

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Building Information Modelling*

Eastman et al. (2008) menjelaskan mengenai definisi *Building Information Modelling* merupakan suatu diagram alir kerja pada industri konstruksi dengan pemodelan 3D dimana mencakup informasi penting proses konstruksi mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan hingga pemeliharaan bangunan tersebut (Putra et al., 2019). NBIMS (2012) mengemukakan BIM merupakan proses pembuatan dan pengelolaan informasi digital yang memuat karakteristik fisik dan fungsional suatu bangunan dengan didukung teknologi, alat, dan kontrak (Wisdianti et al., 2024). *Building Information Modelling* berbeda dengan *AutoCAD* yang dasarnya sebagai alat gambar arsitektur, sedangkan BIM memberikan informasi lebih terkait waktu, estimasi biaya, detail produsen, keberlanjutan dan pemeliharaan (Wisdianti et al., 2024).

Secara umum dimensi pada *Building Information Modelling* (BIM) disesuaikan dengan tingkat implementasi terhadap proses konstruksi dimulai dari implementasi secara sederhana hingga kompleks. Menurut Putra et al. (2019), menjelaskan terkait tingkat penerapan BIM 3D hingga 7D pada bidang konstruksi. BIM 3D (*Parametric Data for Collaborative Work*) terkait pengelolaan data kolaborasi multidisiplin dalam bentuk pemodelan 3D untuk membantu mempersingkat waktu pengerjaan desain dan meminimalisir kesalahan analisis struktur bangunan. BIM 4D (*Scheduling*) terkait pengelolaan data mulai dari bentuk visualisasi hingga pembuatan jadwal pekerjaan proyek, sehingga pelaksanaan dan pengawasan selama proyek lebih optimal. BIM 5D (*Estimating*) terkait pengelolaan data hingga ke tahap perencanaan anggaran biaya, sehingga menghasilkan data akhir dalam bentuk pemodelan 3D, penjadwalan pekerjaan, dan perencanaan anggaran biaya. BIM 6D (*Sustainability*) terkait pengelolaan performa bangunan dengan konsep ramah lingkungan dan keberlanjutan. BIM 7D (*Building Management*) terkait pengelolaan

data hingga ke tahap *finishing* atau pemeliharaan bangunan secara lebih detail (Putra et al., 2019).

Selain itu, dimensi 5D merupakan tingkat implementasi BIM yang secara langsung berkaitan dengan indikator keberhasilan perencanaan proyek, yaitu mutu, waktu, dan biaya. Ketiga aspek tersebut merupakan parameter utama yang umumnya digunakan dalam evaluasi kinerja proyek konstruksi. Oleh karena itu, penerapan BIM hingga dimensi 5D telah memadai untuk mencapai tujuan penelitian dalam meningkatkan efisiensi perencanaan dan menghasilkan informasi yang dibutuhkan sebagai dasar pengambilan keputusan. Sementara itu, dimensi 6D dan 7D memiliki fokus yang berbeda karena lebih berkaitan dengan tahap operasional dan pengelolaan bangunan setelah konstruksi selesai. BIM 6D memerlukan data mengenai kinerja energi, dampak lingkungan, serta aspek keberlanjutan bangunan selama masa layan. Adapun BIM 7D membutuhkan data terkait manajemen fasilitas, strategi pemeliharaan, inventaris aset, dan biaya operasional bangunan dalam jangka panjang. Data-data tersebut umumnya belum tersedia pada tahap perencanaan dan memerlukan observasi pada fase operasional bangunan. Oleh karena itu, implementasi BIM 6D dan 7D berada di luar ruang lingkup penelitian ini, sehingga BIM 5D dipilih sebagai batas implementasi yang paling sesuai dengan tujuan, data yang tersedia, dan tahapan proyek yang ditinjau.

2.2 Implementasi Perangkat Lunak BIM

Dalam perencanaan bangunan bertingkat dimulai dengan tahapan pembuatan pemodelan 3D, menganalisis data struktur rencana hingga proses pelaksanaan di masa proyek. Penggunaan perangkat lunak BIM disesuaikan dengan kriteria kebutuhan perencana dalam perencanaan suatu bangunan dan tingkat penguasaan perencana terhadap perangkat lunak tersebut.

Software yang umum digunakan untuk menganalisis struktur bangunan ada tiga, yaitu SAP2000, ETABS, dan SAFE. *Autodesk Revit* yaitu salah satu perangkat lunak berbasis BIM yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu konstruksi, meliputi perancangan arsitektur, sistem MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*), manajemen kontraktor, hingga analisis elemen struktural (Rahaditya, 2020). Sedangkan *Tekla Structures* memuat informasi dalam bentuk laporan, visualisasi,

detailing, dan penjadwalan (Wijaya et al., 2024). *Naviswork* dan *Microsoft Project* merupakan perangkat lunak BIM yang digunakan untuk mengatur penjadwalan proses konstruksi baik sebelum hingga selesai pelaksanaan kerja. Oleh karena itu, kami menggunakan tiga jenis perangkat lunak BIM untuk menunjang perencanaan ini.

2.2.1 SAP2000 v26

Menurut Sholeh (2023), memaparkan bahwa SAP2000 memiliki kemampuan dalam menganalisis struktur bangunan, dengan analisis struktur lateral akibat gempa, analisis statis dan dinamis, analisis kegagalan, analisis *non-linear*, dan sebagainya. Pengertian SAP2000 menurut Warman & Arifuddin. (2024), menjelaskan bahwa SAP2000 atau *Structural Analysis Program* merupakan *software* analisis struktur berbasis metode elemen FEM (*Finite Element Method*) yang dibuat oleh Prof. Edward L. Wilson pada tahun 1970 dan dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc* (CSI). Perhitungan dan analisis yang dilakukan SAP2000 sangat rinci sehingga membantu mempersingkat waktu untuk menganalisis struktur kompleks dalam industri konstruksi.



Gambar 2.1 SAP2000 v26

Sumber: google.com

Pemilihan material pada SAP2000 ada berbagai macam seperti beton, kayu, baja, dan lainnya. Perangkat lunak ini menghasilkan desain struktural berdasarkan peraturan desain yang berlaku dengan mencakup tebal pelat, dimensi balok, dimensi kolom, dan dimensi struktural lainnya. Selain itu SAP2000 mendukung dalam kegiatan impor dan ekspor data, sehingga dapat berkolaborasi dengan perangkat lunak lainnya (Sholeh, 2023).

SAP2000 dipilih sebagai perangkat lunak analisis dan perencanaan struktur dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan yang lengkap dalam memodelkan, menganalisis, dan mendesain struktur bangunan gedung. *Software* ini mampu melakukan analisis gaya gempa, non-linear, analisa kegagalan dan lain sebagainya. Selain itu, SAP2000 menyediakan fitur yang berfokus utama pada analisis statik dan dinamik untuk struktur bangunan dan dapat dimodelkan secara 2 dimensi maupun 3 dimensi (Sholeh,2023).

