STUDI PERILAKU STRUKTUR BAJA AKIBAT PERUBAHAN DESAIN SAMBUNGAN PADA PENGHUBUNG GEDUNG

(Skripsi)

Oleh:

FILZA SAHERTIAN AKHMAD
NPM 1815011094

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025

STUDI PERILAKU STRUKTUR BAJA AKIBAT PERUBAHAN DESAIN SAMBUNGAN PADA PENGHUBUNG GEDUNG

Oleh:

FILZA SAHERTIAN AKHMAD

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025

ABSTRAK

STUDI PERILAKU STRUKTUR BAJA AKIBAT PERUBAHAN DESAIN SAMBUNGAN PADA PENGHUBUNG GEDUNG

Oleh

FILZA SAHERTIAN AKHMAD

Penelitian ini membahas pengaruh perubahan desain sambungan pada struktur penghubung dua gedung terhadap perilaku struktur secara keseluruhan. Objek penelitian adalah bangunan *Showroom* Mitsubishi Fuso di Bandar Lampung yang terdiri dari dua massa bangunan, yaitu gedung kantor tiga lantai dan gudang dua lantai yang terhubung oleh struktur smoking area. Analisis dilakukan untuk membandingkan kondisi sambungan kaku dengan sambungan geser. Metode yang digunakan adalah analisis elemen hingga menggunakan perangkat lunak SAP2000. Beban-beban seperti beban mati, beban hidup, dan beban gempa diperhitungkan berdasarkan standar SNI. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan jenis sambungan berpengaruh signifikan terhadap distribusi gaya dalam, nilai drift ratio, serta kestabilan dan kekakuan struktur. Dengan memisahkan sambungan struktural antar bangunan, masing-masing massa bangunan dapat berperilaku lebih mandiri dan aman terhadap beban gempa.

Kata kunci: struktur baja, sambungan *rigid*, sambungan semi-*rigid*, SAP2000, *drift ratio*

ABSTRACT

A STUDY OF STEEL STRUCTURAL BEHAVIOR DUE TO CONNECTION DESIGN CHANGES IN BUILDING CONNECTORS

By

FILZA SAHERTIAN AKHMAD

This study examines the effect of connection design changes on the behavior of structures in a building connector system. The research object is the Mitsubishi Fuso Showroom in Bandar Lampung, which consists of two connected building masses: a three story office building and a two story warehouse, joined by a smoking area structure. The analysis compares rigid and semi-rigid connection conditions using finite element analysis via SAP2000 software. Load calculations including dead loads, live loads, and earthquake loads follow Indonesian national standards (SNI). Results show that the type of connection significantly affects internal force distribution, drift ratio, and the overall structural stability and stiffness. Structural separation between the buildings allows each mass to behave more independently and safely under seismic loads.

Keywords: steel structure, rigid connection, semi-rigid connection, SAP2000, drift ratio

Judul Skripsi	:	**STUDI PERILAKU STRUKTUR BAJA AKIBAT PERUBAHAN DESAIN SAMBUNGAN PADA PENGHUBUNG GEDUNG**
Nama Mahasiswa	:	Filza Sahertian Akhmad
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1815011094
Program Studi	:	Teknik Sipil
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Suyadi, S.T., M.T.	**Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**
NIP 19741225 200501 1 003	NIP 19721026 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil	3. Ketua Program Studi Teknik Sipil
Sasana Putra, S.T., M.T.	**Dr. Suyadi, S.T., M.T.**
NIP 19691111 200003 1 002	NIP 19741225 200501 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Suyadi, S.T., M.T.** .....

Sekretaris : **Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.** .....

Anggota : **Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Juni 2025**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan dengan jelas sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar Pustaka.
2. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa penyabutan gelar yang telah berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 13 Juni 2025

Mahasiswa

Filza Sahertian Akhmad

NPM. 1815011094

RIWAYAT HIDUP

Nama penulis adalah Filza Sahertian Akhmad yang dilahirkan pada Hari Minggu, Tanggal 25 Juni 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dan merupakan putra dari Bapak Akhmad Kholel dan Ibu Mugi Handayani. Penulis memiliki adik perempuan yang bernama Wafa Sahertian Akhmad. Penulis memulai Pendidikan di jenjang TK LKMD 1 Sumbersari dan selesai pada tahun 2006, kemudian melanjutkan Pendidikan di SD Negeri 1 Sumbersari yang di selesaikan pada tahun 2012. Pada tahun 2015 penulis menyelesaikan Pendidikan di SMP Negeri 1 Bumi Agung dan di lanjutkan dengan Pendidikan di SMA Negeri 1 Sekampung hingga selesai pada tahun 2018.

Ketika selesai di Pendidikan Sekolah Menengah Akhri, penulis melanjutkan Pendidikan sebagai Mahasiswa S1 di Universitas Lampung pada 2018. Penulis diterima lewat jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil, penulis ikut dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS Unila) sebagai Kepala Divisi Penelitian Departemen Litbang Periode 2019/2020 sampai dengan Periode 2020/2021. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Braja Asri Kecamatan Way Jepara Lampung Timur yang dilaksanakan pada bulan Januari s.d Februari tahun 2022. Selama menjalani perkuliahan penulis melakukan Kerja Praktik di Proyek Pembanguna Showroom Mitsubishi Fuso PT Boemen Radja Abadi Kota Bandar Lampung berstruktur baja. Kemudian penulis mengambil tugas akhir dengan judul Studi Perilaku Struktur Baja Akibat Perubahan Desain Sambungan Pada Penghubung Gedung.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahhirabbilalamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala Rahmat dan Karunia-Nya, dan Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam*.

Akhirnya saya dapat menyelesaikan Skripsi saya yang semoga menjadikan saya insan yang berguna dan bermanfaat.

Saya persembahkan karya ini :

Kepada orang tua yang sangat saya cintai. Kepada ayah saya yang Bernama Akhmad Kholel dan ibu saya yang bernama Mugi Handayani yang selalu memberikan ketenangan, kenyamanan, motivasi, doa terbaik, dan menyisihkan finansialnya, sehingga saya bisa menyelesaikan masa studi saya, kalian sangat berarti bagi saya.

Kepada adik saya Wafa Sahertian Akhmad dan kakak-kakak sepupu saya yang telah memberikan semangat dan semoga kita semua menjadi anak yang membanggakan kedua orang tua.

Kepada teman-teman dan sahabat yang selama ini telah mendukung dan menjadi tempat berbagi keluh kesah dan solusi.

MOTO HIDUP

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(Q.S. Al-Baqarah 286)

"Cobaan hidupmu bukanlah untuk menguji kekuatan dirimu. Tapi menakar seberapa besar kesungguhan dirumu dalam memohon pertolongan kepada Allah."

(Ibnu Qoyyim)

"The world only make sanse if you force it to."

(Bruce Wyne A.K.A Batman)

"Any man who must say I’m The King is no tru King."

(Tywin Lannister)

SANWACANA

Alhamdulillahirrabil'alamin, Puji dan syukur penulis ucapan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis dengan segala rasa cinta dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul "**Studi Perilaku Struktur Baja Akibat Perubahan Desain Sambungan Pada Penghubung Gedung***"*. Sholawat serta salam, senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi besar Muhammad *shallallaahu 'alaihi wasallam*.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat, Rahmat dan karunia serta mukzizat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, bimbingan, kepercayaan, dan semangat baik moral maupun materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM. selaku Rektor Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Suyadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
7. Bapak Suyadi, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan saran, kritik dan ilmu pengetahuannya dalam penelitian ini.

