

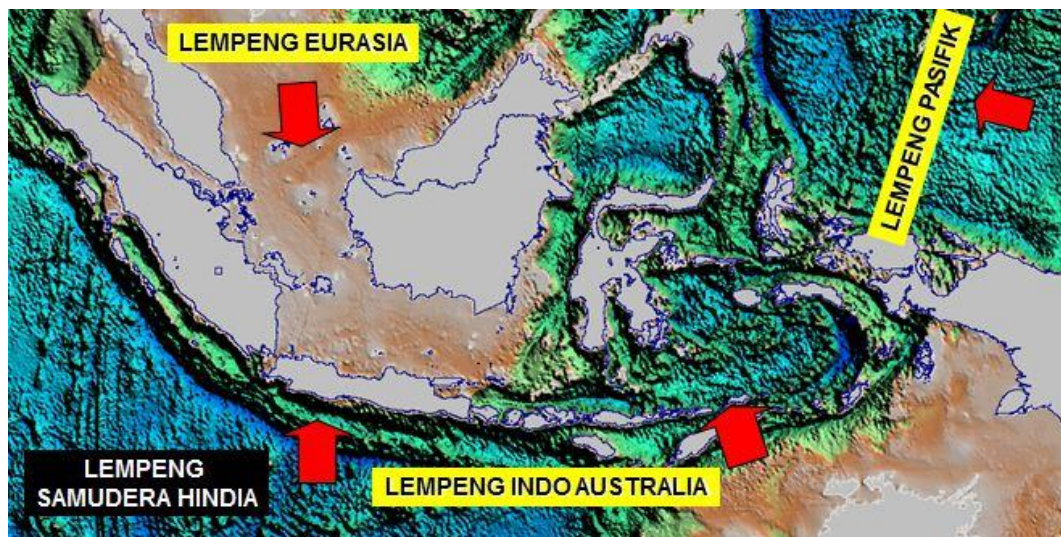
BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini akan menjelaskan berbagai hal yang melandasi pembuatan Tesis, yaitu latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat, dan batasan masalah tesis.

1.1. Latar Belakang

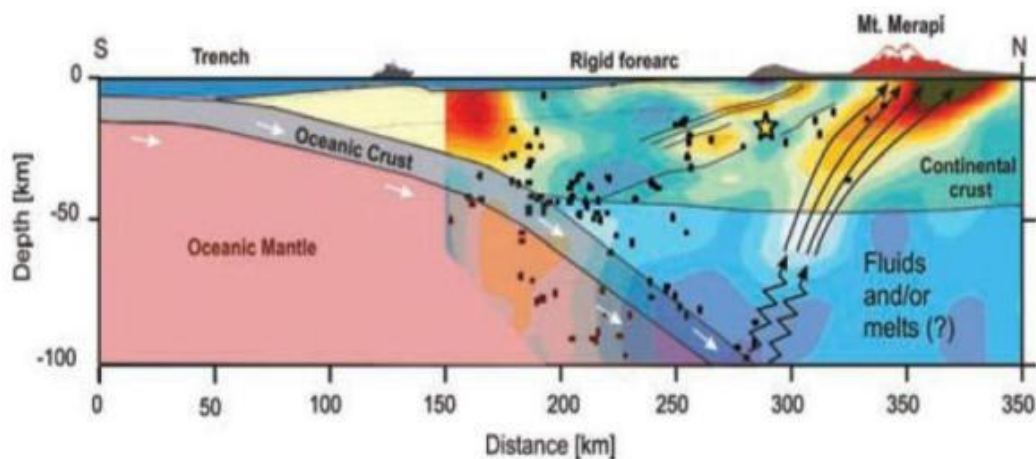
Berdasarkan tatanan tektonik, wilayah Indonesia merupakan daerah pertemuan antara tiga lempeng benua dan samudra yang sangat aktif bergerak satu terhadap yang lainnya (Gambar 1.1). ketiga lempeng tersebut yakni : lempeng Eurasia dibagian utara, lempeng pasifik dibagian timur dan lempeng indo-australia dibagian selatan. Pergerakan-pergerakan tersebut menimbulkan gaya kompresi dan regangan di berbagai wilayah kepulauan Indonesia yang dapat memicu terjadinya sesar-sesar sebagai sumber gempa bumi (Widodo, 2012).