SAP2000 juga memiliki antarmuka yang mudah digunakan serta mampu menampilkan hasil analisis secara detail, seperti gaya dalam, perpindahan struktur, reaksi tumpuan, dan kebutuhan tulangan pada elemen beton bertulang. Kemampuan tersebut memudahkan proses evaluasi dan verifikasi hasil perencanaan sehingga dapat meningkatkan ketelitian dalam pengambilan keputusan desain. Dengan berbagai fitur yang dimiliki, SAP2000 dinilai mampu mendukung proses analisis dan perencanaan struktur Gedung Fakultas Hukum Universitas 17 Agustus 1945 Semarang secara efektif, efisien, dan sesuai dengan tujuan perencanaan.

2.2.2 Autodesk Revit v22

Salah satu *software* dalam BIM yang mulai diterapkan oleh beberapa konstruksi di Indonesia. Menurut Rahaditya (2020), menjelaskan bahwa perangkat lunak ini membantu dalam perencanaan hingga pelaksanaan konstruksi.



Gambar 2.2 Autodesk Revit v22

Sumber: google.com

Autodesk Revit juga dapat melakukan analisis *green building*, analisis pendingin atau pemanas ruangan (*Heat Load*), dan analisis struktur lainnya, serta perangkat ini mendukung kegiatan ekspor dan impor data secara interoperabilitas (Yogi Mariza,

2019). Selain itu Revit juga digunakan sebagai pemodelan 3D dan pengecekan kebutuhan volum untuk dasar dari perhitungan RAB (Christiandava et al., 2023).

2.2.3 Microsoft Project

Menurut Adi Kusrianto, 2008 menjelaskan terkait *Microsoft Project* adalah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mencatat kebutuhan tenaga kerja pada masing-masing jenis pekerjaan, mencatat kebutuhan waktu kerja baik jam kerja maupun jam lembur, membantu menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan, dan membantu mengontrol penggunaan tenaga kerja yang diperlukan agar terhindar dari overallocation (Tamba & Maisandi Hutaaruk, 2018).



Gambar 2.3 Microsoft Project

Sumber: google.com

Penyusunan jadwal pelaksanaan konstruksi secara menyeluruh dapat dipermudah melalui pengaplikasian Microsoft Project. Perangkat lunak ini mensinergikan beberapa teknik manajemen proyek konvensional, yang meliputi metode CPM, analisis PERT, dan visualisasi *Gantt Chart* serta dapat memantau dan mencatat penggunaan tenaga kerja, material dan peralatan (Sholeh & Nurdiana, 2021).

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Wilayah Indonesia berada di perbatasan lempeng tektonik dimana berada di titik pertemuan 3 lempeng tektonik. Posisi tersebut menyebabkan responsif terhadap gempa bumi, dimana waktu terjadinya maupun besaran magnitudonya tidak dapat diprediksi secara akurat. Pembangunan Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang berlokasi di pusat Kota Wilayah Semarang tergolong dalam wilayah

zona gempa IV - VI pada tahun 2022 (Koesuma Sorja dkk, 2022). Berdasarkan data terbaru di tahun 2025, Semarang mengalami gempa bumi sebesar 2.8 magnitudo di bulan Mei. Sehingga untuk perencanaan ulang pembangunan Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang direncanakan dengan metode gempa sistem rangka pemikul momen khusus.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 1726:2019 memaparkan terkait Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan salah satu sistem yang digunakan dalam penentuan struktur rangka dan sambungannya untuk menahan beban lateral gempa. Keunggulan yang dimiliki oleh sistem ini, yaitu memiliki daktilitas penuh dan bukan dinding struktural atau bresing vertikal dan diagonal.

2.4 Pembebanan

Merujuk pada ketentuan SNI 1727:2020, beban struktural diidentifikasi sebagai aksi atau gaya yang bersumber dari berat material bangunan, aktivitas pengguna, efek lingkungan, selisih penurunan tanah, maupun perubahan dimensi. Komponen utama dalam struktur wajib mengintegrasikan beban hidup, beban mati, dan beban angin. Selanjutnya, beban gempa harus dimasukkan ke dalam pemodelan struktur jika objek konstruksi berada di kawasan yang responsif terhadap aktivitas seismik.

2.4.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Komponen beban mati menurut acuan SNI 1727:2020 mencakup bobot dari seluruh elemen penyusun gedung, baik berupa struktur utama, material lapis (*finishing*), instalasi mekanikal tetap, hingga utilitas penunjang lainnya. Nilai koefisien berat jenis material tersebut mengacu pada batas minimum yang ditetapkan. Dalam permodelan ini, spesifikasi beban mati tambahan ditentukan berdasarkan meterial bangunan yang digunakan.

2.4.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada bangunan akibat fungsi dari penggunaan ruangan. Ketentuan pembebanan beban hidup merujuk pada tabel 4.3-1 SNI 1727:2020. Nilai beban ini sangat bergantung sesuai dengan fungsional pada masing-masing lantai.

2.4.3 Beban Angin (*Wind Load*)

Merujuk pada standar pembebanan SNI 1727:2020, perhitungan beban angin pada struktur bangunan sangat dipengaruhi oleh variabel kecepatan angin dasar yang disesuaikan dengan kategori risiko strukturnya. Sesuai dengan batasan teknis pada Tabel 26.6-1, faktor arah angin untuk Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) diambil nilai K_d sebesar 0.85.

Prosedur penentuan klasifikasi eksposur angin didasarkan pada morfologi topografi serta tingkat kekasaran permukaan tanah yang masing-masing dijabarkan secara rinci pada Pasal 26.7.2 dan Pasal 26.7.3. Lebih lanjut, fenomena peningkatan kecepatan angin lokal diakomodasi dalam perancangan dengan menyertakan faktor efek topografi K_{zt} berdasarkan persamaan pada gambar 26.8-1 dalam SNI 1727:2020, sebagai berikut:

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \dots\dots\dots (01)$$

Keterangan rumus diatas, yaitu:

- K_1 = Faktor perhitungan bentuk topografis dan pengaruh kecepatan maksimum.
- K_2 = Faktor reduksi peningkatan kecepatan jarak dari sisi angin datang ke sisi angin pergi.
- K_3 = Faktor reduksi peningkatan kecepatan ketinggian diatas elevasi kawasan.

Apabila parameter lapangan tidak memenuhi seluruh kriteria uji topografi, maka nilai faktor efek topografi K_{zt} diambil sama dengan 1. Selanjutnya, koefisien elevasi permukaan tanah K_e untuk koreksi densitas udara ditentukan melalui Tabel 26.9-1, di mana penggunaan nilai $K_e = 1$ bersifat opsional dan diizinkan untuk semua kondisi ketinggian bangunan.