8. Bapak Dr, Eng. Muhammad Isneini, S.T., M.T. selaku Pembimbing kedua yang telah memberikan saran, kritik dan ilmu pengetahuannya dalam penelitian ini.
9. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T.,M.T., selaku Penguji yang telah memberikan saran, kritik dan ilmu pengetahuannya dalam penelitian ini.
10. Bapak dan Ibu Dosen serta semua staf Teknik Sipil, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan bantuannya selama menjalani perkulihanan.
11. Terimakasi juga untuk teman-teman satu Angkatan 2018 Teknik Sipil Universitas Lampung yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya seperti kata pepatah "Membuat kesalahan lebih baik dari pada memalsukan kesempurnaan karena tidak ada yang sempurna di dunia ini". Oleh karena itu saran dan kritik diharapkan peneliti, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membacanya.

Bandar Lampung, 2025

Filza Sahertian Akhmad

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR ii

DAFTAR TABEL ii

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3

II. LANDASAN TEORI

2.1 Bangunan Struktur Baja 5
2.2 Sistem Portal 6
2.3 Sambungan Baja 7
2.4 Sambungan Baut 11
2.5 Sambungan Las 13
2.6 Skonsep Pembebanan 15
2.7 Drift 21
2.8 Sap2000 23
2.9 Standar Dan Peraturan 25

III. METODOLOGI

3.1 Objek Penelitian 27
3.2 Data Perencanaan 28
3.3 Metode Penelitian 29

3.4 Diagram Alur Perencanaan 31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rencana Perubahan Desan 32
4.2 Perhitungan Beban-Beban 33
4.2.1 Beban Mati (Dead Load) 34
4.2.2 Beban Hidup 35
4.3 Desain Response Spektrum 36
4.3.1 Parameter Respons Spektrum 36
4.3.2 Faktor Reduksi Gempa (R) 37
4.3.3 Faktor Keutamaan (I) 38
4.3.4 Menentukan Faktor Pengali 38
4.3.5 Menetapkan Lantai Tingkat Sebagai Diafragma 38
4.4 Mengaplikasikan Kombinasi Pembebanan 38
4.5 Kontrol-Kontrol Struktur 40
4.5.1 Pemeriksaan Jumlah Ragam 40
4.5.2 Pemilihan Jenis Ragam 42
4.5.3 Perbandingan Geser Dasar Statis Dan Geser Dasar Dinamis 44
4.6 Perhitungan *Drift* 46
4.6.1 *Drift Ratio* 47
4.7 Analisa Perubahan Struktur 48
4.5.1 Pemeriksaan Jumlah Ragam 48
4.5.2 Pemilihan Jenis Ragam 50
4.5.3 Perbandingan Geser Dasar Statis Dan Geser Dasar Dinamis 52
4.7.4 Perhitungan *Drift* 53
4.7.5 *Drift Ratio* 54
4.8 Pembahasan.....55

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan 60
5.2 Saran 60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1. Simpangan Antar Lantai 22

2.2. Drift Ratio 23

3.1. Model Struktur Sebelum Perubahan 27

3.2 Gambar Diagram Alur.....31

4.1. Model Struktur Sebelum Perubahan 33

4.2. Model Struktur Setelah Perubahan.....33

4.3. Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Bandar Lampung 37

4.4. Grafik δ Dan Δ Pada Struktur Eksisting 56

4.5. Grafik δ Dan Δ Pada Struktur Desain 57

4.6. Grafik Perbandingan Periode Natural 57

4.7. Diagram Perbandingan Momen Maksimum Dan Minimum Pada Kolom A-6.....59

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1. Tipe – Tipe Baut Dan Kuat Tarik Minimum 12

2.2. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung 15

2.3. Beban Hidup 17

2.4. Simpangan Izin Antar Tingkat 22

4.1. Beban Hidup untuk Gedung 36

4.2. Parameter Respons Gempa Wilayah Bandar Lampung untuk Kelas Situs SD 36

4.3. Tabel Partisipasi Massa Struktur Eksisting 40

4.4. Perhitungan Selisih Periode (ΔT) setiap Mode Struktur Eksisting 43

4.5. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Pada Struktur Eksisting 45

4.6. Perbandingan Gaya Geser Dasar Dinamik Dengan Gaya Geser Statik Dan Perhitungan Faktor Perbesaran Skala Struktur Eksisting 45

4.7. Simpangan Arah X Dan Y Yang Terjadi Pada Setiap Lantai Struktur Eksisting 47

4.8. Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Pada Arah X Dan Y Struktur Eksisting 47

4.9 Perhitungan *Drift Ratio* Struktur Eksisting 48

4.10. Tabel Partisipasi Massa Struktur Desain 48

4.12. Perhitungan Selisih Periode (ΔT) setiap Mode Struktur Desain 51

4.13. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Struktur Desain 42

4.14. Perbandingan Gaya Geser Dasar Dinamik Dengan Gaya Geser Statik Dan Perhitungan Faktor Perbesaran Skala Struktur Desain 52

4.15. Simpangan Arah X Dan Y Yang Terjadi Pada Setiap Lantai Struktur Desain 54

4.16. Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Pada Arah X Dan Y Struktur Desain 54

4.17. Perhitungan *Drift Ratio* Struktur Eksisting 55

4.18. Persentase Perubahan Simpangan Arah X 55

4.19. Persentase Perubahan Simpangan Arah Y 55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pada bidang konstruksi selalu mengalami perkembangan karena erat kaitannya dengan kehidupan manusia yang mendorong inovasi agar melahirkan teknologi baru yang lebih unggul dalam segala aspek. Adapun salah satunya yaitu teknologi konstruksi menggunakan struktur baja. Struktur baja dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan struktur beton, seperti kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dengan dimensi yang lebih kecil, bersifat elastis dan memiliki daktilitas tinggi, serta bersifat homogen sehingga memudahkan proses perencanaan dan pemasangan.

Di Indonesia, pembangunan gedung bertingkat dengan struktur baja semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti meningkatnya kebutuhan akan ruang perkantoran dan hunian, serta perkembangan teknologi di bidang konstruksi. Namun, dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunannya, masih terdapat beberapa permasalahan yang perlu dikaji. Salah satu permasalahan tersebut adalah pengaruh jenis sambungan terhadap perilaku struktur secara keseluruhan.

Sambungan merupakan elemen penghubung antara berbagai komponen struktur, tipe sambungan yang digunakan dapat secara signifikan mempengaruhi distribusi gaya dalam dan respons struktur terhadap beban. Sambungan *rigid* dan semi *rigid* merupakan dua tipe sambungan yang umum digunakan dalam struktur baja. Sambungan *rigid* memberikan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sambungan semi *rigid*, namun juga dapat menyebabkan konsentrasi tegangan yang lebih besar di sekitar sambungan.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis struktur gedung baja berlantai tiga dan gedung berlaintai dua yang terhubung satu sama lain, yaitu *Showroom* Mitsubishi Fuso yang berlokasi di Kelurahan Kalibalau Kencana, Kecamatan Sukabumi, Bandar Lampung. Bangunan ini memiliki luas denah 1.566,5 m2 dan tinggi 14,1 m. bangunan ini terdiri dari dua bagian yaitu gedung berlantai tiga yang berfungsi sebagai kantor dan gedung berlantai dua yang befungsi sebagai warehouse dan bengkel. Kedua gedung ini dihubungkan dengan suatu sruktur kecil yang berfungsi sebagai smoking area dan juga tangga menuju smoking area tersebut.