Gambar 1. 1 Pertemuan plat-plat tektonik (www.google.com)

Indonesia merupakan salah satu wilayah dengan seismisitas gempa bumi yang cukup tinggi. Hal tersebut dapat ditunjukkan oleh kejadian gempa dalam beberapa tahun terakhir ini yang melanda wilayah Indonesia seperti gempa di Aceh, Padang, Bengkulu, Pangandaran, Yogyakarta dan masih banyak lagi.

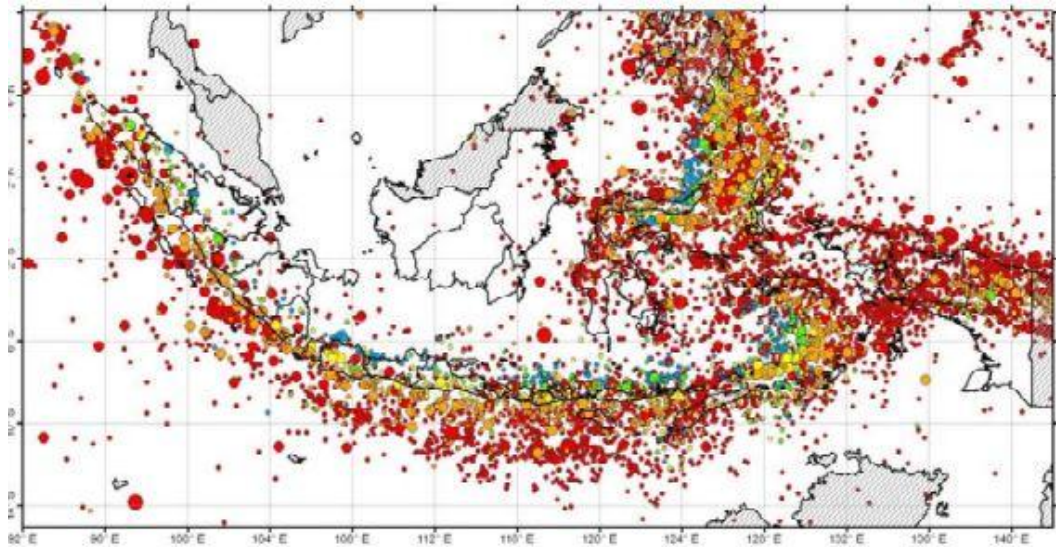
Sesuai dengan Gambar 1.1, Daerah Yogyakarta sangat berdekatan dengan zona subduksi lempeng indo-australia, tentu pada lempeng ini terjadi pergerakan yang menimbulkan terbentuknya unsur-unsur tektonik yang merupakan ciri-ciri sistem subduksi, seperti zona benioff, palung laut, sebaran sesar aktif dan gunung api (Gambar 1.2) (Press dan Siever, 1978). Selain rawan gempa bumi akibat aktivitas tumbukan lempeng, daerah Yogyakarta juga rawan gempa bumi akibat aktivitas sesar local didaratan (Daryono, 2011). Struktur sesar terbentuk sebagai dampak desakan lempeng indo-australia pada bagian daratan pulau jawa. Beberapa sesar yang diduga masih aktif adalah sesar opak, sesar oya, sesar dengkung, sesar progo, serta sesar mikro lainnya yang belum teridentifikasi. Aktifnya dinamika penyusupan lempeng yang didukung oleh aktifitas sesar di daratan menyebabkan daerah Yogyakarta menjadi salah satu daerah dengan tingkat aktivitas kegempaan yang tinggi di Indonesia.



