

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan daerah rawan bencana alam yang tidak dapat dihindari. Secara geologi, wilayah Indonesia berada pada pertemuan empat lempeng tektonik aktif yaitu Lempeng Indo-Australia untuk dua lempeng tektonik yang termasuk benua Lempeng Australia dan samudra di sekelilingnya yang memanjang ke barat laut sampai termasuk anak benua India dan perairan di sekelilingnya, Lempeng Eurasia di bagian utara dan Lempeng Pasifik di bagian Timur. Keempat lempengan tersebut bergerak dan saling bertumbukan sehingga Lempeng Indo-Australia menunjam ke bawah lempeng Eurasia dan menimbulkan gempa bumi, jalur gunungapi, dan sesar atau patahan. Penunjaman (*subduction*) Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara dengan Lempeng Eurasia yang bergerak ke selatan menimbulkan jalur gempa bumi dan rangkaian gunungapi aktif sepanjang Pulau Sumatera, Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara sejajar dengan jalur penunjaman kedua lempeng.

Pada saat terjadi gempa, maka yang terjadi adalah perubahan energi, dari energi mekanik yang di timbulkan dari struktur tanah atau batuan berubah menjadi energi gelombang, dan menggetarkan tanah disekelilingnya sampai permukaan tanah. Gelombang gempa yang merambat dari pusat gempa ke permukaan tanah akan mengalami perbesaran respon tanah dan meningkatkan kerusakan komponen yang berada di permukaan tanah, khususnya bangunan yang disebut amplifikasi. Respons dinamika tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah serta struktur bangunan yang diakibatkan oleh gelombang gempa.

Werner (1976) mengatakan bahwa representasi terbaik atas gerakan tanah (*ground motions*) akibat gempa adalah riwayat waktu percepatan tanah (*ground acceleration time history*). Percepatan tanah akibat gempa direkam secara lengkap menurut fungsi waktu, artinya direkam selama terjadinya gerakan tanah. Berdasarkan pada riwayat percepatan tanah (dari *accelerograph*) dan kecepatan

tanah (*seismograph*) maka akan dihasilkan parameter-parameter dasar gempa bumi. Salah satunya adalah *amplificationfactor* yaitu faktor pembesaran percepatan gempa yang terjadi pada permukaan tanah akibat kondisi tanah tertentu.

Selain memakai data rekaman gempa, amplifikasi akibat gempa juga dapat diperoleh secara analisis (*ground response analysis*). Analisis yang dimaksud umumnya adalah analisis dinamik lapis-lapisan tanah endapan yang salah satunya dapat dilakukan dengan prinsip analisis dinamika struktur. Pada analisis tersebut beban gempa bekerja pada dasar batuan (*base rock*), dan yang akan dicari adalah respon di setiap lapis-lapisan tanah termasuk respon di permukaan tanah (*free field*), atau di elevasi dasar pondasi/di bawah bangunan (*foundation level*). Apabila respon di tempat-tempat tersebut telah diperoleh, maka amplifikasi atau deamplifikasi dapat diperoleh, dengan membandingkan respon yang terjadi pada batuan dasar (*base rock*).

Berbagai penelitian tentang analisis respon tanah dan amplifikasi ketika terjadi gempa bumi, telah banyak dilakukan oleh para kalangan akademisi. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dan Yulismar (1999) menyimpulkan bahwa, amplifikasi percepatan tanah pada lapisan tanah endapan pasir dan lempung mencapai 150%. Penelitian lainnya adalah oleh Rokhman dan Widodo (2000), yang menganalisis respon linier elastik lapis-lapisan tanah akibat beberapa gempa. Hasilnya menunjukkan bahwa amplifikasi yang terjadi berkisar 155% - 216%. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Pujianto (2003) dengan anggapan perilaku tanah non-linier menyimpulkan bahwa amplifikasi tanah bebas (*free field*) linier elastik sebesar 49,59% dan untuk tanah non-linier elastik sebesar 39,42% - 23,9%. Penelitian respon tanah pada kondisi non-linier, kemudian dilanjutkan oleh Hamdani dan Hambawan (2004). Berdasarkan penelitiannya dapat disimpulkan bahwa amplifikasi yang terjadi yaitu sebesar 104% - 329% untuk respon linier elastik dan 194% - 217% untuk respon non-linier elastik.

