

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Setelah bab pendahuluan yang telah menjelaskan secara umum tentang penelitian, maka bab selanjutnya adalah mengenai tinjauan pustaka yaitu menjelaskan referensi terkait yang bisa membuktikan keaslian penelitian, menjelaskan riwayat bangunan yang dijadikan objek penelitian, dan peraturan yang dipakai dalam penelitian yaitu FEMA 356 (2000).

### **2.1 Riwayat Bangunan**

Di Indonesia sudah sering terjadi bencana alam seperti banjir, gunung meletus, tanah longsor, tsunami dan gempa bumi. Indonesia juga merupakan negara yang terletak di antara lempeng tektonik Eurasia dan Australia. Lempeng ini terus bergerak setiap tahun dan bisa menimbulkan gempa. Beberapa wilayah di Indonesia merupakan daerah rawan gempa dan Yogyakarta adalah salah satu wilayah yang ditetapkan sebagai daerah rawan gempa bumi. Tercatat bahwa Yogyakarta telah mengalami beberapa kali kejadian gempa sejak zaman Belanda hingga sekarang.

Pada kejadian gempa bumi yang terjadi pada 26 Mei 2006 di Yogyakarta telah menyebabkan banyak kerusakan pada bangunan dan menimbulkan korban jiwa. Salah satu bangunan yang terkena dampaknya adalah bangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia. Bangunan ini adalah bangunan lama yang telah berdiri sejak zaman awal kemerdekaan dan terus mengalami perkembangan. Bangunan tersebut mengalami kerusakan pada bagian-bagian tertentu namun tidak sampai roboh. Bangunan yang difungsikan sebagai tempat belajar mengajar kegiatan perkuliahan itu merupakan bangunan gedung 3 lantai. Bangunan ini termasuk gedung bertingkat yang mempunyai risiko lebih besar dibandingkan bangunan satu lantai dan membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses evakuasi saat terjadi gempa.

Dari kejadian gempa tahun 2006, bangunan baru dan lama di Yogyakarta menerapkan prinsip bangunan tahan gempa dalam perencanaan dan pelaksanaannya. Begitu juga dengan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII, yang melakukan renovasi pasca gempa pada tahun 2007. Mengingat gedung tersebut masih menggunakan peraturan lama dan diperlukannya perbaikan sebagai upaya memperkuat kembali sesuai fungsi dan kapasitas kekuatan bangunan awal. Selain itu, perubahan peraturan mengakibatkan perubahan parameter desain risiko gempa yang lebih besar dibandingkan peraturan yang lama. Atas dasar hal itu, pada proses renovasi pasca gempa gedung Fakultas Hukum UII terjadi penambahan struktur *x-bracing*.

## **2.2 Peraturan Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan**

Evaluasi struktur bangunan sangat diperlukan guna melihat kinerja bangunan berdasarkan elemen-elemen struktur bangunan yang terkena dampak gaya gempa. Penambahan beban gempa secara bertahap sampai struktur bangunan tidak mampu menahan lagi atau baja tulangan sudah leleh adalah cara untuk mengetahui seberapa kuat kinerja bangunan. Pada kondisi ini menyebabkan kondisi struktur berubah dari elastik menjadi plastis (inelastik). Untuk menganalisis kondisi tersebut digunakanlah pendekatan dengan analisis *static pushover* dengan cara diberi gaya gempa yang bertambah secara bertahap pada bangunan.

Di Indonesia, untuk melakukan evaluasi bangunan belum mempunyai standar yang baku dan komprehensif. Peraturan yang sudah ada belum mencakup evaluasi struktur bangunan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan peraturan FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) dari United States of America yang biasa digunakan para peneliti di seluruh dunia untuk mengevaluasi bangunan. Peraturan FEMA terus berkembang dari peraturan awal yaitu FEMA 178 (1994), kemudian FEMA 310 (1998), dan terakhir FEMA 356 (2000) tentang rehabilitasi bangunan *existing* terhadap gaya gempa. FEMA 356 yang merupakan peraturan pada penelitian ini, menjelaskan dengan detail kategori *performance level* bangunan berdasarkan keseluruhan kerusakan yang terjadi dan tipe struktur

bangunan. Di FEMA 356 dijelaskan pula *nonstructural performance level* dengan mempertimbangkan elemen-elemen non struktur seperti *electrical, elevators, piping*, dan sebagainya. Untuk bangunan gedung kuliah ditetapkan *performance level: Live Safety* untuk menjamin keselamatan penghuni di dalamnya saat terjadi gempa.