Struktur kecil penghubung kedua bangunan tersebut sangat krusial. Karena ada dua bangunana yang berbeda dengan dimensi dan massa yang berbeda saling terhubung. Adanya indikasi perubahan perilaku setiap bangunan dipengaruhi oleh bangunan lain yang dapat membahayakan. Apabila terjadi tegangan pada salah satu atau kedua bagian bangunan maka akan sangat mempengaruhi satu sama lain. Maka perlu adanya penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tegangan tersebut dan perubahannya apabila tipe sambungan dirubah.

Penelitian ini akan menganalisis pengaruh perubahan tipe sambungan pada struktur penghubung antara dua masa bangunan terhadap gaya - gaya dalam dan perilaku struktur secara keseluruhan. Analisis akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000, yang merupakan salah satu perangkat lunak analisis struktur yang paling populer dan dapat diandalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh perubahan tipe sambungan dari kaku menjadi geser pada struktur penghubung terhadap distribusi gaya dalam pada setiap bagian bangunan?
2. Bagaimana perbedaan *drift ratio*, pada kondisi sebelum dan sesudah perubahan tipe sambungan?

3. Apakah perubahan tipe sambungan berpengaruh terhadap stabilitas dan kekakuan struktur secara keseluruhan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis distribusi gaya dalam pada setiap masa bangunan sebelum dan sesudah perubahan tipe sambungan.
2. Membandingkan *drift ratio*, pada kedua kondisi sambungan.
3. Mengevaluasi pengaruh perubahan tipe sambungan terhadap stabilitas dan kekakuan struktur.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk menghindari melebarnya pembahasan pada tugas akhir ini diperlukannnya batasan masalah , yaitu:

1. Analisis hanya dilakukan untuk mengtahui gaya – gaya yang bekerja pada struktur.
2. Tidak melakukan evaluasi dimensi dan kekuatan struktur.
3. Proses menganalisis menggunakan bantuan aplikasi sap2000.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Kontribusi ilmiah: Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang struktur baja, khususnya dalam hal analisis pengaruh tipe sambungan pada bangunan dengan konfigurasi kompleks.
2. Penerapan praktis: Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para perencana dan desainer struktur dalam memilih tipe sambungan yang sesuai untuk bangunan dengan konfigurasi serupa, sehingga dapat menghasilkan desain struktur yang lebih optimal dan aman.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai pengaruh tipe sambungan terhadap perilaku struktur baja, khususnya pada bangunan dengan konfigurasi yang kompleks.

II LANDASAN TEORI

2.1 Bangunan Struktur Baja

Baja merupakan material yang sering digunakan sebagai sruktur bangunan industri seperti *werehouse* dan juga kilang minyak. Baja dapat digunakan sebagai material utama yang terdiri kolom, balok, pelat lantai dan atap. Meskipun baja memiliki banyak keunggulan, tetap diperlukan perencanaan yang optimal agar memenuhi strandar keamanan dan kenyamanan yang ada.

Material baja secara alami memiliki perbandingan berat dan volume yang tinggi, sehingga dapat menghasilkan bangunan yang lebih ringan dengan kekuatan yang sama dengan material lainnya. Hal ini merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Dalam perencanaan struktur tahan gempa, *capacity design* menjadi dasar dalam pelaksanaannya. Dengan metode tersebut struktur derencanakan sehingga bila terjadi kondisi inelastis hanya terjadi pada bagian yang telah direncanakan saja, sedangkan bagian lainnya tetap berperilaku elastis. Sehingga kondisi inelastis yang terjadi dapat terkontrol sebagai tempat *dissipation energy*.

2.2 Sistem Portal

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) merupakan sistem rangka yang dirancang untuk menahan beban lateral seperti beban gempa dan beban angin, melalui mekanisme lentur pada setiap komponen struktur. Sistem ini sangat penting dalam konstruksi bangunan bertingkat pada daerah rawan gempa. SRPM bekerja dengan cara mendistribusikan momen secara merata pada seluruh komponen struktur, termasuk balok, kolom, dan sambungan. Komponen-komponen tersebut menahan momen lentur sesuai dengan kapasitas lentur masing-masing. Denagn demikian seluruh struktur bekerja secara bersama-sama dalam menanggung beban yang bekerja.

Berdasarkan tingkat ketahanan terhadap gempa dan persyaratan detail sambungan, SRPM dapat dibagi menjadi tiga jenis utama:

- **Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK):** Dirancang untuk daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi. Memiliki persyaratan detail sambungan yang ketat untuk memastikan daktilitas yang tinggi.
- **Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM):** Cocok untuk daerah dengan tingkat resiko gempa sedang. Persyaratan detail sambungannya tidak seketat SRPMK.
- **Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB):** Umumnya digunakan untuk bangunan dengan tingkat resiko gempa rendah. Persyaratan detail sambungannya paling sederhana di antara ketiga jenis SRPM.

Secara keseluruhan SRPM mampu meredam gaya gempa secara efektif melalui mekanisme lentur, distrubusi beban yang merata ke seluruh komponen struktur sehingga dapat mencegah resiko kerusakan lokal, dan mampu menahan beban yang besar.

2.3 Sambungan Baja

2.3.1 Sambungan *Rigid*

Sambungan *rigid* adalah jenis sambungan yang dirancang untuk menahan rotasi antara elemen-elemen struktur, seperti balok dan kolom, sehingga dapat mentransfer momen dan gaya geser secara efektif. Sambungan ini memiliki kekakuan yang tinggi, yang berarti tidak ada pergerakan rotasi yang signifikan pada sambungan tersebut ketika beban diterapkan. Dalam konteks struktur baja, sambungan *rigid* sering digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan kekuatan struktur secara keseluruhan.

1. Tipe-Tipe Sambungan *Rigid*

Sambungan *rigid* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe berdasarkan karakteristik dan cara kerjanya:

- ***Fully Restrained Connection* (FR)**: Sambungan ini sepenuhnya kaku dan tidak dapat berputar. Momen yang bekerja pada sambungan ini dapat mencapai 90-100% dari momen jepit sempurna. Sambungan ini ideal untuk struktur yang memerlukan kekakuan tinggi, seperti pada bangunan bertingkat.
- ***Partially Restrained Connection* (PR)**: Sambungan ini memiliki kekakuan yang lebih rendah dibandingkan sambungan *fully restrained*. Momen yang dapat ditransfer berkisar antara 20-90% dari momen jepit sempurna. Sambungan ini sering digunakan dalam aplikasi di mana fleksibilitas diperlukan, seperti pada struktur yang mengalami perubahan beban.
- ***Simple Connection***: Sambungan ini tidak dapat mentransfer momen, hanya dapat menyalurkan gaya geser. Momen yang bekerja pada sambungan ini sangat kecil, berkisar antara 0-20% dari momen jepit sempurna. Sambungan ini biasanya digunakan pada struktur yang tidak memerlukan kekakuan tinggi.

