

EVALUASI GEMPA DAERAH SULAWESI UTARA DENGAN STATISTIKA EKSTRIM TIPE – I

Julius E. Tenda

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado
email: juliustenda@gmail.com

ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu daerah di Indonesia dengan resiko gempa cukup tinggi. Berdasarkan pemetaan wilayah gempa di Indonesia, daerah Sulawesi Utara berada pada Wilayah Gempa 5 dengan kisaran kekuatan gempa adalah 6-7 Skala Richter. Kondisi geologi di kawasan Sulawesi Utara berada pada zona subduksi sehingga berpeluang untuk terjadinya gempa dengan kekuatan magnitude skala 8.

Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan Magnitude gempa dalam kurun waktu 50 tahun kedepan yang dilakukan dengan studi statistik yakni statistika ekstrim berdasarkan data gempa 20 tahunan (1980-1999) kemudian akan disesuaikan dengan peta wilayah gempa di Sulawesi Utara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada periode ulang 50 tahunan, Magnitude gempa adalah 6,97 Skala Richter.

Kondisi wilayah gempa di Sulawesi Utara masih berada pada wilayah 5 sebagai rujukan dari penelitian ini. Dalam melakukan peninjauan ulang kondisi suatu wilayah gempa perlu pengkajian lainnya terhadap struktur geologi dan laju frekuensi gempa serta ketersediaan data gempa yang lebih banyak.

Kata kunci: SR, Magnitude, N

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara di dunia dengan resiko gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena posisi Indonesia yang berada pada pertemuan empat lempeng utama dunia, yaitu Lempeng Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Philipina yang bergerak dengan kecepatan dan arah yang berbeda-beda. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut menimbulkan tekanan pada bidang kontak antar lempeng yang memancarkan gelombang yang dicatat dengan alat seismograf untuk mengetahui kekuatan gempa yang dinyatakan dengan Skala Richter (*Richter Magnitude*).

Berdasarkan data pencatatan gempa dan tingkat kerusakan yang terjadi pada suatu daerah, maka di Indonesia telah dibuatkan peta zona gempa yang disebut “Peta Wilayah Gempa” sebagai acuan standar dalam merencanakan suatu bangunan.

Di Indonesia telah dibagi dalam 6 wilayah gempa, dimana wilayah 6 merupakan daerah dengan resiko gempa paling tinggi, dan wilayah 1 merupakan daerah dengan resiko gempa terendah.

Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan terhadap gempa dengan zona gempa wilayah 5 yakni resiko gempa tinggi dengan magnitude 6-7 Skala Richter atau Intensitas VII-VIII skala MMI. Selanjutnya berdasarkan pengkajian beberapa peneliti sebelumnya bahwa Sulawesi Utara diklasifikasikan sebagai zona subduksi dengan maksimum skala Richter magnitude dapat terjadi hingga 8 Skala Richter.

Data gempa tahun 1980 s.d 1999 (20 tahun) dari BMKG Sulawesi Utara dijadikan data acuan untuk melakukan perkiraan “gempa rencana” pada periode ulang tertentu sehingga dapat memprediksi kondisi wilayah gempa sesuai peraturan dalam SNI 03-1726-2002. Metode perhitungan untuk maksud ini

dilakukan dengan perhitungan statistika ekstrim Tipe-I asimptotik.

TUJUAN PENULISAN

Menentukan gempa rencana dengan probabilitas 10% untuk kurun waktu 50 tahunan berdasarkan data gempa 20 tahun (1980-1999) sebagai evaluasi terhadap zona wilayah gempa di Sulawesi Utara.

STUDI PUSTAKA

Kondisi kegempaan di Indonesia dan Sulawesi Utara.

Kondisi lempeng untuk kepulauan Indonesia menerangkan bahwa wilayah ini merupakan tempat perbenturan 3 lempeng kerak bumi yakni Lempeng Eurasia-Asia Tenggara, Lempeng Samudera Pasifik-Lempeng Hindia Australia dan satu Lempeng mikro Philipina. Keadaan ini jarang terjadi di belahan bumi lainnya.