Secara umum, respons struktur akibat beban dapat dikategorikan linier dan non-linier, sedangkan intensitas beban dapat mengakibatkan respon elastik maupun inelastik. Sifat linier dan non-linier elastik pada hakekatnya dipengaruhi

oleh sifat bahan dengan intensitas beban yang masih kecil. Sedangkan intensitas beban yang besar maka respon menjadi inelastik. Pada respon non-linier inelastik, kekakuan lapisan tanah akan berubah-ubah menurut waktu dan saat beban berbalik, respon tidak lagi kembali mengikuti jalur semula tetapi membuat jalur baru. Pada beban bolak-balik maka jalur respon, yaitu hubungan antara tegangan geser dan regangan geser tanah akan membentuk garis lengkungan tertutup yang disebut *hysteretic loops*. Perilaku non-linier inelastik yang relatif rumit ini seringkali disederhanakan/dimodel sebagai linier inelastik salah satunya adalah model elastoplastis yang biasanya dipakai kekakuan linier dengan menghubungkan antara puncak-puncak histerisis.

Pada model elastoplastis biasanya ekspresi gaya pemulihan (*restoring force*) dapat dinyatakan secara sederhana. Ekspresi ini tergantung pada besar gaya pemulihan itu sendiri beserta perpindahan yang diakibatkan. Pemodelan linier inelastik lainnya adalah model bi-linier (Veletos & Newmark 1960), yang memperhitungkan adanya linier *strain-hardening* dari elemen kekakuan paska leleh. Namun kedua pemodelan linier inelastik ini belum menunjukkan adanya penurunan/degradasi kekakuan selama pembebanan, sehingga pemodelan ini dianggap *overestimate* dalam analisis non-linier inelastik struktur tanah. Histerisis yang relatif gemuk seperti elastoplastik dan bi-linier lebih cocok untuk memodelkan struktur tanah pasir.

Permodelan *hysteretic loops* yang lebih modern dikembangkan oleh Takeda (1970) dengan backbone bi-linier dan sudah mengekspresikan degradasi kekakuan selama siklus kehilangan beban. Dengan menerapkan *Takeda Hysteretic Models* pada respon linier inelastik, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Zaldy (2015). Pada material tanah diharapkan respon non-linier inelastik dapat dimodelkan menjadi respon linier inelastik. Hasilnya menunjukkan bahwa respon linier inelastik cenderung lebih kecil daripada respon ekuivalen linier dengan rasio berkisar 64%-97% akibat gempa dengan frekuensi rendah dan menengah. Sedangkan akibat gempa dengan frekuensi tinggi respon inelastik cenderung lebih besar respon ekuivalen linier, dengan rasio berkisar 102%-129%.

Permodelan dengan Modified Takeda ini menunjukkan histerisis yang tidak terlalu gemuk. Sehingga cocok untuk memodelkan struktur tanah campuran pasir-lempung.

Pemodelan perilaku non-linier inelastik yang modern juga dikembangkan oleh Saiidi dan Sozen (1979) yang dikenal dengan *Q-Hyst* model. Pemodelan ini sudah mencakup penurunan/degradasi kekakuan selama pembebanan dan juga karakteristik linier *strain-hardening* seperti halnya dengan Takeda Model. *Q-hyst Hysteretic Models* relatif langsing sehingga cocok untuk memodelkan struktur tanah lempung.