Gambar 1. 2 Zona subduksi pulau Jawa (Press dan Siever, 1978)

Aktivitas kegempaan atau seismisitas (Gambar 1.3) daerah Yogyakarta tampak didominasi oleh gempa bumi dangkal yaitu kedalaman kurang dari 60 kilometer dan gempa bumi menengah yaitu kedalaman antara 60-300 kilometer. Gempa bumi kategori ini disebabkan oleh aktivitas subduksi dangkal dan menengah serta aktivitas sesar daratan pulau Jawa. Aktifitas gempa bumi dangkal jika magnitude besar ($M > 6.0$) dinilai berbahaya dan dapat menimbulkan kerusakan (Hartantyo et al, 2008). Berdasarkan kondisi seismisitas pada Gambar 1.3, tampak bahwa zona selatan pulau Jawa memang memiliki tingkat aktivitas

kegempaan yang cukup tinggi khususnya Yogyakarta dengan melihat banyak sekali kejadian gempa yang telah lalu, serta dampak yang ditimbulkan.



Gambar 1. 3 Peta seismisitas Indonesia 1900-2009 (Irsyam et al, 2010)

Kejadian Gempa di Yogyakarta yang tercatat oleh BMKG yaitu gempa pada tanggal 24 Juli 1943 dengan magnitudenya 8,1 SR dan gempa yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 dengan skala 5,9 SR, *United States Geological Survey* (USGS) melaporkan bahwa gempa terjadi sebesar 6,2 SR. Gempa tersebut terjadi pada kedalaman dangkal di lempeng sunda di atas zona lempeng indo-australia. Akibat dari gempa ini menyebabkan banyak korban jiwa yang meninggal cukup banyak dan kerusakan yang cukup parah terutama di sebelah selatan DIY dan sebagian wilayah Jawa Tengah. Data terakhir korban gempa DIY dan Jateng tertanggal 27 Juni 2006 pukul 14.00 WIB yang diperoleh dari media center SATKORLAK DIY tercatat korban meninggal mencapai 5.778 jiwa, terdiri dari 4.715 jiwa dari 5 kabupaten di wilayah DIY, dan 1.063 jiwa di 6 kabupaten di wilayah Jawa Tengah. Sedangkan korban luka ringan dan berat akibat gempa ini mencapai 37.883 orang. Pada infrastruktur bangunan tercatat 139,859 unit rumah rubuh atau rusak berat, 190,025 unit rusak sedang dan 278,124 unit mengalami kerusakan ringan.

Mayoritas bangunan-bangunan yang rubuh, rusak berat dan rusak ringan adalah rumah penduduk. Rumah-rumah tersebut mayoritas tidak dibangun dan didesain tahan terhadap gempa, tetapi dibangun sesuai dengan pengalaman

masyarakat setempat. Jika pada bangunan rumah tinggal banyak terjadi kerusakan bahkan sampai rubuh total dan menimbulkan banyak korban jiwa, bagaimana dengan bangunan fasilitas umum seperti universitas.

Bangunan Universitas merupakan bangunan *medium rise building* yang di gunakan setiap harinya oleh ribuan mahasiswa untuk menimba ilmu maupun aktifitas lainnya, tentu menjadi kekhawatiran tersendiri bagi mahasiswa, apakah gedung yang digunakan mampu bertahan dari gempa atau tidak. Apalagi pasca gempa Yogyakarta 2006, bangunan tersebut belum dievaluasi untuk mengetahui level kinerjanya (*performance level*), tentu menjadi pertanyaan, mampukah bangunan tersebut bertahan jika terjadi gempa yang sama terjadi lagi?. Hal ini sudah selayaknya evaluasi kinerja struktur bangunan menjadi suatu pembahasan yang penting.

Salah satu bangunan Universitas di Yogyakarta yang belum dievaluasi adalah Bangunan Gedung Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang dibangun pada tahun 1997, perencanaan bangunan gedung tersebut menggunakan peraturan lama yaitu SNI gempa 1991. Tentunya banyak sekali perbedaan yang sangat signifikan pada SNI terbaru saat ini. Selain itu, diterbitkan peraturan baru dalam perencanaan bangunan tahan gempa yaitu SNI 1726 2012 yang menggantikan peraturan lama yakni SNI 1726 2002, SNI gempa 1991 dan peraturan-peraturan sebelumnya. Perubahan peraturan mengakibatkan perubahan pada desain resiko gempa, respon spectra desain, maupun nilai factor keutamaan gempa pada peraturan baru lebih besar dibandingkan dengan peraturan yang lama. Evaluasi pada struktur Universitas Atma Jaya Yogyakarta untuk mengetahui keamanan struktur yang disesuaikan dengan peraturan SNI yang baru yaitu SNI 03-1726-2012.