Menentukan koefisien tekanan kecepatan berupa nilai K_z atau K_h yang diperoleh berdasarkan kategori eksposur bangunan sesuai pada SNI 1727:2020 dalam Tabel 26.10-1 dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\text{Untuk } 15 \text{ ft} < Z < Z_g \rightarrow K_z = 2.01 (Z/Z_g)^{2/\alpha} \dots\dots\dots (02)$$

$$\text{Untuk } Z < 15 \text{ ft} \rightarrow K_z = 2.01 (15/Z_g)^{2/\alpha} \dots\dots\dots (03)$$

Keterangan rumus diatas, yaitu:

Z = Ketinggian bangunan dari atas permukaan tanah.

Zg = Nilai konstanta dari SNI 1727:2020 pada tabel 26.11-1.

α = Nilai konstanta dari SNI 1727:2020 pada tabel 26.11-1.

Kemudian menghitung tekanan kecepatan dengan kecepatan angin dasar (V) dalam satuan m/s dapat menggunakan persamaan berikut:

$$qz = 0.613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times Ke \times V^2 \dots\dots\dots(04)$$

Keterangan rumus diatas, yaitu:

Kz = Koefisien eksposur tekanan kecepatan angin.

Kzt = Faktor topografi.

Kd = Faktor arah angin.

Ke = Faktor elevasi permukaan tanah.

V = Kecepatan angin dasar.

Koefisien tekanan internal ($GCpi$) yang diperoleh dari tabel 26.13-1 terkait koefisien tekanan internal untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka dan terbuka sebagian. Berdasarkan klasifikasi ketertutupan untuk jenis bangunan tertutup digunakan nilai $GCpi$ sebesar -0.18 dengan tekanan internal sedang. Perhitungan tekanan angin desain untuk sistem penahan gaya angin utama (SPGAU) ditentukan pada pasal 27.3.1 bangunan gedung tertutup, kaku tertutup sebagian dan fleksibel, yaitu:

$$p = q \times G \times Cp - qi(GCpi) \dots\dots\dots(05)$$

Keterangan rumus diatas, yaitu:

q = Tekanan kecepatan angin berdasarkan ketinggian (z).

qi = Tekanan kecepatan angin untuk mengevaluasi tekanan internal negatif atau positif pada bangunan tertutup.

G = Faktor efek hembusan angin

Cp = Koefisien tekanan eksternal

$GCpi$ = Koefisien tekanan internal

2.4.4 Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Menurut ketentuan dalam SNI 1726:2019, beban lateral akibat aktivitas seismik dimodelkan sebagai beban rencana yang memengaruhi stabilitas struktur bangunan. Karakteristik gempa rencana tersebut dihitung berdasarkan analisis risiko dimana peluang terjadinya beban gempa yang melebihi kapasitas desain dibatasi hanya sebesar 2% selama estimasi umur bangunan 50 tahun.

Dalam memudahkan dalam menentukan beban gempa, maka perlu mengetahui jenis kategori risiko gempa dan faktor keutamaan gempa yang ditetapkan pada pasal 4.1.2 dalam SNI 1726:2019. Kemudian menentukan faktor keutamaan gempa diatur pada SNI Tabel 4 yang dimana faktor gempa untuk kategori risiko I dan II sebesar 1.00, kategori risiko III sebesar 1.25, dan kategori risiko IV sebesar 1.50.

Klasifikasi situs disesuaikan dengan kondisi tanah proyek di lapangan. Klasifikasi ini diatur pada Pasal 5.3 dalam SNI 1726:2019 tentang definisi kelas situs. Klasifikasi situs dibagi menjadi 6 kategori diantaranya batuan keras (SA), batuan (SB), tanah keras (SC), tanah sedang (SD), tanah lunak (SE), dan tanah khusus (SF). Menentukan klasifikasi situs dengan nilai \dot{N} berdasarkan N-SPT hasil pengujian bor mesin, digunakan persamaan berikut:

$$\text{N-SPT rata-rata, } \dot{N} = \frac{\sum T}{\sum T_i / N_i} \dots \dots \dots (06)$$

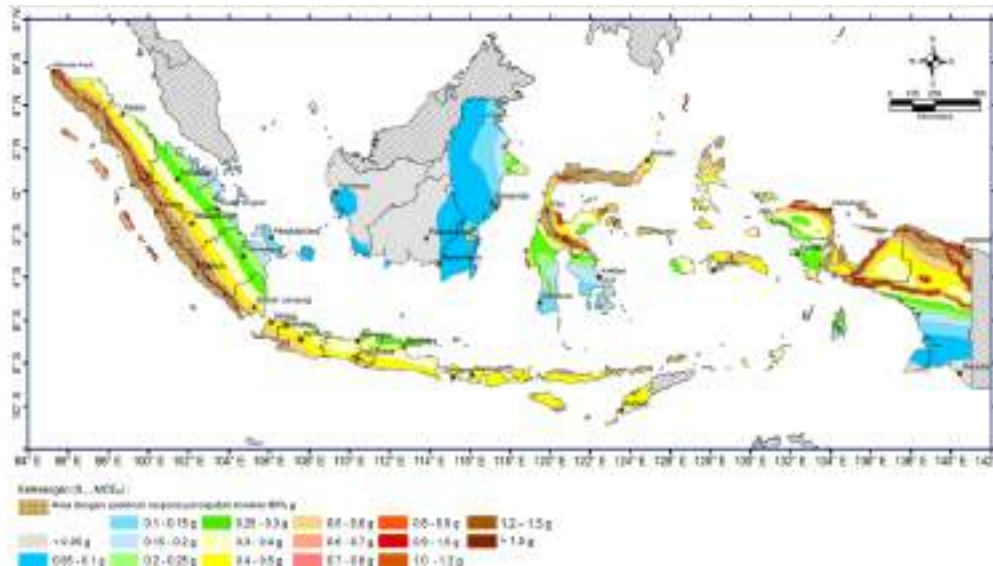
Keterangan rumus diatas, yaitu:

$\sum T$ = Jumlah total tebal seluruh lapisan tanah (m).

T_i = Tebal lapisan tanah ke-i (m).

