

RIWAYAT WAKTU PERCEPATAN SINTETIK UNTUK SITUS KELAS Sc KOTA PADANG

DELFEFRIYADI

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

**Corresponding Author : ✉ delfebri@eng.unand.ac.id*

Naskah diterima 30 April 2024. Disetujui: 26 Mei 2024. Diterbitkan : 30 Juni 2024

ABSTRAK

Makalah ini memaparkan studi *hazard* kegempaan terhadap kota Padang. Merujuk pada literatur gempa Padang September 2009, maka dilakukan pembuatan riwayat waktu percepatan sintetik berdasarkan metoda stokastik dan teknik penskalaan gelombang terhadap suatu skenario gempa rencana dengan menggunakan program SMSIM v2.3. Hasil akhir yang diperoleh adalah riwayat waktu percepatan sintetik untuk situs kelas Sc menurut SNI 1726-2019 dengan kriteria gempa desain umur bangunan 50 tahun dan nilai probabilitas terlampaui 2%.

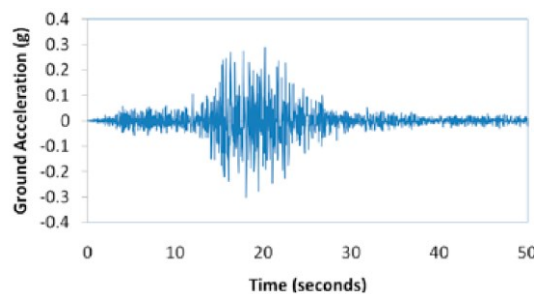
Kata kunci : metoda stokastik, riwayat waktu percepatan sintetik

1. PENDAHULUAN

Letak geografis wilayah Indonesia yang berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik utama; lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Philipina, menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki potensi aktivitas seismik cukup tinggi dan rawan terhadap bahaya gempa. Perkiraan besarnya beban gempa yang handal dalam perencanaan bangunan sipil masih dapat dikaji lebih mendalam untuk melengkapi atau mengevaluasi peraturan-peraturan standar yang ada.

Pada tanggal 30 September 2009 terjadi gempa besar magnitudo (M_w) 7,6 dengan jarak sumber gempa (R) 60 km dari kota Padang di kedalaman 81 km (EERI, 2009). Gempa yang terekam memiliki percepatan puncak sekitar 0,3g di lokasi stasiun pencatat di dekat kota Padang (Gambar 1), Sumber gempa tidak berada pada bidang pertemuan 2 lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia, namun hiposenter berada di sesar mendatar di bawah zona Benioff atau berada di dalam lempeng Indo-Australia dengan arah *strike* yang tegak lurus terhadap jalur subduksi. Gempa tersebut tidak termasuk dari salah satu gempa yang merobek jalur subduksi Sumatera (McCloskey *et al.*, 2010 ; Madrinovella *et al.*, 2011). Hal ini mengindikasikan bahwa gempa besar pada zona megathrust yang berpotensi tsunami

belum terjadi di saat itu dan menunjukkan akumulasi energi pada segmen subduksi Mentawai tetap tinggi sehingga gempa lebih besar masih berpotensi terjadi di kemudian waktu.



Gambar 1. Riwayat Waktu Percepatan Padang EQ 2009 (BMKG/USGS, 2009)

Secara umum, properti dari *ground motion* dipelajari dalam studi ini. Hasil akhir yang diperoleh adalah riwayat waktu percepatan gempa sintetis untuk kota Padang pada situs kelas Sc menurut SNI 1726-2019 dengan kriteria umur bangunan 50 tahun dan nilai probabilitas terlampaui 2%.

2. METODA PENELITIAN

Cara paling umum untuk menggambarkan getaran gempa adalah dari riwayat waktu. Parameter-parameternya dapat berupa percepatan, kecepatan, dan perpindahan. Percepatan gempa arah horisontal digunakan untuk mendeskripsikan pergerakan tanah dalam kaitannya dengan gaya inersial pada struktur.

Nilai percepatan puncak dapat diketahui dari ukuran amplitudo riwayat waktu pada akselerogram. Nilai percepatan puncak bisa berkorelasi dengan intensitas gempa bumi. Getaran gempa dengan parameter percepatan puncak yang tinggi biasanya akan berpotensi lebih merusak pada berbagai tipe struktur dibanding pergerakan tanah dengan percepatan puncak yang rendah. Namun, percepatan puncak tidak menyediakan informasi tentang kandungan frekuensi dan durasi getaran gempa. Getaran gempa dengan percepatan puncak bernilai sangat tinggi yang berlangsung dalam durasi waktu sangat pendek hanya akan menyebabkan kerusakan yang kecil pada struktur.