Berdasarkan FEMA 302 (1997), bangunan gedung Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta masuk dalam kelompok kegunaan II, yaitu bangunan–bangunan fasilitas umum dengan jumlah penghuni lebih dari 300 orang, yang beraktivitas di dalamnya cukup banyak. Kelompok kegunaan II harus memiliki tingkat kinerja *immediate occupancy*, secara structural bangunan-bangunan kelompok II seharusnya mempunyai respon plastis yang kecil, sehingga

kerusakan-kerusakan yang terjadi dapat segera diperbaiki agar bangunan dapat kembali beroperasi secara penuh.

Selain tingkat kinerja *immediate occupancy* (IO), bangunan ini mengalami beberapa kerusakan ringan, yaitu pada delatasi kolom yang jarak delatasinya hanya 2 cm. Selain kerusakan ringan, bentuk konfigurasi bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta secara vertical termasuk *elevation irregular*. Bentuk bangunan yang *elevation irregular* merupakan bangunan yang tidak meratanya antara tinggi tingkat satu dengan yang lainnya, sehingga berpotensi menimbulkan momen yang besar pada elemen struktur bangunan sampai berperilaku nonlinier. Hal tersebut menimbulkan kerusakan pada elemen struktur di bagian yang *elevation irregular* tersebut. Apalagi bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta ini dibangun dengan peraturan lama, Oleh karena itu, bangunan-bangunan lama yang dibangun dengan peraturan lama perlu untuk dievaluasi.

Prosedur evaluasi menggunakan pedoman dari *Federal Emergency and Management Agency* (FEMA) dari Amerika yaitu FEMA 310 untuk mengevaluasi bangunan secara menyeluruh, dikarenakan standar baku dan komprehensif mengenai metode evaluasi yang dapat digunakan untuk memeriksa ketahanan suatu bangunan terhadap beban gempa rencana di Indonesia, tidak mencakup prosedur evaluasi. Dengan demikian evaluasi bangunan di Indonesia masih menggunakan standar dari FEMA 310 meliputi 3 tahapan berikut ini.

1. Tahapan *Rapid Visual Screening* (RVS) dengan FEMA 310 dan FEMA 154. Tahapan dengan FEMA 310 yakni mengisi RVS untuk mendapatkan *final score*, *S*. Jika nilainya lebih besar dari 2, dianggap tidak memerlukan evaluasi lanjutan. Sedangkan jika nilainya sama atau kurang dari 2, maka bangunan tersebut layak untuk dilakukan evaluasi lanjutan yang lebih mendalam. Sedangkan FEMA 154 yakni mengisi Formulir *checklist* berupa daftar *checklist* yang diisi berdasarkan wilayah kegempaan, struktur bangunan, struktur tambahan, kondisi tanah dibawah bangunan, dan pondasi.
2. Tahapan dengan analisis linear static dan dinamik respon spectrum terhadap struktur bangunan dan,

3. Tahapan akhir berupa analisis nonlinear struktur bangunan, menggunakan evaluasi kinerja, pada analisis nonlinear menggunakan *pushover analysis*.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya seperti (Yunus, 2015), (Mayhendra, 2015), (Rizal Maulana, 2015), (Zahrudin, 2010) Dan (Atika Ulfah Jamal, 2011) juga sudah melakukan evaluasi kinerja struktur bangunan, dengan menggunakan standar yaitu FEMA 310, FEMA 154, FEMA 356, FEMA 345, ATC-40, SNI 1726-2012 dengan menentukan nilai RVS, memprediksi performa level, sendi plastis, nilai factor daktilitas, factor reduksi, hitungan manual, analisis static, analisis dinamik dan analisis pushover dengan perbedaan lokasi, fungsi dan model bangunan juga perbedaan pada standar baru yang digunakan, yang semuanya yaitu analisis (Yunus, 2015), (Mayhendra, 2015), (Rizal Maulana, 2015), (Zahrudin, 2010) Dan (Atika Ulfah Jamal, 2011) hanya menggunakan satu model beban pushover yaitu beban segitiga serta menggunakan *auto section hinge* pada analisis pushover.