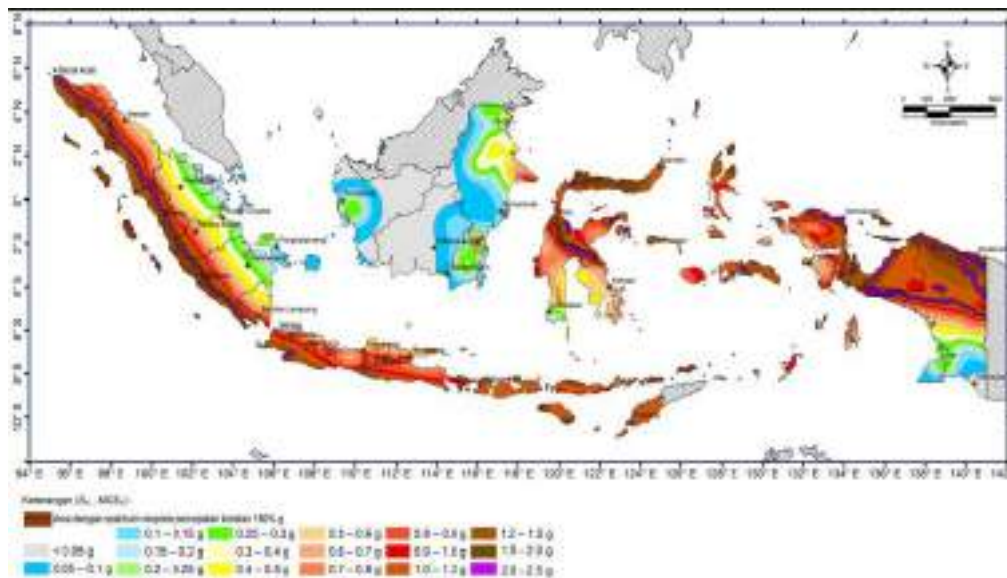
N_i = Nilai SPT pada lapisan tanah ke-i

Menentukan nilai respon spektrum suatu daerah dapat dilihat melalui Peta Gempa Indonesia 2017 sebagai acuan. Nilai respon spektrum gempa dapat diambil dari *website* Cipta Karya PUPR tahun 2021 yang mengacu pada Peta Gempa 2017 dengan menginput data titik koordinat lokasi bangunan. Hasil yang diperoleh berupa grafik dan nilai percepatan spektra (S_s) untuk periode 0,2 detik, serta (S_l) untuk periode 1 detik dapat dilihat pada gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar 2.4 Peta percepatan spektrum respons 1 detik MCE_R

Sumber: SNI 1726:2019



Gambar 2.5 Peta percepatan spektrum respons 0,2 detik MCE_R

Sumber: SNI 1726:2019

Prosedur penentuan respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah menurut SNI 1726:2019 mensyaratkan estimasi faktor amplifikasi seismik pada periode pendek (0,2 detik) dan periode 0,1 detik. Parameter respons spektral percepatan untuk periode pendek dinotasikan sebagai (S_{MS}), sedangkan untuk periode 1 detik dinotasikan sebagai (S_{M1}), di mana keduanya wajib disesuaikan

dengan klasifikasi situs tanah setempat. Apabila nilai parameter respons spektral percepatan gempa pada batuan dasar tersebut telah diperoleh, nilai tersebut kemudian dikalikan dengan koefisien situs F_a dan F_v untuk mendapatkan nilai magnitudo gempa permukaan. maka dihitung menggunakan interpolasi dengan persamaan berikut:

$$F_a = F_{a1} + \frac{S_s - S_{s1}}{S_{s2} - S_{s1}} \times (F_{a2} - F_{a1}) \dots\dots\dots (07)$$

Keterangan rumus diatas, yaitu:

- F_a = Koefisien percepatan spektral untuk periode pendek.
- F_{a1} = Nilai F_a pada S_{s1} (dari tabel SNI 1726:2019).
- F_{a2} = Nilai F_a pada S_{s2} (dari tabel SNI 1726:2019).
- S_s = Nilai percepatan spektral periode pendek hasil analisis.
- S_{s1} = Nilai batas bawah S_s pada tabel.
- S_{s2} = Nilai batas atas S_s pada tabel.

$$F_v = F_{v1} + \frac{S_1 - S_{11}}{S_{12} - S_{11}} \times (F_{v2} - F_{v1}) \dots\dots\dots (08)$$

Keterangan rumus diatas, yaitu:

- F_v = Koefisien percepatan spektral untuk periode 1 detik.
- F_{v1} = Nilai F_v pada S_{11} (dari tabel SNI 1726:2019).
- F_{v2} = Nilai F_v pada S_{12} (dari tabel SNI 1726:2019).
- S_1 = Nilai percepatan spektral periode 1 detik hasil analisis.
- S_{11} = Nilai batas bawah S_1 pada tabel.
- S_{12} = Nilai batas atas S_1 pada tabel.

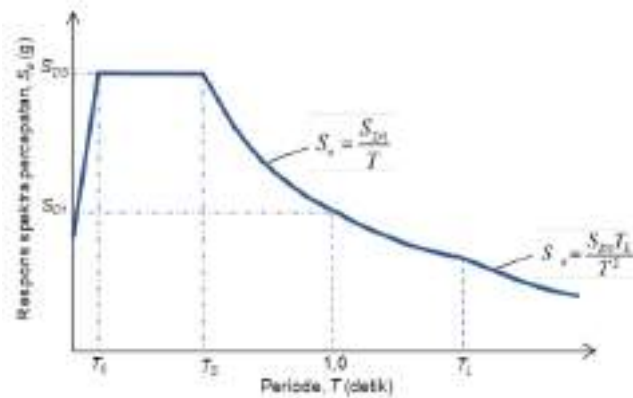
Dalam menentukan nilai parameter percepatan spektral diperoleh dari persamaan, sebagai berikut :

$$S_{MS} = S_s \times F_a \dots\dots\dots (09)$$

$$S_{M1} = S_1 \times F_v \dots\dots\dots (10)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \dots\dots\dots (11)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \dots\dots\dots (12)$$



Gambar 2.6 Spektrum Respon Desain

Sumber: (SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019 persamaan untuk menentukan nilai respons spektral percepatan desain ($S\alpha$), sebagai berikut:

- a. Untuk periode $T < T_0$, maka menggunakan persamaan berikut:

$$S\alpha = S_{DS} [0,4 + 0,6 T/T_0] \dots\dots\dots (13)$$

- b. Untuk periode $T_0 \leq T \leq T_{S1}$, maka menggunakan persamaan berikut:

$$S\alpha = S_{DS} \dots\dots\dots (14)$$

- c. Untuk periode $T_s < T \leq T_L$, maka menggunakan persamaan berikut:

$$S\alpha = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (15)$$

- d. Untuk periode $T < T_L$, maka menggunakan persamaan berikut:

$$S\alpha = \frac{S_{D1} \times T_L}{T} \dots\dots\dots (16)$$

Penentuan KDS ini disesuaikan berdasarkan korelasi antara indeks kategori risiko dengan parameter respons spektral percepatan desain, yang mekanismenya diatur pada tabel 8 (untuk komponen periode pendek) serta tabel 9 (untuk komponen periode 1 detik). Di sisi lain, dalam mengevaluasi aspek dinamika struktur, nilai periode fundamental batasan (T) tidak diperkenankan melampaui ambang batas dari hasil perkalian antara koefisien batas atas (C_u) pada tabel 17 dengan nilai periode fundamental pendekatan (T_a). Prosedur perhitungan variabel T_a tersebut menggunakan perhitungan berikut ini:

