

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian yang besar jika tidak ditangani dengan tepat. Gempa bumi terjadi akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik yang saling bertabrakan satu sama lain sehingga melepaskan gelombang energi yang begitu besar ke segala arah. Gelombang energi tersebut menimbulkan getaran pada permukaan bumi dan dapat memicu terjadinya bencana alam yang lain seperti tanah longsor dan tsunami.

Indonesia adalah salah satu negara yang rawan terhadap terjadinya gempa bumi. Hal ini dikarenakan Indonesia dilalui oleh jalur pertemuan 3 (tiga) lempeng besar tektonik, yaitu lempeng: Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Oleh karena itu, bangunan yang ada di Indonesia harus di desain sedemikian rupa sehingga tahan terhadap bahaya gempa bumi.

Lahan yang tersedia untuk pembangunan semakin terbatas seiring dengan perkembangan zaman. Keterbatasan tersebut menyebabkan pembangunan struktur bangunan gedung berkembang ke arah vertikal yakni bangunan-bangunan tingkat tinggi. Bangunan tingkat tinggi tentu memiliki massa yang besar sehingga dampak yang ditimbulkan akibat gempa bumi akan semakin besar karena gaya gempa bumi dipengaruhi oleh massa bangunan dan percepatan getaran tanah akibat gempa bumi. Dampak tersebut dapat diukur melalui simpangan horizontal (*horizontal drift*) dan rasio simpangan antar tingkat (*interstorey drift ratio*) bangunan yang terjadi ketika gempa bumi berlangsung. Simpangan horizontal dan rasio simpangan antar tingkat yang terjadi tidak boleh melebihi syarat keamanan yang ada. Jika melebihi syarat, maka bangunan dianggap tidak mampu menahan beban akibat gempa bumi dan bangunan akan roboh. Bangunan yang roboh dapat menimbulkan korban jiwa sehingga bangunan harus didesain dengan perhitungan yang baik agar tahan terhadap getaran akibat gelombang gempa bumi.

Getaran akibat gempa bumi memiliki frekuensi yang bervariasi yang akan mempengaruhi respon dinamik pada struktur bangunan. Hal ini dikarenakan setiap bangunan memiliki nilai frekuensi dan periode sendiri. Ketika frekuensi getaran akibat gempa bumi dan frekuensi bangunan memiliki nilai yang semakin dekat maka respon dinamik yang dihasilkan akan semakin besar karena akan terjadi peristiwa resonansi, yaitu ketika 2 buah objek bergetar pada frekuensi yang sama.

Analisis struktur terhadap beban gempa bumi ada 2 macam, yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik. Analisis statik ekuivalen adalah analisis struktur yang menyederhanakan beban getaran tanah akibat gempa menjadi gaya horizontal pada tiap-tiap lantai. Analisis dinamik adalah analisis struktur dengan beban gempa bumi yang dimodelkan secara langsung berdasarkan getaran tanah yang terjadi dalam bentuk rekaman percepatan tanah. Analisis dinamik terbagi lagi menjadi 2, yaitu analisis respon spektrum (*spectrum response analysis*) dan analisis riwayat waktu (*time history analysis*). Analisis dinamik riwayat waktu merupakan analisis dinamik struktur berdasarkan rekaman gempa berupa percepatan tanah yang pernah terjadi sebelumnya. Analisis ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi tetapi lebih sulit untuk dilakukan. Oleh karena itu, pada analisis dinamik struktur biasanya terjadi penyederhanaan pada fondasi bangunan agar analisis perhitungan menjadi lebih mudah. Fondasi struktur bangunan umumnya dianggap dijepit secara kaku oleh tanah. Namun, anggapan ini kurang tepat karena tanah bukanlah material yang dapat menjepit fondasi dan kolom secara kaku.