Berdasarkan alasan diatas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membuktikan penerapan *Q-Hyst Hysteretic Model* pada respon linier inelastik lapis-lapisan tanah lempung akibat gempa bumi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi input percepatan tanah untuk menentukan gaya gempa yang akan bekerja pada bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Melihat latar belakang sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa masalah yang menjadi objek penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Bagaimana respon linier inelastik lapis-lapisan tanah lempung akibat gempa bumi menurut *Q-hyst Hysteretic Model* ?
2. Bagaimana perbandingan respon linier inelastik lapis-lapisan tanah lempung antara *Q-Hyst Hysteretic Model* dengan *Modified Takeda* ?
3. Berapa besarnya amplifikasi percepatan yang terjadi di permukaan tanah menurut *Q-hyst Hyteretic Model* dan perbandingannya dengan Modified Takeda?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui respon linier inelastik lapis-lapisan tanah lempung akibat gempa bumi menurut *Q-hyst Hysteretic Model*

2. Mengetahui perbandingan respon linier inelastik lapis-lapisan tanah lempung antara *Q-Hyst Hysteretic Model* dengan *Modified Takeda*
3. Mengetahui besarnya amplifikasi percepatan yang terjadi di permukaan tanah menurut *Q-hyst Hyteretic Model* dan perbandingannya dengan *Modified Takeda*

1.4 BATASAN PENELITIAN

Pembatasan penelitian dibutuhkan agar penelitian yang akan dilakukan menjadi terarah dan tersusun, batasan meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Data profil tanah berlokasi di Darmawangsa Eminence, Jakarta dengan variasi kedalaman tanah endapan yang berbeda yaitu 18 m dan 26,5 m.
2. Jenis tanah dikategorikan menjadi tanah lempung.
3. Lapisan tanah ditinjau dalam dua dimensi.
4. Gerakan massa tanah dimodelkan hanya bergerak horizontal saja.
5. Analisis dinamik menggunakan metode diskrit dengan massa struktur tanah dianggap menggumpal pada satu titik (*lumped mass*).
6. Redaman tiap lapisan tanah dianggap proporsional (*proporsional damping*).
7. Jenis redaman yang dipakai adalah redaman proporsional terhadap massa dan kekakuan (*mass and stiffness proporsional damping*).
8. Integrasi numerik dengan integrasi langsung β -Newmark.
9. Desain spektrum respon dengan integrasi *Central Difference*.
10. Kondisi topografi dan geologi tanah yang dilalui gelombang gempa sampai lokasi lapisan tanah yang ditinjau sama.
11. Tidak memperhitungkan massa bangunan di atas tanah.
12. Tidak memperhitungkan adanya perubahan massa tanah setelah gempa bumi.
13. Elevasi muka air tanah diabaikan.
14. Tidak memperhitungkan adanya peningkatan tekanan air pori tanah akibat terjadinya gempa.
15. Tidak memperhitungkan jenis mekanisme terjadinya gempa.
16. Gempa yang digunakan adalah gempa frekuensi rendah (Bucharest, Parkfield), sedang (El Centro, Kobe), dan tinggi (Koyna, Manjil).

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Hasil dari penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut.

1. Memahami konsep dan respon dinamik tanah akibat gempa secara inelastik.
2. Memahami prosedur Spektrum respon dari percepatan gempa tertentu.
3. Sebagai referensi input percepatan tanah yang terkait secara langsung dengan penyediaan bangunan tingkat tinggi tahan gempa.
4. Sebagai dasar perencanaan untuk mengetahui amplifikasi di permukaan tanah akibat gempa bumi.
5. Memahami penerapan pemrograman komputer dalam bidang dinamika struktur khususnya tanah.

1.6 KEASLIAN PENELITIAN

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian tentang analisis respon linier inelastik lapis-lapisan tanah akibat gempa bumi menurut *Q-Hyst Hysteretic Model* belum pernah dilakukan. Data profil tanah yang digunakan berlokasi di Darmawangsa Eminence, Jakarta Selatan. Nilai properti tanah ditentukan dengan menggunakan korelasi dari data uji *SPT* pada titik yang ditinjau. Percepatan gempa yang dipakai terdiri dari gempa frekuensi rendah (Bucharest, Parkfield), frekuensi sedang (Kobe, El Centro), dan frekuensi tinggi (Koyna, Manjil). Gempa yang terjadi di *base rock* dinormalisasikan dengan PGA gempa Jakarta sebesar 0,236 g berdasarkan Muntafi, Y. (2012). Selain itu hasil analisis *Q-Hyst Hysteretic Model* dibandingkan dengan *M-Takeda*. Analisis dinamik dibantu dengan penggunaan program Visual Basic 6.0.