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan untuk rumus diatas, sebagai berikut:

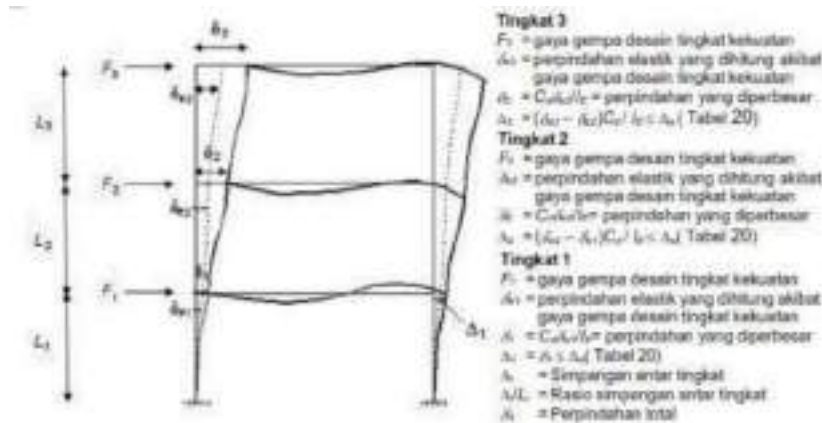
- Ta = Periode fundamental pendekatan minimum (detik).
- h_n = Ketinggian struktur bangunan (meter).
- Ct = Nilai koefisien dari tabel 18 SNI 1726:2019.
- x = Nilai koefisien dari tabel 18 SNI 1726:2019.

Pengecekan terhadap batas atas periode ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T = C_u \times T_a \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan untuk rumus diatas, sebagai berikut:

- T = Periode fundamental pendekatan maksimal (detik).
- Ta = Periode fundamental pendekatan minimum (detik).
- h_n = Ketinggian struktur bangunan (meter).
- Cu = Nilai koefisien dari tabel 18 SNI 1726:2019.



Gambar 2.7 Simpangan Antar Tingkat (SNI 1726:2019)

Merujuk pada Tabel 13 SNI 1726:2019, peninjauan simpangan antar-tingkat (Δ) dihitung berdasarkan nilai selisih maksimum dari simpangan titik-titik yang selaras secara vertikal di sepanjang sisi luar struktur. Adapun evaluasi perpindahan atau simpangan pada area pusat massa diestimasi menggunakan formulasi matematika berikut

$$\Delta_x = \frac{Cd \times \Delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan dari rumus diatas, sebagai berikut:

Δ = Simpangan pusat massa di antar tingkat (mm).

Δ_{xe} = Simpangan di tingkat ke-i yang ditentukan dengan analisis elastik.

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral (dari tabel SNI 1726:2019).

I_e = Faktor keutamaan gempa (dari tabel SNI 1726:2019).

2.4.5 Beban Air Hujan

Perhitungan beban hujan pada atap diperlukan untuk memperhitungkan beban tambahan akibat genangan air hujan yang dapat terjadi apabila sistem drainase tidak bekerja secara optimal (SNI 1727:2020). Rumus untu perhitungan beban air hujan (R) menggunakan persamaan yaitu:

$$R = 0.0098 (d_s + d_h) \dots \dots \dots (20)$$

Keterangan:

d_s : Ketinggian genangan air statis pada permukaan atap tanpa lendutan, yang diukur dari titik masuk sistem drainase sekunder ketika jalur drainase utama mengalami penyumbatan (dalam satuan mm atau inci).

d_h : Tinggi hidrolik tambahan yang terbentuk di atas elevasi bibir saluran drainase sekunder pada kondisi debit banjir rencana (inci/mm).

2.4.6 Beban Kombinasi (*Combination Load*)

Perhitungan beban kombinasi yang digunakan mengacu pada kombinasi ultimit SNI 1726:2019 yaitu:

$$1. U = 1,4 D \dots \dots \dots (21)$$

$$2. U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \dots \dots \dots (22)$$

$$3. U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \dots \dots \dots (23)$$

$$4. U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \dots \dots \dots (24)$$

$$5. U = 0,9 D + 1,0 W \dots \dots \dots (25)$$

$$6. U = 1,2 D + E_v + E_h + L \dots \dots \dots (26)$$

$$7. U = 0,9 D - E_v + E_h \dots \dots \dots (27)$$

Keterangan persamaan beban kombinasi diatas diantaranya:

- D = beban mati
 L = beban hidup
 Lr = beban atap
 R = beban air hujan
 W = beban angin
 Ev = beban gempa vertikal
 Eh = beban gempa horizontal

Kombinasi ini harus diperhitungkan jika bangunan mengalami beban gempa. Dalam hal ini, selain kombinasi beban dasar yang disebutkan di atas, kombinasi beban berikut ini juga harus diperhitungkan (SNI 1726:2019).

a) Pengaruh beban gempa

E harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$E = E_h + E_v \text{ (untuk persamaan 26) } \dots\dots\dots (28)$$

$$E = E_h - E_v \text{ (untuk persamaan 27) } \dots\dots\dots (29)$$

Keterangan dari rumus berikut:

- E = pengaruh beban gempa
 E_h = pengaruh beban gempa horizontal
 E_v = pengaruh beban gempa vertikal

b) Pengaruh beban seismik horizontal

E_h menggunakan rumus berikut ini:

$$E_h = p \times Q_E \dots\dots\dots (30)$$

Keterangan dari rumus berikut:

- p = pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p , pengaruh tersebut dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain

$$Q_E = \text{faktor redudansi}$$

c) Pengaruh beban seismik vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal, E harus ditentukan persamaan berikut:

$$E_h = 0.2 S_{DS} \times D \dots\dots\dots (31)$$

Keterangan dari rumus berikut:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya.