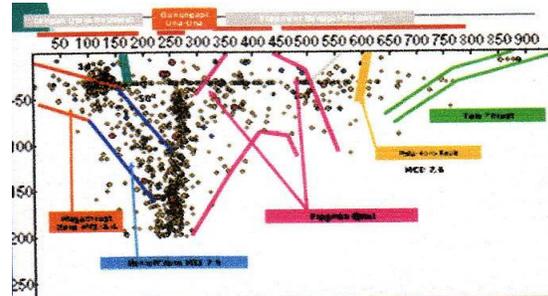
Secara umum sumber gempa bumi Indonesia dibagi menjadi 3 zona sumber gempa bumi:

1. Zona sumber gempa bumi subduksi
2. Zona sumber gempa bumi sesar/patahan
3. Zona sumber gempa bumi tersebar

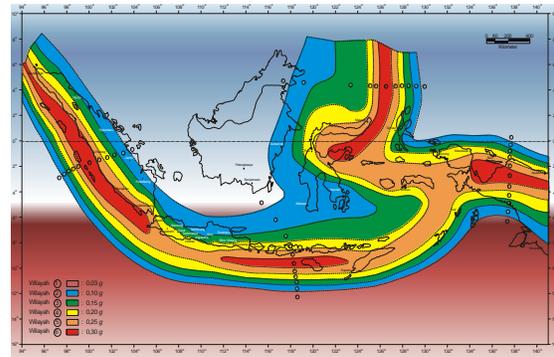
Sulawesi Utara diklasifikasikan sebagai daerah dengan zona sumber gempa bumi subduksi dengan magnitudo maksimum adalah 8 Skala Richter (Firmansjah dan Irsyam,1999) dimana gempa zona subduksi terjadi sebagai akibat dari pergerakan dua lempeng tektonik dimana salah satu lempeng bergerak menunjam secara tegak lurus atau menyerong terhadap palung pemisah dari kedua lempeng yang bertumbukkan.

Hamilton (1979) dan Katili (1975) menginterpretasikan bahwa parit dan lengan Sulawesi Utara sebagai daerah hunjaman pertemuan antara cekungan Sulawesi dan lengan Sulawesi Utara. Selanjutnya Hamilton

melaporkan bahwa hunjaman ini dari barat sampai ke timur merupakan daerah yang aktif gempa, sementara Katili menyatakan bahwa dibagian barat merupakan daerah yang aktif.



Gambar 1. Zona subduksi sumber gempa Sulawesi Utara



Gambar 2. Peta Wilayah Gempa Indonesia

Zonasi gempa bumi Indonesia berdasarkan analisis probabilistik bahaya gempa bumi bahwa wilayah Indonesia ditetapkan menjadi 6 wilayah gempa (Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung SNI 03-1726-2002) dimana wilayah gempa 6 merupakan kegempaan paling tinggi dan wilayah 1 merupakan kegempaan paling rendah.

Dari Gambar 2 dinyatakan bahwa Sulawesi Utara berada pada kondisi Wilayah 5 dimana menurut SNI 03-2847-2002 menyatakan bahwa wilayah 5 dan 6 merupakan tingkat resiko gempa tinggi. Menurut pengelompokan

kekuatan gempa ini, wilayah gempa 5 berada pada kisaran 5-7 Skala Richter.

Parameter-parameter gempa sangat diperlukan untuk mendapatkan informasi gempa yang mungkin terjadi akibat gerakan patahan di suatu daerah dalam suatu kurun waktu tertentu sehingga memberikan gambaran potensi gempa dimasa datang.

Ada tiga langkah dasar yang perlu dilakukan dalam mengkarakterisasi sumber yakni :

- 1) identifikasi struktur geologi secara regional,
- 2) menentukan ukuran maksimum dari gempa yang akan datang dan
- 3) mengestimasi laju frekuensi gempa untuk bermacam-macam magnitude dari masing-masing sumber.

Statistika Ekstrim

Suatu hal penting dari masalah probabilitas adalah yang menyangkut nilai-nilai ekstrim dari suatu variable acak yaitu, nilai-nilai "terbesar" dan/atau "terkecil" dari variable acak. Secara statistik, ini berkaitan dengan nilai-nilai maksimum dan minimum dari serangkaian pengamatan. Dibayangkan jika serangkaian pengamatan (sampel dengan ukuran) diulang, nilai maksimum dan minimum lainnya akan diperoleh, dengan demikian, nilai terbesar dan terkecil yang mungkin terdiri dari populasi itu sendiri.

Beberapa hal penting sehubungan dengan data nilai ekstrim adalah masalah peramalan masa depan yang diamati sebelumnya; secara realistis, perkiraan tersebut harus dinyatakan dalam bentuk probabilitas. Masalah tersebut dapat memiliki implikasi dalam beberapa bidang aplikasi rekayasa, termasuk peramalan bahaya alam yang ekstrim. Seperti yang kita amati, kemungkinan mengatasi hal tersebut dapat secara independen dari fungsi probabilitas distribusi, yaitu distribusi bebas. Misalkan ada n pengamatan (x_1, x_2, \dots, X_n) dari catatan masa lalu, dalam peramalan, kita mungkin ingin mengetahui probabilitas bahwa terbesar di antara pengamatan sebelumnya n akan terlampaui di N pengamatan masa depan.

Fungsi distribusi dari pengamatan sebelumnya serta distribusi dari pengamatan masa depan yang tersedia, dalam hal ini misalnya, distribusi kekuatan/magnitude gempa maksimum tahunan adalah jenis ekstrim.