Dalam perkembangan penelitian yang terus meningkat, penulis melakukan penelitian evaluasi kinerja struktur bangunan gedung dengan menggunakan 3 (tiga) model beban analisis *pushover* yaitu beban segitiga SNI 03-1726-2002, beban segitiga SNI 03-1726-2012 dan beban seragam serta menggunakan *fiber section hinge* pada analisis pushover. Analisis evaluasi kinerja struktur ini mengacu pada standar, SNI 03-1726-2002, SNI 03-1726-2012, ATC-40, FEMA 356, FEMA 154, dan FEMA 310, untuk membantu dalam perencanaan analisis terhadap kinerja suatu struktur bangunan digunakan program SAP2000 versi 14.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, dapat ditarik rumusan masalah penelitian sebagai berikut ini.

1. Bagaimana hasil evaluasi secara cepat (*Rapid Visual Screening*) pada bangunan sesuai dengan FEMA 154 dan FEMA 310?
2. Bagaimana hasil nilai RVS lebih dari 2, apabila ada kerusakan ringan, apakah tidak perlu dievaluasi ketahap selanjutnya?

3. Bagaimana *performance level* struktur menggunakan 3 model beban pushover pada Gedung Universitas Atma Jaya Yogyakarta jika terkena gempa bumi?
4. Bagaimana hasil perbandingan *auto section hinge* dan *fiber section hinge* pada pendefinisian sendi plastis?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk :

1. mengevaluasi bangunan pada kondisi existing terhadap bahaya gempa dengan melalui RVS (*Rapid Visual Screening*) sesuai FEMA 154 dan FEMA 310,
2. mengetahui nilai RVS lebih dari 2, apabila ada kerusakan ringan, apakah tidak perlu dievaluasi ketahap selanjutnya atau tidak;
3. mengetahui *performance level* struktur menggunakan 3 model beban pushover pada Gedung Universitas Atma Jaya Yogyakarta jika terkena gempa bumi, dan
4. mengetahui hasil perbandingan *auto section hinge* dan *fiber section hinge* pada pendefinisian sendi plastis?

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini membutuhkan batasan agar dapat terarah dan terfokus, maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut ini.

1. Bangunan yang diteliti merupakan salah satu Gedung Kuliah Fakultas Teknik Industry Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Terletak di Jalan Babarsari no.43 Yogyakarta.
2. Evaluasi kinerja struktur pada kondisi *existing* difokuskan terhadap bahaya bencana gempa bumi yaitu *Demand Capacity Ratio* (DCR), *drift ratio* (DR) dan *level performance* bangunan menjadi fokus penelitian.
3. *Rapid visual screening* hanya mengevaluasi komponen struktur dan sebagian komponen non-struktur, sedangkan pada analisis linear dan nonlinear hanya akan dilakukan evaluasi pada komponen struktur.
4. Pondasi dan kondisi tanah tidak dievaluasi.