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Ada banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai evaluasi struktur bangunan. Pada sub bab ini hanya disajikan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui kinerja struktur bangunan terhadap gaya gempa dan menggunakan analisis *pushover* untuk memprediksi kinerja struktur yang terkena dampak gaya gempa. Rangkuman penelitian terdahulu bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Pednekar dkk. (2015) menganalisis bangunan gedung di India dengan asumsi variasi 4, 5, dan 6 lantai yang menggunakan beban kombinasi berdasarkan IS 456-2000 dan dievaluasi berdasarkan peraturan ATC-40 menunjukkan bahwa geser dasar menurun diikuti dengan meningkatnya jumlah lantai bangunan. Sedangkan, periode waktu dan perpindahan meningkat diikuti meningkatnya jumlah lantai bangunan. Hasil penelitian juga menunjukkan percepatan spektral menurun dan perpindahan spektral meningkat. Lokasi sendi plastis pada titik kinerja struktur menunjukkan bahwa bangunan masih dalam tingkat kinerja *Life Safety*. Pada sebagian titik sendi plastis mengalami kerusakan tetapi masih menyisakan kekuatan yang memungkinkan tidak terjadinya kerusakan lokal pada tingkat kinerja saat terjadi gempa bumi.

Dinar, Yousuf dkk. (2014) mengambil objek berupa asumsi bangunan gedung 7 lantai dengan dinding geser di Bangladesh dimana pada saat permodelan menggunakan program komputer ETABS, formasi *soft storey* akan dipindah-pindahkan dari *ground floor soft storey, 1<sup>st</sup> floor soft storey, 2<sup>nd</sup> floor soft storey, 3<sup>rd</sup> floor soft storey, 4<sup>th</sup> floor soft storey, dan 5<sup>th</sup> floor soft storey*. Hasilnya menunjukkan bahwa analisis *pushover* adalah prosedur sederhana yang dapat memvisualisasikan karakteristik nonlinear pada bangunan. Kemampuan struktur secara signifikan dipengaruhi perbedaan konfigurasi pengisi, baik *soft storey*

maupun dinding geser. Peningkatan presentasi pengisi baik untuk struktur dengan beban lateral. Dinding geser adalah beban dukung lateral ultimit 3 kali lipat kapasitas ketahanannya untuk *frame* bangunan. Formasi lantai lemah (*soft storey*) pada lantai atas lebih buruk dibanding formasi lantai lemah pada lantai bawah. Peningkatan kinerja meningkat dengan pergeseran lantai lemah sampai setengah dari total tinggi bangunan sebelum kembali turun. Hal ini bisa menjadi pedoman untuk membatasi lantai lemah hanya pada batas setengah dari total tinggi bangunan.

Mamesah dkk. (2014) meninjau bangunan dengan *soft first story* pada bangunan gedung perkantoran 10 lantai di daerah Manado menunjukkan bahwa hasil analisis dan pembahasan terhadap 3 tipe bangunan yaitu bangunan *nonsoft story*, *soft first story 1*, *soft first story 2*, gaya geser maksimum terjadi pada gedung *nonsoft story* yaitu sebesar 2,334 ton. Gaya geser terkecil terjadi pada gedung *soft first story 2* yaitu sebesar 1,359 ton. Sedangkan simpangan maksimum terjadi pada gedung *nonsoft story* yaitu sebesar 0,34 m dan yang paling kecil pada gedung *soft first story 2* yaitu sebesar 0,26 m. simpangan maksimum yang terjadi sebelum keruntuhan pada setiap bangunan memenuhi syarat yang diberlakukan oleh SNI 1726 2012. Level kinerja struktur berdasarkan target perpindahan dari metode koefisien perpindahan FEMA 356 menunjukkan bahwa ketiga model bangunan tersebut berada pada level *damage control* yaitu kondisi gedung belum mengalami kerusakan dan bisa difungsikan kembali. Level kinerja struktur berdasarkan target perpindahan dari metode spektrum kapasitas ATC 40 menunjukkan bahwa ketiga model bangunan tersebut berada pada level *immediate occupancy* yaitu kondisi gedung hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan dapat digunakan kembali. Pada pendistribusian sendi plastis sesuai yang diharapkan, yaitu sesuai dengan sistem kolom kuat balok lemah, karena terjadi keruntuhan pada balok dulu kemudian diikuti kolom.

Rachman dkk. (2014) meneliti bangunan gedung hotel 10 lantai di daerah Semarang dengan ETABS menunjukkan hasil *performance point* gedung adalah  $V = 557,867$  ton;  $D = 0,112$  m;  $S_a = 0,058$  g;  $S_d = 0,085$  m;  $T_{eff} = 2,426$  detik;  $\beta_{eff} = 0,166$ . Dengan acuan dari ATC 40, berdasarkan nilai *drift* dan nilai *in-*

*elastic drift* yang didapatkan, maka kinerja gedung nonlinier termasuk dalam *immediate occupancy*. Konsep desain *strong colum weak beam* terpenuhi. Hal ini ditunjukkan terbentuknya sendi plastis diawali dari elemen balok yang kemudian pada saat mencapai *performance point* mayoritas elemen kolom dan balok terbentuk sendi plastis kemudian pada sebagian elemen balok mencapai kondisi *in-elastic*.