2. Momen yang Bekerja pada Tipe Sambungan *Rigid*

Momen yang bekerja pada sambungan *rigid* sangat bergantung pada jenis sambungan yang digunakan:

- **Momen pada *Fully Restrained Connection***: Sambungan ini dirancang untuk menahan momen maksimum, sehingga momen yang bekerja dapat mencapai 90-100% dari momen jepit sempurna. Hal ini memungkinkan sambungan untuk berfungsi secara efektif dalam menahan beban lateral dan vertikal.
- **Momen pada *Partially Restrained Connection***: Momen yang dapat ditransfer berkisar antara 20-90% dari momen jepit sempurna. Sambungan ini memberikan fleksibilitas yang lebih besar, tetapi tetap mampu menahan beban yang signifikan.
- **Momen pada *Simple Connection***: Momen yang bekerja pada sambungan ini sangat kecil, hanya sekitar 0-20% dari momen jepit sempurna. Sambungan ini tidak dirancang untuk menahan momen, sehingga lebih cocok untuk aplikasi di mana beban momen tidak signifikan.

2.3.2 Sambungan Semi *Rigid*

Sambungan semi *rigid* adalah jenis sambungan yang memiliki karakteristik antara sambungan kaku (*rigid*) dan sambungan sederhana (*simple*). Sambungan ini dapat mentransfer momen, tetapi tidak sekuat sambungan kaku. Dalam sambungan semi *rigid*, terdapat kemampuan untuk berputar, sehingga sambungan ini dapat menyalurkan sebagian momen yang bekerja pada struktur, tetapi tidak sepenuhnya kaku. Hal ini membuat sambungan semi *rigid* sering digunakan dalam desain struktur baja untuk memberikan fleksibilitas dan efisiensi material.

1. Tipe-Tipe Sambungan Semi *Rigid*

Sambungan semi *rigid* dapat dikategorikan menjadi beberapa tipe berdasarkan cara kerjanya dan karakteristik kekakuan:

- **Sambungan dengan Pelat (*End Plate Connection*):** Sambungan ini menggunakan pelat yang dipasang di ujung balok dan kolom. Pelat ini dapat membantu dalam mentransfer momen dan gaya geser, tetapi dengan tingkat kekakuan yang lebih rendah dibandingkan sambungan kaku.
- **Sambungan Baut (*Bolted Connection*):** Sambungan ini menggunakan baut untuk menghubungkan elemen struktur. Tipe sambungan ini dapat dirancang untuk memiliki kekakuan yang bervariasi tergantung pada jumlah dan ukuran baut yang digunakan.

- **Sambungan Las (*Welded Connection*):** Sambungan ini menggunakan las untuk menghubungkan elemen struktur. Sambungan las dapat memberikan kekakuan yang lebih baik dibandingkan sambungan baut, tetapi tetap memiliki karakteristik semi *rigid* jika dirancang dengan cara tertentu.

2. Momen yang Bekerja pada Tipe Sambungan Semi *Rigid*

Momen yang bekerja pada sambungan semi *rigid* bervariasi tergantung pada desain sambungan dan beban yang diterima. Beberapa poin penting mengenai momen pada sambungan semi *rigid* adalah:

- **Momen Tahan**: Sambungan semi *rigid* dapat mentransfer momen, tetapi tidak sekuat sambungan kaku. Momen yang dapat ditransfer biasanya berkisar antara 20% hingga 80% dari momen jepit sempurna, tergantung pada desain sambungan dan material yang digunakan.
- **Pengaruh Beban**: Ketika beban diterapkan, sambungan semi *rigid* akan mengalami rotasi, yang dapat mempengaruhi distribusi momen di seluruh struktur. Hal ini penting untuk diperhitungkan dalam analisis struktur untuk memastikan bahwa sambungan dapat menahan beban yang diterima tanpa mengalami kerusakan.
- **Analisis Struktural**: Dalam analisis struktur, sambungan semi *rigid* sering kali dimodelkan menggunakan metode analisis yang mempertimbangkan kekakuan sambungan. Ini memungkinkan insinyur untuk memperkirakan momen dan gaya yang bekerja pada sambungan dengan lebih akurat.

2.3.3 Sambungan *Pinned*

Sambungan pinned adalah jenis sambungan yang dirancang untuk memungkinkan rotasi antara elemen-elemen struktur, seperti balok dan kolom. Sambungan ini biasanya digunakan untuk menghubungkan elemen struktural yang memerlukan fleksibilitas, sehingga dapat mengurangi momen yang ditransfer antara elemen tersebut. Dalam sambungan pinned, gaya geser dapat ditransfer, tetapi momen yang bekerja pada sambungan ini sangat kecil atau bahkan dianggap nol. Hal ini membuat sambungan pinned ideal untuk aplikasi di mana pergerakan relatif antara elemen-elemen struktur diinginkan.

1. Tipe-Tipe Sambungan *Pinned*

Sambungan pinned dapat dikategorikan menjadi beberapa tipe berdasarkan cara kerjanya dan aplikasinya:

- **Sambungan Baut (*Bolted Pinned Connection*):** Menggunakan baut untuk menghubungkan elemen struktur. Sambungan ini memungkinkan rotasi dan dapat menyalurkan gaya geser, tetapi tidak dapat mentransfer momen secara signifikan.
- **Sambungan Las (*Welded Pinned Connection*):** Meskipun umumnya sambungan las bersifat kaku, sambungan ini dapat dirancang untuk berfungsi sebagai sambungan pinned dengan cara tertentu, seperti menggunakan pelat yang memungkinkan rotasi.
- **Sambungan dengan Pelat Pinned (*Pinned End Plate Connection*):** Menggunakan pelat di ujung balok yang dihubungkan dengan kolom. Pelat ini dirancang untuk memungkinkan rotasi sambil tetap mentransfer gaya geser.

2. Momen yang Bekerja pada Tipe Sambungan *Pinned*

Momen yang bekerja pada sambungan *pinned* sangat kecil, dan dalam banyak kasus, dapat dianggap nol. Beberapa poin penting mengenai momen pada sambungan *pinned* adalah:

- **Momen Minimal:** Sambungan *pinned* dirancang untuk tidak mentransfer momen, sehingga momen yang bekerja pada sambungan ini sangat kecil, biasanya dianggap sebagai nol. Hal ini memungkinkan elemen-elemen yang terhubung untuk bergerak relatif satu sama lain tanpa menimbulkan stres tambahan pada sambungan.
- **Pengaruh Beban Geser:** Meskipun sambungan *pinned* tidak mentransfer momen, sambungan ini masih dapat menyalurkan gaya geser yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu, analisis gaya geser tetap penting dalam perancangan sambungan pinned.
- **Analisis Struktural:** Dalam analisis struktur, sambungan *pinned* sering dimodelkan dengan asumsi bahwa momen yang ditransfer adalah nol. Ini mempengaruhi perhitungan kekuatan dan stabilitas struktur secara keseluruhan.

2.4 Sambungan Baut

Untuk waktu yang cukup lama metode penghubung/sambungan dengan *rivet* struktur baja yang digunakan. Sekarang ini penggunaan rivet berkurang karena keunggulan metode sambung las dan baut mutu tinggi.

Penggunaan baut pada struktur baja dapat mempercepat proses pelaksanaan dan tidak memerlukan kemampuan tinggi bagi pekerja disbanding dalam sambungan rivet dan las. Hal ini menyebabkan struktur baja dengan sambungan baut lebih ekonomis.