D = beban mati

d) Pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih

$$E_m = E_{mh} + E_v \text{ (untuk persamaan 26) } \dots\dots\dots (32)$$

$$E_m = E_{mh} + E_v \text{ (untuk persamaan 27) } \dots\dots\dots (33)$$

Keterangan dari rumus berikut:

E_m = pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih

E_{mh} = pengaruh beban gempa horizontal termasuk kuat-lebih struktur

E_v = pengaruh beban gempa vertikal

e) Pengaruh beban seismik horizontal dengan faktor kuat lebih

E_{mh} harus ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$E_{mh} = \Omega_0 \times Q_E \dots\dots\dots (34)$$

Keterangan dari rumus berikut:

Ω_0 = pengaruh gaya gempa horizontal dari V , F_{px} atau F_p , pengaruh tersebut dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain

Q_E = faktor kuat-lebih

2.5 Penelitian Terdahulu

No	Nama Author	Tahun	Intisari
1.	Alfira Maghfirona, Tsulis Iq'bal Khairul Amar, Abdul Aziz Muhammad Habib Failasufa	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan akurasi perhitungan kuantitas (Quantity Take-Off, disingkat QTO) terhadap elemen-elemen bangunan bertingkat tiga sebagai bagian dari Proyek OMAH DW. Analisis perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan volume berdasarkan Building Information Modeling (BIM) yang menggunakan Autodesk Revit 2023 dengan hasil metode perkiraan manual konvensional yang menggunakan Microsoft Excel.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang digunakan yaitu metode studi korelasional dengan membandingkan perhitungan volume pekerjaan dengan metode BIM dan metode konvensional.</p> <p>c. Hasil :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pemodelan struktur dengan Aplikasi Autodesk 2023. - Perhitungan dari data QTO metode BIM menggunakan Autodesk 2023 dan metode konvensional. - Perbandingan hasil perhitungan dua metode, kemudian didapatkan selisih nilai atau deviasi.
2.	Nabila Alsa Fernanda, Rendi Dwi Pratama, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Perancangan ulang serta analisis komprehensif pada elemen struktur atas dan struktur bawah. Proses redesain bangunan beton bertulang ini mengintegrasikan teknologi <i>Building Information</i></p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p><i>Modeling</i> (BIM) dengan menerapkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sebagai sistem penahan gaya gempa..</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan diagram alir perencanaan dengan pengumpulan data, studi literatur, <i>preliminary design</i>, analisis struktur, dan pemodelan 3D.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Melalui pemodelan struktur berbasis SAP2000 v22, penelitian ini berhasil mengidentifikasi dimensi optimum untuk elemen balok, kolom, dan pelat lantai. Pemanfaatan perangkat lunak ini juga memfasilitasi analisis beban gempa secara komprehensif, yang meliputi evaluasi perbandingan geser dasar (<i>base shear</i>) statis dan dinamis, kontrol simpangan antar-lantai (<i>story drift</i>), analisis rasio kapasitas batang, serta verifikasi gaya dalam berupa aksi aksial, gaya geser, dan momen terfaktor. <i>Output</i> data tersebut kemudian dijadikan dasar dalam menghitung kebutuhan penulangan lentur dan geser pada komponen balok serta kolom, perancangan tulangan pelat lantai, hingga detail penulangan <i>pile cap</i>. Sementara itu, visualisasi representasi 3D untuk superstruktur (balok, kolom, pelat) dan substruktur (fondasi tiang pancang, <i>pile cap</i>, dan <i>tie beam</i>) diekstraksi secara presisi memanfaatkan aplikasi <i>Autodesk Revit</i>.</p>
3.	Agus Sunarso, Kusdiman Joko P, Reki Arbianto	2020	<p>a. Tujuan :</p> <p>Merencanakan struktur bangunan menggunakan aturan SNI. Serta untuk menganalisis serta struktur sesuai dengan standar gempa yang ada.</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>b. Metode :</p> <p>Metode yang digunakan diagram alir perencanaan dengan tahapan studi pustaka, pengumpulan data, <i>preliminary design</i>, perhitungan, kesimpulan dan saran.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Perhitungan pembebanan sesuai dengan SNI yang berlaku yang kemudian diinput pada <i>ETABS v.18</i> untuk dilakukan analisis pembebanan.</p>
4.	Ronaldi, Iskandar Romey Sitompul, Alex Kurniawandy	2022	<p>a. Tujuan :</p> <p>Merencanakan bangunan bertingkat terhadap tahan gempa 2010 dan tahan gempa 2017 menggunakan <i>Tekla</i> dan <i>SAP2000</i>.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang digunakan studi korelasional dengan membandingkan hasil analisis struktur melalui <i>Tekla Struktural Designer</i> dan <i>SAP2000</i> bangunan gedung 5 lantai terhadap gempa 2010 dan gempa 2017.</p> <p>c. Hasil :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil analisis struktur menggunakan <i>SAP2000</i> lebih besar 20,25% dibandingkan <i>Tekla Struktural Designer</i>. 2. Hasil pemeriksaan simpangan antar lantai kedua metode tersebut memenuhi syarat dan nilai <i>SAP2000</i> lebih besar. 3. Tipe sambungan pelat ujung empat baut (4ES). Hasil rekapitulasi perhitungan sambungan menggunakan <i>Tekla</i> lebih kecil dibandingkan dengan <i>SAP2000</i>.