Penelitian tentang analisis dinamik struktur bangunan dengan memperhitungkan pengaruh interaksi antara tanah dengan fondasi diperlukan untuk mengatasi masalah yang diuraikan di atas terutama rotasi fondasi dengan menggunakan parameter gerakan tanah berupa kekakuan dan redaman tanah. Wibowo dan Auzzami (2003) pernah meneliti tentang respon dinamik struktur bangunan dengan memperhitungkan rotasi pada fondasi, tetapi kekakuan struktur atas bangunan masih dihitung menggunakan metode kekakuan *shear building*, nilai kekakuan dan redaman tanah tidak diperhitungkan secara pasti, dan analisa struktur menggunakan model bangunan 2 dimensi (2D) dengan gaya gempa 1 arah. Selanjutnya, Aryani (2014) meneliti tentang respon dinamik struktur bangunan

beraturan dan bangunan *set-back* dengan variasi frekuensi gempa yakni frekuensi rendah, frekuensi sedang, dan frekuensi tinggi dengan kekakuan struktur atas menggunakan kekakuan metode muto namun belum memperhitungkan pengaruh interaksi tanah dengan fondasi serta analisa strukturnya juga menggunakan model 2 dimensi (2D) dengan gaya gempa 1 arah.

Penelitian ini akan menganalisis respon bangunan beraturan bertingkat banyak dengan memperhitungkan rotasi pada fondasi menggunakan metode analisis riwayat waktu (*time history analysis*) untuk mengetahui simpangan horizontal yang berupa simpangan netto, simpangan rotasi, dan simpangan total serta mengetahui nilai sudut rotasi, *interstorey drift ratio*, gaya horizontal tingkat, gaya geser tingkat, dan momen guling pada bangunan. Perhitungan kekakuan struktur atas bangunan menggunakan kekakuan Muto dan perhitungan kekakuan dan redaman interaksi tanah dengan fondasi menggunakan metode Gazetas (1991). Variasi pembebanan gempa dilakukan 2 arah yaitu pembebanan dominan searah sumbu X dan pembebanan dominan searah sumbu Y.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana respon dinamik struktur bangunan beraturan bertingkat banyak terhadap beban gempa 2 arah?
2. Bagaimana pengaruh frekuensi beban gempa terhadap respon struktur?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan nilai kekakuan dan redaman interaksi antara tanah dengan fondasi terhadap respon struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui respon dinamik struktur bangunan beraturan bertingkat banyak terhadap beban gempa 2 arah.
2. Mengetahui respon dinamik struktur bangunan beraturan bertingkat banyak terhadap pengaruh frekuensi beban gempa.

3. Mengetahui respon dinamik struktur bangunan beraturan bertingkat banyak jika pengaruh penggunaan nilai kekakuan dan redaman interaksi antara tanah dengan fondasi diperhitungkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini.

1. Menambah pemahaman mengenai respon dinamik struktur pada bangunan beraturan bertingkat banyak dengan memperhitungkan interaksi antara tanah dengan fondasi.
2. Mengetahui dampak pembebanan gaya gempa 2 arah.
3. Mengetahui dampak yang ditimbulkan akibat frekuensi beban gempa yang berbeda.
4. Digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan agar dapat meminimalkan respon dinamik yang terjadi terutama pada simpangan agar tidak menimbulkan kerusakan yang fatal atau keruntuhan.
5. Digunakan sebagai bahan referensi terhadap penelitian sejenis.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini memiliki beberapa batasan agar dapat memberikan hasil yang optimal, memberikan kemudahan, dan tidak keluar dari konteksnya, yaitu sebagai berikut ini.

1. Struktur bangunan merupakan bangunan yang tidak riil dimodelkan sebagai bangunan pipih bertingkat dengan jumlah lantai adalah 15 lantai.
2. Struktur bangunan yang digunakan merupakan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 1726-2012.
3. Pembebanan pada model bangunan menggunakan Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) 1987.
4. Massa, kekakuan, dan redaman struktur bangunan dan fondasi ditinjau 2 arah atau 3 dimensi (3D).
5. Analisis massa struktur menggunakan sistem *lumped mass*.