2.4.1 Jenis Baut

Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang distandartkan oleh ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut ini mempunyai bentuk segi enam. Baut A325 terbuat dari baja karbon yang memiliki kuat leleh 560 – 630 Mpa, baut A490 terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790 - 900 Mpa, tergantung pada diameternya. Diameter baut mutu tinggi berkisar antara ½ - 1 ½ in yang sering digunakan dalam struktur bangunan berdiameter antara ¾ dan $^7/_8$ in, dalam desain jembata antara $^7/_8$ hingga 1 in.

Dalam pemasangan baut mutu tinggi memerlukan gaya tarik awal yang cukup diperoleh dari pengencangan awal. Gaya ini akan memberikan friksi sehingga cuku kuat untuk memikul beban yang bekerja. Gaya ini dinamakan *proof load*. *Proof load* diperoleh dengan mengalihkan luas daerah tegangan Tarik (*A*) dengan kuat leleh yang diperoleh dengan metode 0,2 tangen atau 0,55 regangan yang besarnya 70% *fu* untuk A325 dan 80% *fu* untuk A490.

$$A_s = \frac{\pi}{4}\left(d_b - \frac{0{,}8743}{\eta}\right)^2$$

Dengan :

d_b : diameter nominal baut

n : jumlah ulir per mm

Baut mutu normal dipasang kencang tangan. Baut mutu tinggi mula-mula dipasang kencang tangan, kemudian diikuti ½ putaran lagi (*turn-of-the-nut- methode*). Dalam tabel 2.1 ditampilkan tipe-tipe baut dengan diameter, proof load dan kuat Tarik minimumnya

Tabel 2.1 Tipe – Tipe Baut Dan Kuat Tarik Minimum

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (Mpa)	Kuat Tarik Min (Mpa)
A307	6,35 – 104	-	60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7	825	1035

Sambungan baut mutu tinggi dapat didesain sebagai sambungan tipe friksi (jika dikehendaki taka da slip) atau juga sambungan tipe sumbu.

2.4.2 Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor *Ru*, sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$Ru \leq \phi.Rn$

Dengan *Rn* adalah tahanan nominal baut sedangkan ϕ adalah factor reduksi yang diambil sebesar 0,75. Besarnya *Rn* berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

2.4.3 Kekuatan Tarik dan Geser Baut

Tahanan nominal satu baut yang memikul gaya Tarik atau geser memenuhi persamaan:

$R_n = F_n \, . \, A_b$

Keterangan:

A_b : luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

F_n : tegangan tarik nominal, F_{nt} atau tegangan geser, F_{nw} ksi (Mpa)

2.4.4 Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Tipe Tumpuan

Kekuatan Tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya Tarik dan geserharus ditetukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$R_n = F'_{nt} . A_b$

Keterangan:

F'_{nt} : tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (Mpa)

F'_{nt} : $1{,}3.F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\emptyset F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt}$

F_{nt} : tegangan tarik nominal

F_{nv} : tegangan geser

f_{rv} : tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban, ksi (Mpa)

2.5 Sambungan Las

Suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi.

2.5.1 Jenis – Jenis Las

Las tumpul, merupakan tipe las yang digunakan untuk menyambung batang-batang sebidang karena las ini harus manyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambungnya.

Las sudut, merupakan tipe las yang paling banyak dijumpai dibandingkan dengan tipe las yang lain. Sebanyak 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut. Tipe ini tidak memerlukan tingkat presisi yang tinggi dalam pengerjaannya.

Las baji dan pasak, merupakan jenis las yang biasa digunakan bersamaan dengan las sudut. Manfaat utamanya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran panjang las sudut.

2.5.2 Tahanan Nominal

Persyaratan keamanan suatu struktur, dalam hal ini terutama untuk las adalah terpenuhinya persamaan :

$\phi.R_{nw} \geq R_u$

Keterangan :

ϕ : factor tahanan

R_{nw} : tahanan nominal per satuan panjang las

R_u : beban terfaktor per satuan panjang las

Kuat rencana per satuan panjang las sudut ditentukan sebagai, berikut:

$\phi.R_{nw} = 0{,}75.\ t_e\ (0{,}6\ .\ f_{uw})$ (las)

$\phi.R_{nw} = 0{,}75.\ T_e\ (0{,}6\ .\ f_u)$ (bahan dasar)

2.6 Konsep Pembebanan

Pembebanan Gedung berdasarkan SNI 1727-2019 tentang pembebanan minimum untuk perancangan gedng dan struktur lain.

2.6.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Merupakan berat dari semua unsur atau bagian gedung yang besifat tetap dan segala unsur tambahan, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung.

Tabel 2.2. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m3
Batu alam	2.600 kg/m3
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m3
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m3
Batu pecah	1.450 kg/m3
Besi tuang	7.250 kg/m3
Beton	2.200 kg/m3
Beton bertulang	2.400 kg/m3
Kayu (Kelas I)	1.000 kg/m3
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m3
Pasangan bata merah	1.700 kg/m3
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m3
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m3
Pasangan batu karang	1.450 kg/m3
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m3
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m3
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m3
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m3
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m3
Timah hitam (Timbal)	11.400 kg/m3
KOMPONEN GEDUNG	
Adukan per senti tebal	
- dari semen	21 kg/m2
- dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m2
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m2

Tabel 2.2. Lanjutan

Dinding pasangan bata merah:	
- satu batu	450 kg/m2
- setengah batu	250 kg/m2
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m2
- tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang:	120 kg/m2
Tanpa Lubang:	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m2
- tebal dinding 10 cm	200 kg/m2
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	11 kg/m2
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	10 kg/m2
- kaca, dengan tebal 3 - 4 mm	40 kg/m2
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m2	7 kg/m2
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	50 kg/m2
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m2 bidang atap	40 kg/m2
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m2 bidang atap	10 kg/m2
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gorden	
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m2
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	24 kg/m2

2.6.2 Beban Hidup (Life Load)

Semua beban yang terjadi akibat penghunian dan penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah-pindah, peralatan yang merupakan bagian dari gedung dan dapat diganti posisi sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan pada gedung.

Khusus pada bagian atas bangunan yaitu atap, beban hidup yang termasuk berasal dari air hujan dan tekanan jatuh (energi kinetik).

Tabel 2.3. Beban Hidup

Hunian atau Penggunaan		
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	50 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan Dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79kN/m2	
Jalur untik akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai lain	sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain)	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian(lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator(pada daerah 2in. X 2in. [50mm x 50 mm]		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finshing ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25mm x 25mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran		100 (4,79)
Hunian satu keluarga saja		40 (1,92)

Tabel 2.3. Lanjutan

Tangga permanen		Lihat pasal 4.5
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus		40 (1,92)
Susuran tangga, rel pengaman dan batang pegangan		Lihat pasal 4.5
Helipad		
Rumag sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97)	3000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, penggunaan yang sama	75 (3,59)	
Bangsal dansa dan ruang dansa	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	

Tabel 2.3. Lanjutan

Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik[a] dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti Hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur kayu ringan	5 (0,24) tidak Boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap di atas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)

Tabel 2.3. Lanjutan

Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Bak-bak/*scuttles*, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300
Gudang di atas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 45	
Susuran jalan dan panggung yang ditinggikan (selai jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

2.6.3 Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

2.6.4 Beban Gempa (Earthqueke Load)

Beban gempa adalah beban stat ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari Gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur ditendukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut, yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