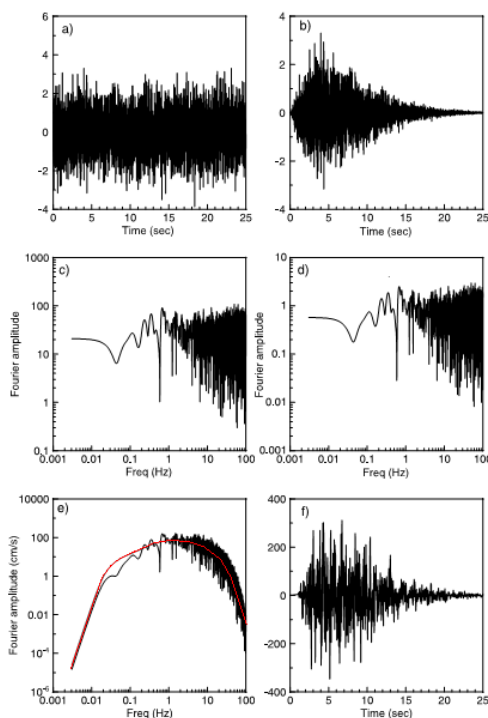
Durasi getaran gempa berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan untuk melepaskan energi regangan yang sudah terakumulasi di sepanjang bidang runtuh sesar. Jika ukuran panjang atau luasan bidang runtuh sesar meningkat, maka waktu yang dibutuhkan juga bertambah. Sebagai akibatnya, durasi getaran gempa meningkat dengan bertambahnya magnitudo gempa bumi. Durasi getaran gempa di suatu situs dapat ditentukan dengan menginterpretasikan riwayat waktu pada akselerogram di lokasi tersebut dalam ukuran bentang waktu untuk percepatan dengan ambang 0.05g.

Respons dinamik dari suatu struktur sangat sensitif terhadap frekuensi natural struktur. Kandungan frekuensi mendeskripsikan bagaimana amplitudo dari setiap riwayat waktu respons struktur tersebut didistribusikan di sepanjang frekuensi natural struktur yang berbeda. Riwayat waktu kecepatan akan kurang sensitif terhadap komponen getaran gempa yang memiliki frekuensi tinggi. Akan tetapi, riwayat waktu tersebut lebih akurat untuk mengkarakterisasi getaran gempa (indikasi potensi kerusakan) pada frekuensi

menengah. Selanjutnya, riwayat waktu perpindahan bisa dikaitkan dengan komponen frekuensi rendah dari getaran gempa bumi.

Dalam kajian resiko gempa, perlu diidentifikasi secara geologi dan seismologi adanya beberapa zona sumber gempa aktif yang memiliki potensi dan kontribusi seismik signifikan terhadap wilayah kota Padang. Pada makalah ini, data riwayat waktu percepatan gempa dikonstruksi dengan membuat data digitasi sintetik dengan melakukan simulasi berdasarkan model numerik dari suatu proses *fault rupture* dan penjalaran gelombang gempa untuk suatu jarak tertentu. Hasil data digitasi sintetik akan ditargetkan memiliki kemiripan dengan karakter getaran gempa Padang September 2009. Hal ini merupakan cara alternatif untuk mendapatkan data rekaman riwayat waktu getaran gempa untuk kota Padang dengan mengkarakterisasi getaran gempa mendekati kondisi yang diharapkan. Informasi parameter geologi dan seismologi, serta jarak dan magnitudo merupakan bagian informasi pemilihan kriteria riwayat waktu.

Program *SMSIM* v2.3 (Boore, 2000) digunakan dalam pembuatan riwayat waktu sintetik tersebut dengan mengaplikasikan parameter-parameter yang publikasikan oleh Atkinson dan Silva (2000). Simulasi gelombang dalam domain waktu dibuat dengan cara membangkitkan *white noise* sepanjang durasi dari riwayat waktu yang diperkirakan (Gambar 2a). *White noise* akan dibentuk dengan suatu pola selubung tertentu (Gambar 2b), dan ditransformasikan ke domain frekuensi (Gambar 2c). Selanjutnya, spektrum gelombang akan dinormalisir oleh akar kuadrat dari kuadrat rata-rata (*the square-root of the mean square*) nilai amplitudo spektrum (Gambar 2d). Spektrum yang dinormalisir tersebut lalu diskalakan dengan suatu spektrum gerakan tanah target (Gambar 2e). Hasil akhir adalah riwayat waktu yang didapatkan kembali dari transformasi spektrum dalam domain frekuensi ke domain waktu (Gambar 2f).

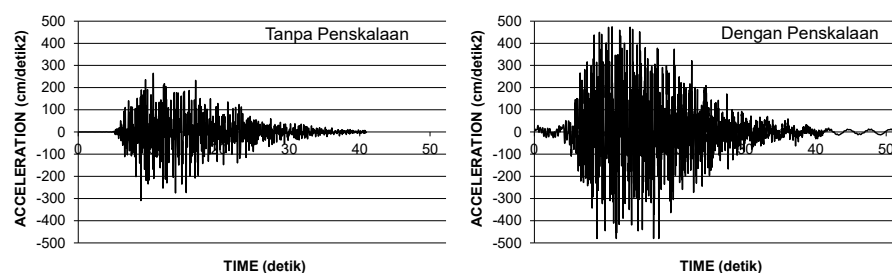


Gambar 2. Prosedur Pembuatan Riwayat Waktu Gerakan Tanah Berdasar Metoda Stokastik (Boore, 2003)