No	Nama Author	Tahun	Intisari
5.	Adam Rizky Christiandava, Adelia Azzahra, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Perencanaan ulang Gedung Head Office Awann Group dengan menggunakan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) berbasis <i>Autodesk Revit</i>, <i>Autodesk Navisworks</i>, serta perangkat lunak SAP2000. Studi ini ditujukan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi keunggulan implementasi BIM pada proyek konstruksi yang sebelumnya masih menggunakan metode konvensional. Dalam penerapannya, <i>Autodesk Revit</i> dimanfaatkan secara optimal untuk mentransformasikan data lapangan ke dalam visualisasi 3D serta visualisasi dokumentasi 2D sebagai produk <i>Detailed Engineering Design</i> (DED), selain itu untuk mengecek kebutuhan volume pada struktur yang digunakan saat menghitung RAB. <i>Naviswork</i> digunakan untuk merencanakan jadwal dan pengendalian selama proses pelaksanaan proyek. SAP2000 pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis kelayakan struktur pada bangunan.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang dilakukan dengan diagram alir yang dimana pengumpulan datanya dari proyek pembangunan Gedung <i>Head Office</i> Awann Group Semarang berupa <i>As Built Drawing</i> dan juga dengan studi literatur.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Hasil perhitungan kebutuhan dimensi balok, dimensi pelat, dimensi kolom, dimensi tangga. Selain itu untuk pengaplikasian SAP2000 hasilnya berupa pemodelan dari Gedung <i>Head Office</i> Awann Group Semarang dan juga berupa analisis struktur. Berdasarkan dari <i>output</i> SAP2000 dihasilkan nilai <i>As</i> perlu yang kemudian dibandingkan dengan <i>As</i> minimum sesuai dengan SNI</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>yang digunakan untuk menghitung penulangan lentur dan geser balok serta kolom. Selain itu hasil dari Mu SAP2000 juga digunakan untuk perhitungan kebutuhan penulangan pelat. Penulangan <i>pile cap</i> diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom. Untuk <i>software</i> Revit untuk pemodelan struktur bawah dan struktur atas yang dimana berdasarkan pemodelan tersebut akan mendapatkan informasi mengenai volume kebutuhan yang digunakan untuk perhitungan RAB. Untuk <i>Microsoft Project</i> digunakan untuk penjadwalan pekerjaan yang dijadwalkan selama 10 bulan pekerjaan dimana dari hasil penjadwalan tersebut dapat langsung diintegrasikan ke <i>naviswork</i> yang telah terintegrasi ke hasil 3D <i>Revit</i>.</p>
6.	Bernald Durrademantar, Soerjandani Priantoro Machmoed	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Merencanakan bangunan gedung perkantoran dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk meminimalisir terjadinya kegagalan struktur apabila terjadi gempa.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode studi kasus gempa Palu-Donggala pada tahun 2018 dengan magnitudo 7,4 sehingga memerlukan bangunan tahan gempa. Dan metode perencanaan berdasarkan literatur sesuai dengan SNI yang berlaku serta metode diuraikan dalam bentuk diagram alir.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Pemodelan struktur bangunan menggunakan SAP2000 yang akan dilakukan analisa pembebanan strukturnya. Dan berdasarkan hasil <i>preliminary design</i> dimensi struktur mampu</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			menahan beban yang terjadi. Serta hasil pendetailan sesuai dengan SNI yang berlaku dan kontrol <i>strong column weak beam</i> mampu menahan gempa.
7.	Muhammad Riyan Hidayat, Eka Purnamasari, dan Akhmad Gazali	2021	<p>a. Tujuan :</p> <p>Mengetahui analisa struktur dan penerapan BIM di suatu pembangunan gedung. Dimana akan menghitung kombinasi pembebanan, memodelkan gedung dengan BIM, menghitung volume pekerjaan struktur menggunakan <i>software</i> Tekla <i>structure</i>, menghitung RAB pekerjaan struktur.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang digunakan diagram alir penelitian dengan data yang diperoleh yaitu beberapa ada data sekunder hasil penulisan terdahulu, data dari internet. Sedangkan datanya berupa data sekunder dari Kontraktor Pelaksana PT. NACAS GROUP dan Konsultan Pengawas PT. ITNASINDO JAYA KONSULTAN.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Penggunaan SAP2000 untuk melakukan pembebanan 3D yang akan dilakukan analisis struktur bangunan. <i>Software</i> Tekla <i>structure</i> 20 digunakan untuk pemodelan gambar 3D yang kemudian akan dilanjutkan ke tahap detailing untuk memodelkan pembesian pada beton. Tulangan ini dimodelkan untuk kolom, balok, dan pelat yang mengacu pada <i>shop drawing</i> proyek gedung FKPI. Selain itu <i>Tekla Structure</i> juga digunakan untuk menghitung volume pekerjaan balok dan kolom yang akan digunakan untuk perhitungan RAB.</p>
8.	Dimas Irawan, Soerjandani Priantoro Machmoed	2024	<p>a. Tujuan :</p> <p>Mendapatkan komponen struktur gedung beton bertulang bertingkat tinggi yang tahan gempa</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang dapat mengurangi resiko akibat gempa berkekuatan tinggi dengan mengacu pada SNI Gempa.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang digunakan studi kasus, perencanaan gedung beton bertulang dengan SRPMK dibuat karena daerah Kabupaten Ende merupakan daerah yang rawan terhadap gempa bumi.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Perhitungan dimensi masing-masing komponen. Kemudian analisis struktur bangunan dengan pembebanan struktur sekunder yang terdiri dari beban hidup dan beban mati serta pembebanan struktur primer yang terdiri dari beban gempa. Berdasarkan hasil analisis pembebanan bahwa gedung ini mampu untuk menahan beban akibat gaya gempa yang terjadi sesuai dengan SNI yang berlaku.</p>
9.	Yogi Hardianto, Ilham Muhammad Islam, Bambang Setiabudi, Asri Nurdiana	2024	<p>a. Tujuan :</p> <p>Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan ulang struktur bangunan tahan gempa dengan mengintegrasikan <i>Building Information Modeling</i> (BIM). Proses visualisasi memanfaatkan perangkat lunak <i>Tekla Structures</i> untuk menghasilkan pemodelan 3D yang presisi, sedangkan evaluasi kekuatan superstruktur dilakukan melalui analisis menggunakan aplikasi ETABS dengan berpatokan pada SNI. Luaran akhir dari perancangan ini meliputi detail desain komponen struktur atas dan bawah (fondasi, <i>pile cap</i>, kolom, balok, serta pelat lantai), estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB), hingga visualisasi simulasi penjadwalan konstruksi.</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>b. Metode :</p> <p>Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dari pihak proyek pembangunan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada yang dijelaskan melalui diagram alir.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Hasil rencana dimensi balok, dimensi plat, dan dimensi kolom. Kemudian dapat melakukan analisis struktur dengan <i>software</i> ETABS untuk mengetahui dimensi yang digunakan pada struktur tersebut aman atau tidak. Selain itu di <i>software</i> ETABS dapat menghasilkan gaya - gaya dari analisis struktur seperti hasil 3D gaya aksial, gaya geser, dan momen. Perhitungan tulangan struktur atas dan bawah berdasarkan hasil dari <i>output</i> ETABS. Untuk hasil dari pemodelannya dan penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur menggunakan <i>software</i> Tekla Structure. Untuk perhitungan RAB dari perhitungan volume dari <i>output</i> permodelan dari Tekla Structure.</p>