2.6.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan peraturan yang berlaku pada SNI 1727 – 2013 tentang beban minimum untuk perencangan bangunan gedung dan sruktur lain, digunakan kombinasi dasar pembebanan metode desain kekuatan sebagai berikut:

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

Keterangan :
D = beban mati
E = beban gempa
L = beban hidup
Lr = beban hidup atap
R = beban hujan
W = beban angin

2.7 Drift

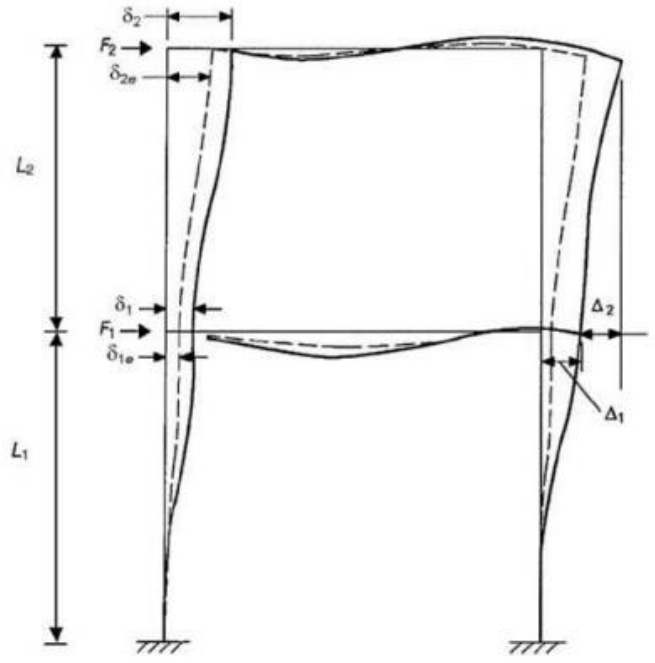
Drift adalah simpangan yang terjadi pada antar lantai yang disebabkan oleh gaya lateral yang bekerja pada suatu struktur bangunan. Gaya lateral dapat dihasil kan dari beban gempa, beban angin dan beban impak oleh mesin. *Drift* atau simpangan antar tingkat merupakan perpindahan pada arah horizontal di bagian atas tingkat yang ditinjau dengan patokan perpindahan relatif terhadap bagian bawahnya (SNI 1726-2019).

Pada SNI 1726 tahun 2019 terdapat batasan atau simpangan terbesar yang diizinkan antar tingkat, batasan tersebut didasari oleh struktur yang dipakai dan katagori risiko gempa dari struktur tersebut. Simpangan izin dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.4 Simpangan Izin Antar Tingkat

struktur	Katagori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk	0,025 h	0,020 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

Berikut adalah gambar simpangan antar lantai hubungan antara simpangan elastis dan simpangan antar lantai yang akan terjadi pada struktur apabila terjadi gaya lateral.



Gambar 2.1. Simpangan Antar Lantai

Dibawah ini adalah keterangan dari simbol-simbol pada gambar di atas:

F = gaya gempa desain

δ = perpindahan yang diperbesar

δ_e = perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain

Δ = simpangan antar tingkat

L = tinggi antar tingkat

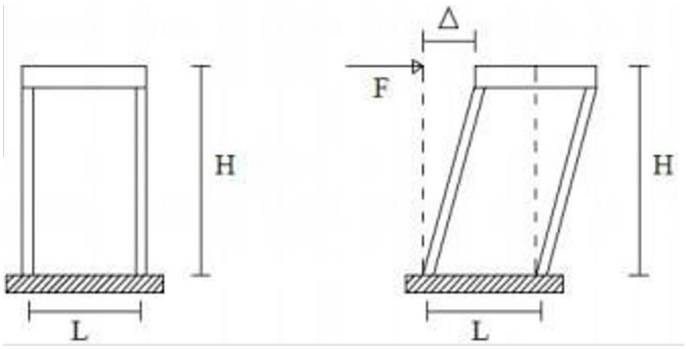
2.7.1 Drift Ratio

Drift ratio atau *drift indeks* merupakan rasio dari simpangan struktur dengan tinggi dari struktur di bawahnya, (Rendra, R., dkk 2015). *Drift ratio* digunakan untuk menentukan level kinerja struktur pada metode perhitungan menggunakan desain berbasis kinerja. *Drift ratio* dapat menggunakan persamaan:

$$\text{Drift ratio} = \frac{\Delta}{H}$$

Δ= simpangan antar lantai

H= tinggi tingkat di bawahnya



Gambar 2.2. *Drift Ratio*

2.8 SAP2000

SAP2000 merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu bidang teknik sipil, khususnya dalam proses analisis struktur. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc*. (CSI) dan telah menjadi standar industri dalam melakukan analisis struktur gedung, jembatan, menara, dan struktur

lainnya. SAP2000 memungkinkan pengguna untuk memodelkan struktur kompleks secara tiga dimensi, menerapkan beban yang bekerja, dan menganalisis respons struktur terhadap beban tersebut.

2.8.1 Prinsip Dasar SAP2000

SAP2000 bekerja berdasarkan pada metode elemen hingga (*finite element method*), dengan membagi struktur menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung pada titik-titik nodal. Dengan cara tersebut, struktur yang kompleks dapat dimodelkan secara numerik. Prinsip dasar analisis dalam SAP2000 meliputi:

- Pemodelan struktur: Pengguna membuat model struktur dengan menginput geometri, material, dan properti elemen.
- Penerapan beban: Beban-beban yang bekerja pada struktur, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa, diterapkan pada model.
- Analisis: SAP2000 melakukan analisis struktur untuk menghitung gaya dalam, defleksi, dan tegangan pada setiap elemen.
- Hasil: Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau animasi, sehingga memudahkan interpretasi.

2.8.2 Keunggulan SAP2000

SAP2000 memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan perangkat lunak analisis struktur lainnya, antara lain:

- *User interface* yang mudah dimengerti: SAP2000 memiliki *interface* grafis yang *user-friendly*, sehingga mudah digunakan bahkan untuk *user* pemula.
- Kemampuan analisis yang luas: Dapat digunakan untuk menganalisis struktur sederhana hingga struktur yang sangat kompleks.
- Fitur desain yang lengkap: Selain analisis, SAP2000 juga menyediakan fitur desain untuk berbagai jenis material dan elemen struktur.
- Ketersediaan data elemen: SAP2000 dilengkapi dengan data elemen yang lengkap, sehingga memudahkan pengguna dalam memilih elemen yang sesuai untuk model struktur.

- Integrasi dengan perangkat lunak lain: Dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak lainnya seperti *AutoCAD*, sehingga memudahkan dalam proses perancangan.

2.9 Standar dan Peraturan

Standar dan Peraturan Umum untuk Analisis Struktur Baja:

- SNI 03-1729-2019: Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Ini adalah standar nasional yang paling mendasar dan komprehensif untuk perencanaan struktur baja di Indonesia. Standar ini mencakup berbagai aspek, mulai dari pembebanan, material, hingga perhitungan kekuatan.
- SNI 1726:2020: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Standar ini sangat penting karena Indonesia berada di kawasan rawan gempa. Standar ini memberikan persyaratan khusus untuk perencanaan struktur agar tahan terhadap gaya gempa.
- SNI 1727:2020: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Standar ini memberikan ketentuan mengenai jenis dan besarnya beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.
- PPIUG 1981: Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung. Meskipun sudah agak tua, standar ini masih sering dijadikan rujukan, terutama untuk proyek-proyek yang tidak terlalu kompleks.