Nugroho (2016) menentukan kinerja struktur dengan cara *pushover* terhadap struktur eksisting pada bangunan eksisting sekolah 2 lantai (bangunan A) dan bangunan sekolah 3 lantai (bangunan B) di daerah Padang menunjukkan hasil bangunan eksisting yang semula 2 lantai dapat ditambah menjadi 3 lantai berdasarkan kriteria peraturan SNI. Namun, berdasarkan kriteria FEMA kinerja struktur sudah melewati *life safety* bahkan mengalami *collapse*, sehingga kinerja struktur dapat dikatakan tidak baik. Hal ini disebabkan karena pada rumus untuk perhitungan FEMA 356 terdapat faktor modifikasi (faktor pengali), sehingga nilai perpindahan ultimit yang diperoleh lebih besar.

## **2.4 Rencana Penelitian yang Dilakukan**

Penelitian mengenai evaluasi bangunan telah banyak dilakukan sebelumnya dengan metode dan analisis yang berbeda. Lokasi yang berbeda mempengaruhi karakteristik gaya gempa dasar yang dianalisis. Pada penelitian ini mengambil lokasi di Jalan Taman Siswa, Yogyakarta yang belum pernah diteliti bangunan di daerah itu.

Evaluasi bangunan yang dilakukan pada penelitian ini adalah bangunan yang telah berdiri yaitu Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia. Gedung tersebut merupakan gedung pasca renovasi gempa yang telah diperbaiki dan diperkuat. Kondisi gedung renovasi pasca gempa menyebabkan terjadinya penambahan struktur *x-bracing*. Evaluasi dilakukan berdasarkan peraturan FEMA 356 yang telah tersemat dalam program komputer SAP2000 versi 14.

Selain itu, pada penelitian ini dilakukan beberapa asumsi untuk memenuhi kebutuhan data untuk kepentingan analisis. Asumsi tersebut seperti tebal pelat lantai dan pelat atap, dimensi struktur pada elemen struktur yang tertutupi oleh

elemen struktur lainnya pada saat pengambilan data geometri struktur. Asumsi tersebut dilakukan tentunya dengan pertimbangan logis, mempelajari penelitian yang sudah ada dan diskusi dengan para profesional.

## **2.5 Keaslian Penelitian**

Bangunan yang digunakan untuk penelitian adalah gedung 3 lantai Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia. Adapun perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang yang tercantum dalam Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian sebelumnya dan sekarang**

Penelitian sebelumnya		Penelitian sekarang
Peneliti dan judul	Substansi penelitian	Substansi penelitian
Pednekar, S. C., Chore, H. S., Patil, S. B. (2015) “ <i>Pushover Analysis of Reinforced Concrete Structures</i> ”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan gedung di India dengan asumsi 4, 5, dan 6 lantai.</li> <li>2. Menggunakan beban kombinasi berdasarkan IS 456-2000 dan dievaluasi berdasarkan peraturan ATC-40 serta menggunakan program komputer ETABS 9.7.4 dalam permodelannya.</li> <li>3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa geser dasar menurun diikuti dengan meningkatnya jumlah lantai bangunan. Sedangkan, periode waktu dan perpindahan meningkat diikuti meningkatnya jumlah lantai bangunan. Hasil penelitian juga menunjukkan percepatan spektral menurun dan perpindahan spektral meningkat. Lokasi sendi plastis pada titik kinerja struktur menunjukkan bahwa bangunan masih dalam tingkat kinerja <i>life safety</i>. Pada sebagian titik sendi plastis mengalami kerusakan tetapi masih menyisakan kekuatan yang memungkinkan tidak terjadinya kerusakan lokal pada tingkat kinerja saat terjadi gempa bumi.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan metode analisis <i>pushover</i> dengan prosedur FEMA 356 pada program komputer SAP2000 V.14.</li> <li>2. Bangunan berlokasi di Yogyakarta dengan permodelan gedung 3 lantai yaitu pada kondisi eksisting dan kondisi pasca perbaikan dan perkuatan dengan penambahan struktur <i>x-bracing</i>.</li> </ol>
Dinar, Y., Hossain, Md. I., Biswas, R. K., Rana, Md. M. (2014) “ <i>Descriptive Study of Pushover Analysis in RCC Structures of Rigid Joint</i> ”.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objek berupa asumsi bangunan gedung 7 lantai dengan perpindahan formasi <i>Soft Storey</i> dan dinding geser yang berlokasi di Bangladesh.</li> <li>2. Evaluasi berdasarkan prosedur ATC-40 dan FEMA 356 dengan bantuan program komputer ETABS 9.7.2.</li> <li>3. Hasilnya, formasi lantai lemah (<i>soft storey</i>) pada lantai atas lebih buruk dibanding formasi lantai lemah pada lantai bawah. Peningkatan kinerja meningkat dengan pergeseran lantai lemah sampai setengah dari total tinggi bangunan sebelum kembali turun.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan gedung kuliah 3 lantai Fakultas Hukum UII di Yogyakarta.</li> <li>2. Menggunakan prosedur FEMA 356 dan bantuan program komputer SAP2000 v.14.</li> <li>3. Asumsi permodelan yaitu gedung FH UII dengan kondisi eksisting dan kondisi pasca perbaikan dan perkuatan pada blok B.</li> </ol>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sebelumnya dan sekarang