10.	Husnul Khatimi, Kristnanda Floter Pardosi	2022	<p>a. Tujuan :</p> <p>Penerapan BIM 4D penjadwalan menggunakan <i>software</i> Tekla. Tekla digunakan untuk melakukan penjadwalan 4D melalui Tekla Task Manager yang kemudian akan dibandingkan dengan penjadwalan manual di proyek.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang dipakai dalam penelitian ini yaitu dimulai dengan mengkaji perangkat lunak dan objek yang dimodelkan, pengumpulan data <i>as build</i>, kurva S, dan RAB. Dengan data yang</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>dipakai dalam penelitian ini yaitu data sekunder dan data primer. Data primer dilakukan dengan melakukan wawancara ke pihak <i>owner</i>, kontraktor dan konsultan.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Pemodelan bangunan yang dilakukan dengan menggunakan <i>software</i> Tekla Structure 2020 dengan beton bertulang yang terdiri dari <i>pile cap, sloof</i>, balok, kolom, dan pelat lantai. Serta Tekla menjadwalkan durasi pekerjaan proyek yang nantinya akan dibandingkan antara penjadwalan Tekla dengan penjadwalan yang di dapat dari proyek.</p>
12.	Pinta Astuti, Rangga Kurnianto, Surya Dewi Puspitasari.	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Perancangan struktur baja dan sambungan terhadap beban gempa. Melakukan program analisis dengan SAP2000 dan detailing dengan Tekla Structure.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode deskriptif. Tahapan metode penelitian yaitu pengumpulan data perancangan, kemudian pemodelan <i>SAP 2000</i> dan <i>Tekla Structure</i>.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Sebelum pemodelan tersebut dilakukan perencanaan balok, kolom, gording, pelat, sambungan, base plate, dan pondasi. Hasil dari perancangan menggunakan <i>Tekla Structure</i> berupa modeling dan gambar detail engineering design (DED) 3D, sedangkan hasil dari <i>SAP 2000</i> berupa hasil analisis perhitungan elemen dan sambungan.</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
13.	Dani Setiawan, Aruni Bunga Saffarah, Riawan Gunadi, Heri Kasyanto	2024	<p>a. Tujuan :</p> <p>Penerapan BIM di industri konstruksi membantu dalam percepatan dan pemerataan pembangunan. Perusahaan kontraktor hanya sedikit konsultan perencana yang menggunakan BIM. Sedangkan untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan konstruksi, penerapan BIM dimulai dari tahap perancangan kemudian ke tahap pelaksanaan.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode studi kasus. Pelaksanaan rancangan berdasarkan diagram alir penelitian dan Integrasi Software.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Pemodelan struktur dengan <i>Revit 2023</i> (penerapan alur kerja/<i>flow work</i>), kemudian model di-export ke <i>RSAP 2023</i> untuk dilakukan analisis struktur dan perancangan elemen struktur. Tahap selanjutnya pemodelan perancangan dengan <i>RSAP 2023</i> dan <i>Revit 2023</i>. Pembuatan simulasi pekerjaan (<i>Naviswork 2023</i>) dan penjadwalan pekerjaan dengan <i>Ms. Project</i>.</p>
14.	Sahal Priyono Putra, Zalfa Nizar Izzudin, Sumirin, Muhamad Rusli Ahyar	2021	<p>a. Tujuan :</p> <p>Merencanakan penulangan dimensi balok, kolom, plat dan shearwall. Menghitung dimensi dan penulangan pile cap. Pembuatan pemodelan menggunakan sistem rangka gedung dan sistem ganda dengan ETABS.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode diagram alir perencanaan. Tahap metode perencanaan yaitu : pengumpulan data, perencanaan dan analisis perhitungan struktur, pemodelan struktur,</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>perhitungan pembebanan, perhitungan dimensi, dan analisis struktur.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Bangunan RSUD Mijen tahan gempa berdasarkan SNI yang berlaku.</p>
15.	Alfiah Diah Salsabila, Soerjandani Priantoro Machmoed	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Menganalisa perhitungan struktur gedung beton bertulang dan tahan gempa dengan sistem SRPMK.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode studi kasus. Tahapan perancangan dimulai dengan studi literatur, pengumpulan data, preliminary design, dan analisa pembebanan.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Kontrol simpangan struktur gedung Hotel Dame memenuhi syarat simpangan ijin (100 cm), sehingga mampu digunakan dalam perencanaan tahan gempa.</p>
16.	Rizky Ilham Mardhani, Anik Ratnaningsih, Syamsul Arifin	2022	<p>a. Tujuan :</p> <p>Perencanaan ulang Gedung Perkuliahan FEB dengan aplikasi BIM mampu mengintegrasikan beberapa elemen proyek pada satu jenis file sehingga mempermudah dalam mengkoordinasi dengan baik. Merencanakan volume pekerjaan, biaya proyek serta penjadwalan.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode studi kasus. Tahapan yang dilakukan yaitu studi literatur, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan, pemodelan dan analisis data, serta pengolahan biaya</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			<p>dan waktu.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>a) Pemodelan struktur meliputi : titik <i>bore pile</i>, <i>pile cap</i>, <i>foot plate</i>, <i>sloof</i>, kolom, balok, plat lantai.</p> <p>b) Pemodelan Tulangan meliputi : pondasi, kolom, dan plat untuk mendapatkan hasil volume.</p> <p>c) Diperoleh rencana anggaran dengan BIM berdasarkan hasil volume.</p> <p>d) Diperoleh estimasi waktu yang dibutuhkan dalam setiap lantai atau bagian pekerjaan.</p>
17.	Abraham Giroth, Banu D. Handono, Servie O. Dapas	2024	<p>a. Tujuan :</p> <p>Merencanakan struktur dengan beban gempa sebagai beban lateral dominan (tanpa perhitungan beban angin) menggunakan sistem baja RBKK sebagai sistem penahan gaya seismik, mulai dari preliminary design sampai dengan perencanaan sambungan.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Menggunakan metode kajian literatur, pendataan struktur dan perhitungan beban.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Melakukan perbandingan sistem struktur dengan membuat 5 model struktur yang akan diuji coba terhadap sistem penahan gaya seismik dengan dimensi kolom yang berbeda. Menganalisis kontrol keamanan global struktur Merencanakan elemen struktur (kolom, balok, dan pelat) dan sambungan struktur.</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
18.	Wa Ode Siti Nur Aisyah, Soerjandani Priantoro Machmoed	2023	<p>a. Tujuan :</p> <p>Tujuan dari perencanaan ini yaitu untuk mengetahui dimensi dinding geser dan rangkanya pada sistem ganda untuk bangunan tahan gempa.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode pengumpulan data dan dijelaskan melalui diagram alir perencanaan.</p> <p>c. Hasil :</p> <p>Berdasarkan penelitian ini untuk pembeban gempa 3D menggunakan aplikasi SAP2000 yang secara otomatis mendapatkan nilai massa bangunan. Untuk perencanaan dinding geser <i>output</i> dari analisa struktur menggunakan SAP2000.</p>
19.	Aditya Purnama, S.ST., M.T.	2021	<p>a. Tujuan</p> <p>Mengetahui analisis struktur atas dengan menggunakan konsep tahan gempa serta untuk mengetahui perencanaan beton bertulang dengan sistem <i>strong column weak beam</i> dan mengetahui perbandingan dari perencanaan beton bertulang terhadap <i>existing</i>.</p> <p>b. Metode :</p> <p>Metode yang digunakan yaitu dengan meninjau beban gempa yang akan digunakan untuk perhitungan beban gempa. Kemudian akan dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan besar gaya - gaya yang bekerja pada struktur bangunan dengan menggunakan program Midas Gen 2019</p>

No	Nama Author	Tahun	Intisari
			c. Hasil : Pemodelan struktur 3D menggunakan <i>software</i> Midas Gen 2019. Hasil perhitungan perencanaan ulang dengan sistem <i>strong column weak beam</i> yang mampu menahan beban gempa.

Berdasarkan kajian terhadap jurnal penelitian terdahulu yang telah kami lakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa penerapan struktur bangunan tahan gempa sangat diperlukan mengingatkan wilayah Indonesia dilalui oleh tiga lempeng tektonik yang masih aktif. Oleh karena itu, perencanaan pada proyek bangunan Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang dilakukan dengan integrasi BIM 5D.