Standar Spesifikasi Baja:

- SNI 07-7178-2006: Membahas mengenai baja profil WF
- SNI 2610:2011: Membahas mengenai baja profil H

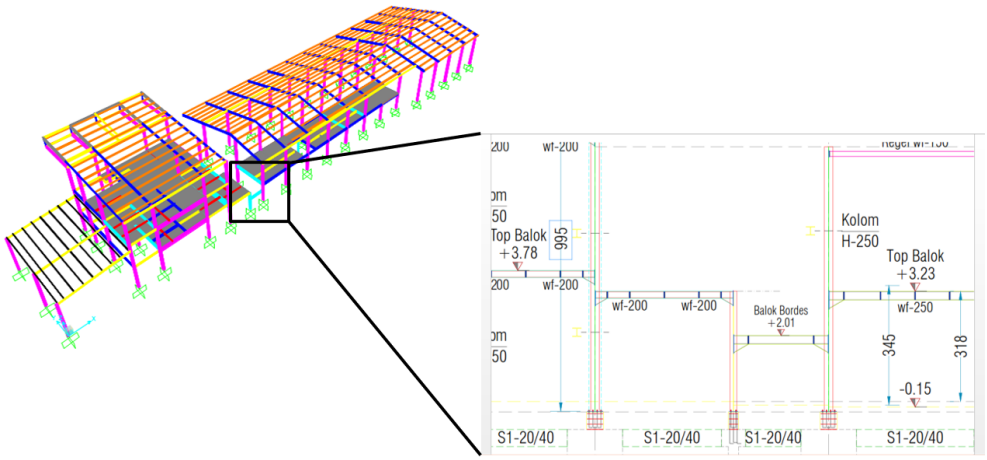
- SNI 07-0329-2005: Membahas mengenai baja profil I
- SNI 07-0052-2006: Membahas mengenai baja Channel
- SNI 07-0054-2006: Membahas mengenai baja Equal Angles

III. METODOLOGI

3.1 Objek penelitian

Objek penelitian ini merupakan bangunan *Showroom* Mitsubishi Fuso yang berlokasi di Jalan Soekarno-Hatta (*ByPass*), Kelurahan Kalibalau Kencana, Kecamatan Sukabumi, Bandar Lampung. Proyek ini terdiri dari dua bangunan utama yaitu area *office* dengan 3 lantai dan area bengkel *sparepart werehouse* dengan 2 lantai. Penelitian ini di khususkan untuk mendesain ulang struktur area office saja.

Struktur penghubung gedung area office dan gedung area sparepart werehouse berfungsi sebagai smoking area lantai dua yang sepenuhnya menggunakan sistem sambungangan rigid. Pada penelitian ini balok A1-A2 dan B1-B2 dirubah agar bertumpu pada kolom A2 dan kolom B2. Berikut adalah gambar pemodelan sebelum dan sesudah perubahan.



Gambar 3.1. Model Struktur Sebelum Perubahan

3.2 Data Perencanaan

3.2.1 Data Teknis Bangunan

Berikut adalah beberapa data teknis pada proyek pembangunan *Showroom* Mitsubishi Fuso:

1. Kolom dan Balok
    - Struktur kolom pada bangunan ini seluruhnya menggunakan baja profil H-25 dengan mutu sesuai dengan SNI 2610-2011.
    - Pada sruktur balok digunakan baja profil wide flange atau WF dengan dimensi yang bervariasi sesuai dengan keperluan yang memiliki spesifikasi atau mutu yang mengacu pada SNI 07-7178-2006 Bj P41.

2. Pelat
    - Pada struktur pelat diguakan beton dengan mutu K250 dengan tebal 12 cm.
    - Penulangan yang digunakan adalah wiremess tipe M8 dengan dimensi PxL 5,4 m x 2,1 m, diameter tulangan 8mm dengan jarak 15cm.
    - Pada bagian bawah dipakai plat bondex sebagai penganti tulangan tarik sekaligus sebagai bekisting.

3. Sambungan
    - Pada bangunan ini digunankan sambungan baut dengan tipe A325 yang memiliki kuat leleh 560-630 Mpa tergantung pada diameternya.
    - Sambungan las juga digunakan pada bangunan ini dengan tipe E70XX yang memiliki kuat tarik 70000psi.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak terkait antara lain:

1. Data Gambar Perencanaan

   Gambar perencanaan bangunan meliputi keseluruhan bagian atau struktur pada bangunan tersebut dari bangunan bawah bangunan yaitu pondasi, kolom dan balok, dan pelat lantai serta atap.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode Load Resistance Factor Design yang dilakukan dengan bantuan software analisis struktur.

3.3.1 Pengumpulan Data

1. Data Geoteknik:
    - Mengumpulkan data peta geoteknik dan peta bahaya gempa bumi dari instansi terkait.
2. Data Rencana Arsitek:
    - Mendapatkan gambar rencana lengkap, termasuk denah, potongan, dan sambungan, untuk memahami tata letak, dimensi bangunan, dan distribusi beban hidup.
3. Data Kode dan Standar:
    - Spesifikasi bangunan gedung baja strktural SNI 1729:2019
    - Pembebaan untuk struktur gedung dan bangunan lainnya SNI 1726:2020

3.3.2 Pendesainan Awal

1. Pemilihan Sistem Struktur:
    - Menetapkan konfigurasi struktur baja yang optimal berdasarkan tinggi bangunan, bentang lantai, dan persyaratan lainnya.
    - Struktur baja bertingkat umumnya menggunakan sistem portal, rangka momen, atau kombinasi keduanya.
2. Dimensi Elemen:
    - Melakukan perhitungan sederhana dan referensi SNI untuk memperkirakan dimensi awal kolom, balok, dan pelat lantai.
    - Memperhatikan faktor keamanan, defleksi, dan kekakuan elemen struktur.
3. Pembagian Zona Seismik:
    - Mengidentifikasi zona seismik lokasi bangunan berdasarkan peta persebaran gempa bumi.
    - Menentukan koefisien gempa dan faktor lainnya sesuai zona seismik untuk perhitungan beban gempa.

3.3.3 Perhitungan Beban-Beban

1. Beban Mati Dan Beban Hidup:
    - Menghitung beban mati sendiri atau berat elemen struktur, beban mati tambahan seperti berat tembok, paltfon dan lainnya, serta beban hidup berdasarkan SNI 1726.
2. Beban Gempa:
    - Melakukan perhitungan gaya gempa horisontal dan vertikal menggunakan metode spektrum respon dinamis atau metode statik ekuivalen sesuai SNI 1726 dan ASCE 7.
    - Menggabungkan beban gempa dengan beban mati dan beban hidup untuk mendapatkan beban kombinasi terkontrol.