6. Kekakuan struktur atas menggunakan prinsip kekakuan muto dengan nilai inersia balok menggunakan inersia balok T.
7. Pengaruh inersia tulangan tidak diperhitungkan dalam nilai kekakuan balok dan kolom.
8. Redaman struktur atas menggunakan analisis redaman proporsional terhadap massa dan kekakuan (*mass and stiffness proportional damping*).
9. Struktur bangunan masih dalam kondisi elastik ketika diberi beban gempa dengan nilai *interstorey drift ratio* $< 0,5$ % (sesuai PPTGIUG 1981).
10. Tanah dianggap dalam kondisi linier elastik dengan regangan geser tanah sebesar 10^{-6} .
11. Fondasi yang digunakan adalah jenis *mat foundation* seluas bangunan.
12. Interaksi tanah dengan fondasi diperhitungkan dalam analisis.
13. Kekakuan dan redaman interaksi tanah dengan fondasi dihitung menggunakan metode Gazetas (1991).
14. Kekakuan dan redaman interaksi tanah dengan fondasi dianggap *frequency independent* sehingga menggunakan nilai kekakuan dan redaman statik.
15. Kekakuan dan redaman interaksi tanah dengan fondasi arah vertikal tidak diperhitungkan.
16. Tidak memperhitungkan torsi bangunan.
17. Integrasi numerik dalam mencari respon dinamik struktur bangunan menggunakan integrasi numerik *β -Newmark*.
18. Perhitungan respon dinamik yang dicari meliputi simpangan netto, sudut rotasi, simpangan rotasi, simpangan total, *interstorey drift ratio*, gaya horizontal tingkat, gaya geser tingkat, dan momen guling.
19. Variasi pembebanan gempa ditinjau 2 arah, yaitu:
 - a. Dominan searah sumbu x, dimana sumbu x diberi beban gempa 100% dan sumbu y diberi beban gempa 30%,
 - b. Dominan searah sumbu y, dimana sumbu y diberi beban gempa 100% dan sumbu x diberi beban gempa 30%.
20. Pembuatan program untuk mencari nilai respon struktur menggunakan *software* MATLAB R2013a.

21. Perhitungan input data menggunakan *software* Ms Excel 2016.
22. Cek keamanan bangunan dan penyelesaian respon 2 arah secara independen menggunakan *software* SAP2000 v14.
23. Gempa yang digunakan adalah gempa dengan frekuensi rendah, frekuensi sedang, dan frekuensi tinggi.
24. Data gempa diambil secara acak tanpa memperhitungkan gempa utama ataupun gempa susulan.
25. Percepatan tanah akibat beban gempa diambil dari data yang sudah ada dengan percepatan maksimum tanah diambil sebesar 0,1g (98,1 cm/dt²).
26. Tidak meninjau aspek ekonomis dan keindahan bangunan.

1.6 Definisi Operasional

Definisi operasional yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Respon Dinamik 2 Arah

Respon dinamik adalah respon yang terjadi pada struktur bangunan ketika terkena beban dinamik yang dalam penelitian ini adalah beban percepatan tanah akibat gempa. Respon dinamik 2 arah adalah respon dinamik yang terjadi pada struktur ketika terkena beban dinamik berupa percepatan tanah akibat gempa pada 2 bidang bangunan yaitu pada arah sumbu x dan arah sumbu y.

2. Bangunan Beraturan

Bangunan beraturan adalah bangunan yang memiliki denah struktur berbentuk persegi panjang tanpa tonjolan maupun coakan pada sudutnya, memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, memiliki kekakuan lateral yang beraturan, dan memiliki struktur lantai tingkat yang menerus sehingga tidak terdapat tingkat yang lunak.

3. Rotasi Fondasi

Rotasi fondasi merupakan respon dinamik yang terjadi pada fondasi berupa perputaran atau rotasi ketika tanah bergetar akibat gempa bumi. Getaran tersebut biasanya disebut dengan *rocking vibration*. Respon ini terjadi dikarenakan sifat tanah yang tidak sepenuhnya kaku dalam mengikat fondasi.