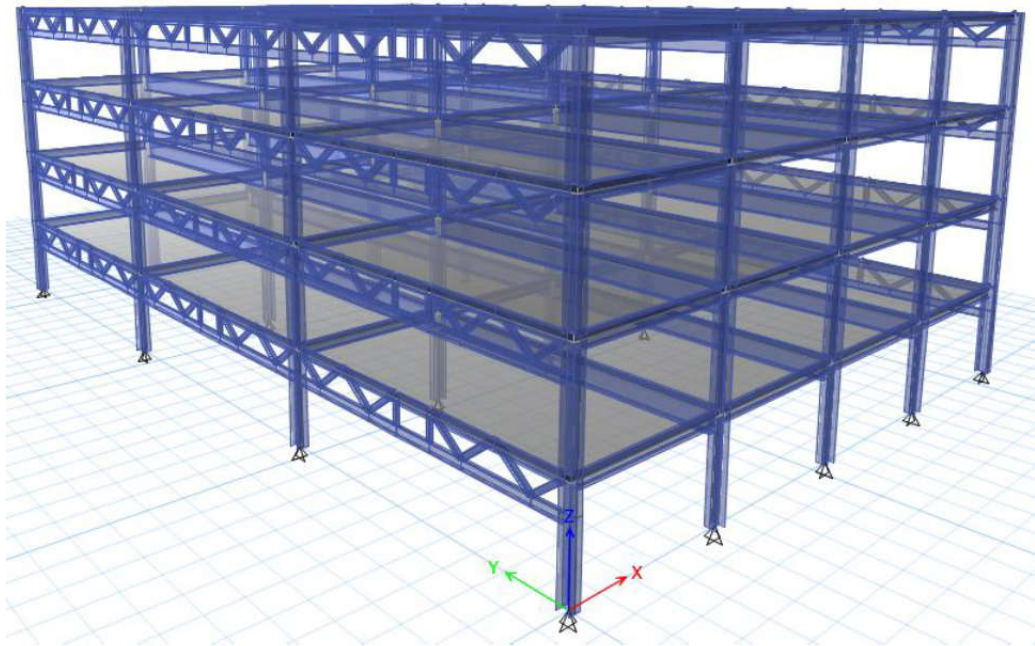
Gambar 1.6 Denah lantai 1-4 model 3&4



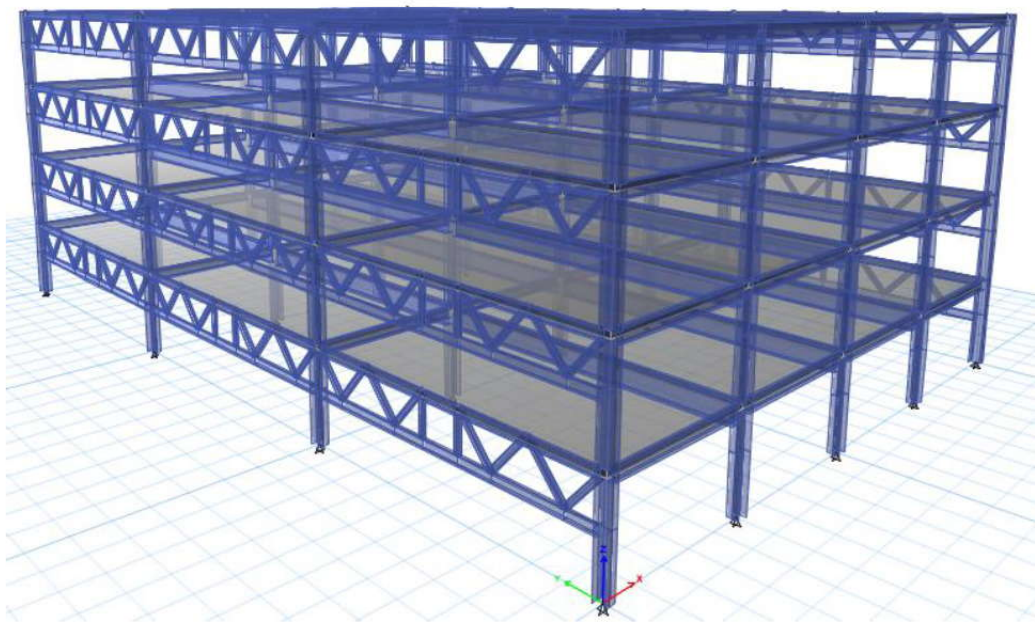
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 3



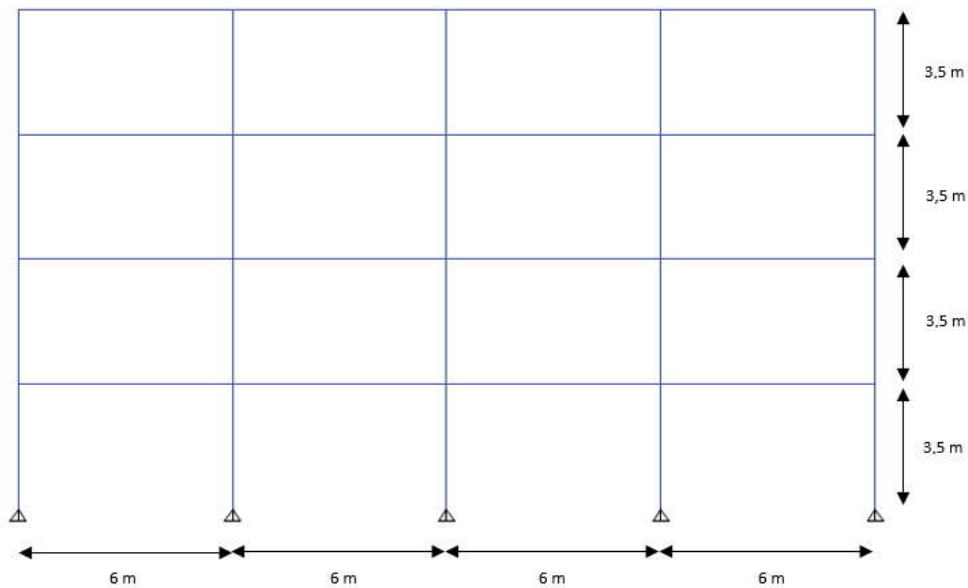
Gambar 1.2 Tampak elevasi grid A pada model 4



Gambar 1.9 Tampak 3D model 3



Gambar 1.10 Tampak 3D model 4



Gambar 1.11 Tampak elevasi grid 1 semua model

1.4 Metode Penulisan

Berikut adalah beberapa metode penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini.

1. Studi Literatur

Melakukan studi literatur terkait *Special Truss Moment Frame* untuk memahami konsep – konsep yang berguna sebagai acuan dalam melakukan analisis. Sumber literatur yang didapatkan bersumber dari Jurnal, Artikel, buku teks dan beberapa artikel dari internet.

2. Pembuatan variasi desain model yang akan di analisis

Melakukan design terhadap model yang akan dianalisis, dan menentukan variasi yang akan digunakan.

3. Analisis struktur

Melakukan analisis struktur dengan respon spektra menggunakan program bantu hitung ETABS.