5. Denah bangunan disesuaikan dengan *structural drawing* gedung Fakultas Teknik Industry Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Mutu bahan pada struktur mempunyai karakteristik sebagai berikut ini.
 - a. Mutu beton K-300 ($f'c$) = 25 MPa
 - b. Mutu baja tulangan $fys = 240$ MPa ($\theta < 12$ mm, polos) dan $fy = 400$ MPa ($\theta > 12$ mm, ulir)
7. Analisis struktur menggunakan bantuan program SAP 2000 versi 14, sebagai berikut.
 - a. Gedung dianalisis secara 3 dimensi.
 - b. Tumpuan yang digunakan dalam pemodelan numerik adalah sendi.
 - c. Struktur rangka dimodelkan sebagai *open frame*.
 - d. Balok dan kolom diasumsikan sebagai struktur (*frame*).
 - e. Plat lantai dimodelkan sebagai *shell*.
 - f. Pembebanan mengacu pada PPPURG 1989.
 - g. Peninjauan redistribusi momen tidak dilakukan.
 - h. Digunakan faktor reduksi gempa (R) = 1.
 - i. Jumlah tingkat yang dianalisis mencapai 5 tingkat.
 - j. Gaya lateral yang ditinjau adalah beban gempa horizontal.
 - k. Pengaruh beban angin tidak diperhitungkan.
 - l. Analisis linear (*Tier 2*) dan nonlinear (*Tier 3*) struktur menggunakan program SAP2000 versi 14.
 - m. Analisis yang digunakan pada *Tier 2* adalah analisis linier dengan level pembebanan yang digunakan dalam analisis adalah elastik dan jenis perilaku material bersifat linier.
 - n. Analisis nonlinear yang dilakukan dalam evaluasi adalah analisis nonlinear statik (*pushover analysis*) dengan menggunakan 3 model beban.
 - o. Lokasi gedung di Yogyakarta dengan jenis tanah sedang (sesuai SNI 1726-2012).
 - p. Analisis statik *pushover* yang digunakan sesuai prosedur pada ATC-40 dan FEMA 356 yang telah *built-in* dalam program SAP2000 versi 14.

- q. Analisis *momen-curvature* balok dan kolom sebagai input dalam property sendi untuk mendefinisikan perilaku nonlinear dilakukan secara *auto* pada program SAP 2000 versi 14.
 - r. Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang sesuai SNI 2847-2002.
8. Peraturan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut ini.
- a. Evaluasi menggunakan pedoman FEMA 310 "*Handbook For The Seismic Evaluation Of Building- A Prestandard*".
 - b. Evaluasi secara *Rapid Visual Screening* mengacu pada FEMA 154 "*Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards: A Handbook.*".
 - c. Evaluasi kinerja struktur mengacu pada ATC-40 dan FEMA 356 "*Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation Of Buildings*".
 - d. Evaluasi komponen non struktur mengacu pada FEMA 302 NEHRP "*Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Buildings and Other Structures*" dan FEMA 356 "*Prestandard and Commmentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*".
 - e. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung mengacu pada SNI 1726-2012.
 - f. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung mengacu pada SNI 2847-2002.
 - g. Pembebanan pada analisis mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1989).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah untuk :

1. dijadikan masukan dalam evaluasi bangunan untuk mitigasi bencana gempa bumi memperhatikan level kinerja struktur,
2. diketahui perilaku struktur bangunan terhadap beban dinamik seperti gempa bumi, dan

3. dijadikan acuan dalam perencanaan perbaikan, perkuatan dan rehabilitasi struktur agar struktur mampu bertahan pada saat terjadi gempa.

1.6. Definisi Operasional

Definisi umum dari operasional yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kinerja struktur, kekuatan struktur, model beban, kerusakan struktur, faktor daktalitas, faktor reduksi beban gempa, *pushover*, dan *auto section hinge* – *fiber section hinge* adalah sebagai berikut.

1. Kinerja struktur

Kinerja Struktur didapat dari kombinasi antara level kinerja struktur dan nonstruktur. Sasaran kinerja bangunan terdiri dari kejadian gempa rencana (*hazard*), dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (*performance level*) dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. Pada penelitian ini, jenis bangunan yang digunakan dalam evaluasi dikategorikan sebagai *Immediate Occupancy Level* (IO).

2. Kekuatan struktur

Kekuatan Struktur adalah kemampuan atau kapasitas struktur bangunan dalam menerima beban, baik beban struktur itu sendiri maupun beban gempa. Pada penelitian ini, dilakukan cek kekuatan struktur antara lain kuat lentur balok dan kolom (momen nominal dan momen kapasitas), gaya geser kolom dan balok, dan memperhitungkan *Demand Capacity Ratio* (DCR) dari kekuatan struktur yang tersedia bangunan tersebut.