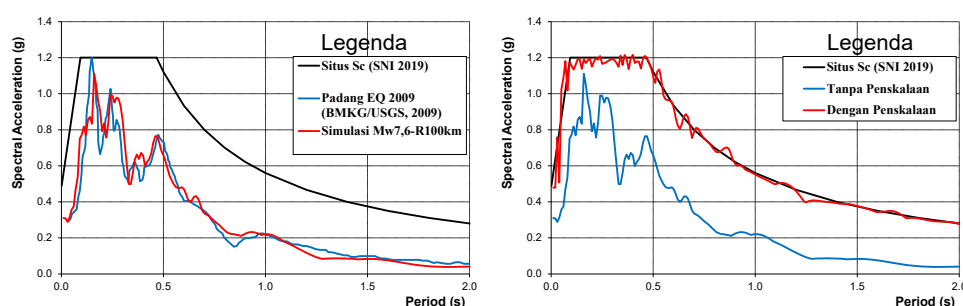
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Merujuk pada peta *hazard* gempa SNI 1726:2019 untuk kriteria desain umur bangunan 50 tahun dan nilai probabilitas terlampaui 2%, diperoleh nilai S_s , S_l , dan PGA untuk kota Padang adalah sebesar 0,6g, 1.5g, dan 0,6g. Sehingga parameter-parameter tersebut akan memberikan bentuk respons spektra percepatan desain untuk situs kelas S_c seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.

Hasil-hasil pengolahan dan penskalaan dari program *SMSIM* v2.3 yang berupa riwayat waktu percepatan gempa sintetik untuk kota Padang berdasarkan simulasi gempa skenario ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada Gambar 4a terlihat kemiripan bentuk respons spektrum percepatan hasil simulasi dengan karakter getaran gempa Padang September 2009. Selanjutnya, untuk mengakomodir beban gempa dengan amplitudo yang lebih besar maka modifikasi riwayat waktu percepatan gempa hasil simulasi tersebut akan diskalakan untuk memberikan respons spektra percepatan desain untuk kriteria umur bangunan 50 tahun dan nilai probabilitas terlampaui 2% seperti ditampilkan pada Gambar 4b. Dari gambar itu, ditunjukkan bahwa amplitudo dan bentuk respons spektrum percepatan desain dari SNI 1726:2019 akan didekati oleh respons struktur dari riwayat waktu percepatan gempa sintetik di semua titik periode spektral (T) yang ditampilkan. Hal ini dapat diselesaikan dengan melakukan teknik penskalaan pada kelompok titik periode spektral.



Gambar 3. Riwayat Waktu Percepatan Sintetik



Gambar 4. Respons Spektra Percepatan Hasil Simulasi Gempa Skenario (a) Sebelum Penskalaan, dan (b) Sesudah Penskalaan

4. KESIMPULAN

Studi ini menghasilkan data riwayat waktu percepatan digitasi sintetik untuk gempa Padang September 2009 dan data riwayat waktu percepatan gempa sintetik untuk situs kelas Sc menurut SNI 1726:2019 berdasarkan model numerik. Salah satu data riwayat waktu percepatan gempa sintetik tersebut dapat diaplikasikan sebagai beban gempa desain pada kota Padang untuk perencanaan bangunan gedung dengan kriteria umur bangunan 50 tahun dan nilai probabilitas terlampaui 2%.

Selubung respons spektra percepatan desain dari SNI 1726:2019 untuk situs kelas Sc terhadap kota Padang terlihat berada di atas selubung respons struktur dari simulasi yang dilakukan, sehingga dapat dikatakan cukup handal untuk merepresentasikan hasil simulasi pembebanan beban gempa yang telah diskenariokan pada studi.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, G. M., & Silva, W. (2000). Stochastic Modeling of California Ground Motions. *Bulletin of The Seismological Society of America*, 90, 255–274
- BMKG/USGS (2009). September 30, 2009 strong ground motion record from Padang, recorded by BMKG (<http://www.bmg.go.id/depan.bmkg>) and processed by the USGS.
- Boore, D. M. (2000). SMSIM – Fortran Programs for Simulating Ground Motions from Earthquakes: Version 2.0—A Revision of OFR 96-80-A, U.S. Geological Survey Open-File Report, OF 00-509, 55.
- Boore, D. M. (2003). Simulation of Ground Motion Using the Stochastic Method, *Pure and Applied Geophysics*, 160, 635–676
- EERI (2009). Learning from Earthquakes the Mw 7.6 Western Sumatra Earthquake of September 30, 2009. EERI Special Earthquake Report - December 2009, 12p.
- McCloskey, J., Lange, D., Tilmann, F., Nalbant, S.S., Bell, A.F., Natawidjaja, D.H., & Rietbrock, A. (2010). The September 2009 Padang Earthquake. *Nature Geoscience*, 3 (2), 70-71.
- Madrinovella, I., Widiyantoro, S., & Meilano, I. (2011). Relokasi Hiposenter Gempa Padang 30 September 2009 Menggunakan Metode Double Difference. *JTM*, 18(1)
- Standar Nasional Indonesia (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2019), Badan Standardisasi Nasional