Penelitian sebelumnya		Penelitian sekarang
Peneliti dan judul	Substansi penelitian	Substansi penelitian
Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., Windah, R. S. (2014) “Analisis <i>Pushover</i> pada Bangunan dengan <i>Soft First Story</i> ”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan yang digunakan adalah gedung kantor 10 lantai di Manado.</li> <li>2. Struktur gedung merupakan gedung beton bertulang dengan lantai dasar bersifat <i>soft storey</i>.</li> <li>3. Peraturan yang dipakai mengacu pada ATC 40.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan gedung kuliah 3 lantai Fakultas Hukum UII di Yogyakarta.</li> <li>2. Menggunakan prosedur FEMA 356 dan mengacu pada peraturan SNI 1726-2012.</li> <li>3. Asumsi permodelan yaitu gedung FH UII dengan kondisi eksisting dan kondisi pasca perbaikan dan perkuatan pada blok B.</li> </ol>
Rachman, N. Z., Purwanto, E., Suptiyadi A. (2014) “Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis <i>Pushover</i> menggunakan Software ETABS (Studi Kasus: Bangunan Hotel di Semarang)”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan yang digunakan adalah bangunan hotel 10 lantai di daerah Semarang.</li> <li>2. Evaluasi bangunan menggunakan bantuan program komputer ETABS dengan mengacu pada peraturan ATC 40.</li> <li>3. Hasil penelitian menunjukkan level kinerja gedung nonlinier termasuk dalam <i>immediate occupancy</i> dan konsep desain <i>strong colum weak beam</i> terpenuhi.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan yang digunakan adalah gedung Fakultas Hukum UII di Yogyakarta.</li> <li>2. Evaluasi dilakukan mengacu pada peraturan FEMA 356 yang tersemat dalam program computer SAP 2000 V.14.</li> </ol>
Fajar Nugroho (2016) “Penerapan Analisis <i>Pushover</i> untuk menentukan Kinerja Struktur pada Bangunan Pasca perbaikan dan perkuatan Gedung Beton Bertulang”.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objek penelitian adalah bangunan gedung sekolah dengan kondisi pasca perbaikan dan perkuatan 2 lantai (gedung A) dan akan ditambah 1 lantai menjadi gedung 3 lantai (gedung B) di daerah Padang.</li> <li>2. Mengacu pada peraturan FEMA 356 dan peraturan SNI 1726-2002</li> <li>3. Hasil evaluasi menunjukkan bangunan pada kondisi <i>life safety</i> sehingga aman jika berdasarkan kinerja struktur SNI, namun mengalami <i>collapse</i> jika berdasarkan kriteria kinerja struktur FEMA. Hal ini disebabkan pada FEMA 356 terdapat beberapa factor modifikasi (factor pengali) sehingga nilai perpindahan ultimit yang diperoleh lebih besar.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan yang dipakai adalah Gedung 3 lantai Fakultas Hukum UII di Yogyakarta.</li> <li>2. Asumsi permodelan yaitu gedung FH UII dengan kondisi eksisting dan kondisi pasca perbaikan dan perkuatan pada blok B.</li> <li>3. Peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012.</li> </ol>



Dari Tabel 2.1 di atas dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara penelitian terdahulu dan sekarang adalah pada model bangunan, lokasi bangunan dan peraturan serta aplikasi yang dipakai. Dalam penelitian ini dibahas tentang kurva kapasitas dan titik kinerja bangunan gedung FH UII dengan kondisi eksisting dan kondisi pasca perbaikan dan perkuatan dengan penambahan struktur *x-bracing*. Keaslian penelitian ini dapat dilihat dari adanya perbedaan-perbedaan tersebut.