3. Model beban

Model beban yang digunakan dalam analisis ini yaitu beban segitiga SNI 03-1726-2012, beban segitiga SNI 03-1726-2002 dan beban seragam. Model beban ini digunakan untuk mengetahui hasil kurva kapasitas dari masing-masing model beban. Hasil kurva kapasitas ini untuk membandingkan apakah perbedaan dari model beban sangat berpengaruh atau tidak.

4. Kerusakan struktur

Kerusakan Struktur dapat dideteksi sedini mungkin, karena suatu kerusakan kecil yang dapat merembet, memicu, dan memperparah kerusakan lainnya. Pada umumnya bangunan gedung direncanakan dapat

berfungsi selama masa layan tertentu. Namun selama masa layannya, bangunan rentan terhadap kerusakan akibat berbagai hal. Beberapa penyebab kerusakan antara lain adalah karena :

- a) masalah durability akibat material yang kurang baik,
- b) kesalahan perencanaan dan pelaksanaan,
- c) lingkungan agresif yang belum diantisipasi saat perencanaan,
- d) overloading akibat kenaikan beban karena perubahan fungsi/pemakaian bangunan,
- e) kenaikan *life-span*,
- f) penyebab khusus dan beban berlebih seperti gempa, banjir, kebakaran, dan
- g) *Life-span* yang berbeda-beda antara bahan-bahan struktur dan non struktur.

5. Faktor daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan bangunan untuk merubah kekakuannya dan menyerap energi gempa untuk tetap menjaga integrasi struktur. Fungsi daktilitas untuk menjaga integrasi bangunan agar penghuni dapat menyelamatkan diri.

Nilai faktor daktilitas suatu bangunan gedung (μ) di dalam perencanaan struktur bangunan gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktilitas maksimum μ_m yang dapat dikerahkan oleh masing-masing sistem atau subsistem struktur bangunan gedung.

6. Faktor reduksi beban gempa

Faktor reduksi beban gempa yaitu rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gaya gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut (μ). Faktor reduksi (R) digunakan untuk mempresentasikan pengaruh adanya daktilitas ketika terjadi gempa. Jika R semakin besar nilainya maka gaya gempa dasar rencana menjadi lebih kecil karena dianggap strukturnya lebih daktail. Oleh karena itu di dalam

penelitian ini bangunan dianggap dalam kondisi elastis agar gempa dasar rencana yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga bangunan dapat di desain lebih aman terhadap gempa.

7. Pushover

Menurut SNI 1726-2012, analisis beban dorong statik (*static pushover analysis*) merupakan cara analisis statik yang bisa dilakukan secara 2 dimensi maupun 3 dimensi. Pengaruh gempa rencana dianggap sebagai beban statik yang ditempatkan pada pusat massa masing-masing lantai, yang kemudian nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama (sendi plastis) di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk paska elastik yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

Tujuan dari analisis pushover ini adalah untuk mengevaluasi perilaku keruntuhan dari suatu struktur akibat gempa, mendapatkan kurva hubungan gaya geser dan *displacement*, dan mendapatkan kurva kapasitas dan skema plastifikasi atau distribusi sendi plastis yang terjadi.

8. *Auto section hinge* dan *Fiber section hinge*

Auto section hinge merupakan pilihan pada analisis pushover yang dilakukan dengan software sap2000 versi 14 secara otomatis pada pendefinisian sendi plastis balok dan kolom sehingga dengan *auto section hinge* dapat mengetahui kurva capacity, kekurangan dari *auto section hinge* ini yaitu kurang detail, karena balok dan kolom tidak dibuat *mendefine frame hange property* pada masing-masing jenis balok dan kolom. Sedangkan *fiber section hinge* merupakan pendefinisian sendi plastis secara detail dengan membagi masing-masing pias-pias balok dan kolom sehingga dapat mempengaruhi kurva capacity menjadi lebih teliti dan rasional.