3.3.4 Analisa Statika

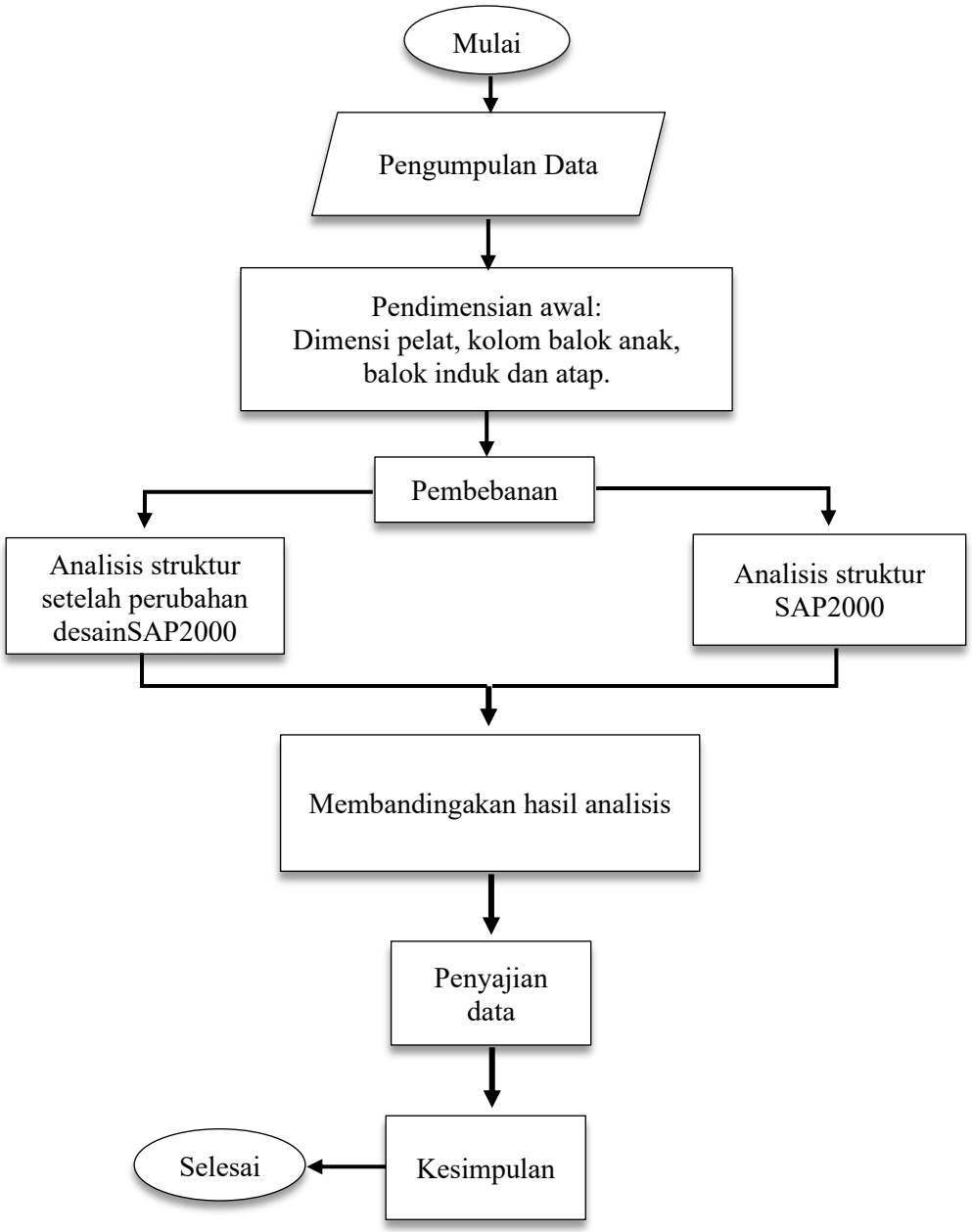
1. Pemodelan Struktur:
    - Menggunakan software analisis struktur seperti SAP2000 untuk membuat model 3D struktur baja.
    - Menginput geometri, material, dan sambungan antar elemen struktur secara sesuai data.
2. Penambahan Beban:
    - Menetapkan kombinasi beban sesuai kode dan standar yang digunakan.
    - Menambahkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang telah dihitung pada model struktur.

3.3.5 Penyajian Data

1. Menyajikan perbandingan data hasil analisis SAP2000 sebelum perubahan desain dengan setelah perubahan desain.

3.4 Diagram Alur Perencanaan

Berikut adalah diagram alur penelitian yang bertujuan mempermudah pemahaman langkah – langkah dalam penelitian ini.



Gambar 3. Diagram Alur

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Perubahan desain struktur menghasilkan peningkatan simpangan Δ pada lantai 2. Nilai simpangan pada desain baru lebih besar dibandingkan struktur eksisting, dengan peningkatan sebesar 4,487% pada arah X dan 29,109% pada arah Y.

2. Perubahan desain struktur juga menghasilkan penurunan simpangan Δ pada lantai 3 dan atap. Nilai simpangan pada desain baru lebih kecil dibandingkan struktur eksisting, dengan penurunan sebesar -0,854% dan -0,903% pada arah X, sedangkan -1,926% dan -5,391% pada arah Y.

3. Perubahan desain struktur menghasilkan peningkatan perpindahan elastik δe pada arah X maupun arah Y. Meskipun simpangan Δ mengalami penurunan tetapi perpindahan lantai tetap meningkat.

4. Struktur smoking area dan tangga meningkatkan kekakuan terhadap struktur. Walaupun jika ditinjau dari estetika dan biaya area tersebut tidak efektif tetapi jika ditinjau dari struktural area tersebut sangat penting.

5. Peningkatan simpangan pada desain baru berpotensi menurunkan kenyamanan penghuni, terutama pada bangunan bertingkat yang difungsikan sebagai tempat kerja. Simpangan yang lebih besar dapat menyebabkan getaran atau deformasi yang terasa pada saat terjadi beban dinamis.

5.2. Saran

1. Untuk mengurangi simpangan yang terjadi, terutama pada lantai 2, disarankan penambahan elemen penahan lateral seperti shear wall atau bracing guna meningkatkan kekakuan struktur.

2. Struktur tangga dan smoking area terbukti menambah kekakuan lantai 2. Sebaiknya, elemen ini diperkuat agar lebih efektif menahan gaya lateral saat gempa.

3. Penelitian selanjutnya disarankan mengevaluasi ulang dimensi balok, kolom, dan pelat untuk mendapatkan struktur yang lebih kuat dan stabil terhadap beban gempa.

4. Disarankan untuk menganalisis variasi mutu material dan detail penulangan guna meningkatkan kekuatan dan daktilitas elemen struktur.

5. Studi ke depan dapat mempertimbangkan penggunaan base isolator atau peredam getaran untuk mengurangi respons seismik pada bangunan penting.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum. (2023). *Peta Spektrum Respons Gempa Indonesia*. Diakses dari: https://pu.go.id (akses 20 Desember 2023).

PPIUG. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Rendra, R., dkk. (2015). *Analisis Perilaku Struktur Menggunakan Drift Ratio*. [Jurnal Teknik Sipil].

SNI 03-1729-2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.

SNI 07-0052-2006. (2006). *Baja Profil Channel (C)*. BSN, Jakarta.

SNI 07-0054-2006. (2006). *Baja Equal Angles (siku sama kaki)*. BSN, Jakarta.

SNI 07-0329-2005. (2005). *Baja Profil I*. BSN, Jakarta.

SNI 07-7178-2006. (2006). *Baja Profil Wide Flange (WF)*. BSN, Jakarta.

SNI 1726:2020. (2020). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN, Jakarta.

SNI 1727:2020. (2020). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. BSN, Jakarta.

SNI 2610:2011. (2011). *Baja Profil H untuk Struktur Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.

Zacharia, M.Y. & Turuallo, G. (2020). *Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK Berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012*. Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development, 1(2), 9–16.