Persamaan Tipe-I asimtotik untuk "nilai disain" probabilitas terbesar dalam pengamatan N tahun kedepan adalah

$$x_N(p) = y_N + \frac{1}{\alpha} \left[\ln \left(\frac{N}{np} \right) \right]$$

Untuk mendapatkan parameter-parameter diatas dilakukan penentuan model distribusi secara empiris dengan kertas probabilitas Gumbel dimana dengan metode ini menyatakan bahwa jika kumpulan data digambarkan pada kertas probabilitas dan apabila titik-titik data yang digambarkan cenderung menghasilkan grafik linear atau mendekati linear, maka garis lurus yang melalui titik-titik data ini akan menyatakan distribusi normal kemudian nilai rata-rata dan deviasi standar dari data yang mendasarinya juga dapat ditentukan.

Dengan prosedur diatas, kertas probabilitas dapat dibuat untuk Tipe-I distribusi asimtotik dalam hal ini variant standar untuk nilai terbesar (*Largest*) adalah:

$$s = \alpha_n(x_n - u_n)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. DATA GEMPA BUMI (Skala Richter Magnitude) DI SULAWESI UTARA TAHUN 1980 S/D 1999

NO	THN	JUMLAH KEJADIAN GEMPA	MAGNITUDE MAXIMUM
1	1980	1	5,5
2	1981	2	5,1
3	1982	5	5,4
4	1983	3	5,8
5	1984	4	6,6
6	1985	2	6,5

7	1986	4	6,5
8	1990	21	5,8
9	1991	11	6,1
10	1992	26	6,6
11	1993	27	6,3
12	1994	14	5,9
13	1995	12	6,2
14	1996	11	6,3
15	1997	12	6,3
16	1998	15	6,4
17	1999	17	6,2
		187	

Tabel 2. Descriptive Statistic

Mean	6,09
Median	6,20
Standard Deviation	0,44
Minimum	5,10
Maximum	6,60

Tabel 3. Penentuan parameter gempa dengan kertas probabilitas normal

m	Skala Richter Magnitude, X_n	$m/(N + 1)$
1	5,1	0,05556
2	5,4	0,11111
3	5,5	0,16667
4	5,8	0,22222
5	5,8	0,27778
6	5,9	0,33333
7	6,1	0,38889
8	6,2	0,44444
9	6,2	0,50000
10	6,3	0,55556
11	6,3	0,61111
12	6,3	0,66667
13	6,4	0,72222
14	6,5	0,77778
15	6,5	0,83333
16	6,6	0,88889
17	6,6	0,94444

$$\begin{aligned}
 u_n &= && 6,09 \\
 x_n &= && 7 \\
 s &= && 3,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1/\alpha_n &= && (x_n - u_n)/s \\
 1/\alpha_n &= && 0,26 \\
 \alpha_n &= && 3,84
 \end{aligned}$$

Disain Gempa

$$x_N(p) = y_N + \frac{1}{\alpha} \left[\ln \left(\frac{N}{np} \right) \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 y_N &= \text{Magnitude Rata-rata} && = 6,09 \\
 \alpha &= \text{Standar Deviasi} && = 3,84 \\
 p &= \text{Probabilitas} && = 10 \% \\
 n &= \text{Jumlah data} && = 17 \\
 N &= \text{Tahun pengamatan} && = 50
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Pengamatan

N (Tahun)	$x_N(p)$	Wilayah Gempa
50	6,97	5

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh menyatakan bahwa magnitudo gempa pada periode ulang 50 tahunan berdasarkan data gempa 20 tahun (1980-1999) adalah 6,97 Skala Richter. Hal ini menunjukkan bahwa di Sulawesi Utara masih dalam kondisi Wilayah Gempa 5 sesuai peraturan SNI 03-1726-2002.

Saran

- Sesungguhnya peristiwa gempa sulit ditentukan secara pasti kapan, dimana dan berapa besarnya akan terjadi, tetapi kita berusaha dengan konsep tertentu sebagai alasan untuk pengkajian atau meramalkan akan hal itu. Jadi mungkin saja metode lain perlu dilakukan misalnya penelitian tentang masalah geologi atau juga analisa pergerakan lempeng dan lain sebagainya.
- Apabila ada faktor-faktor lain yang menyebabkan terjadinya gempa ≥ 7 Skala Richter kurang dari kurun waktu yang

didapat dari hasil ini, hal tersebut sangatlah wajar karena data yang dijadikan rujukan dalam pengujian ini hanyalah 20 tahunan yang mungkin lebih akurat bila digunakan data kejadian gempa yang lebih banyak

DAFTAR PUSTAKA

- Ang A.H.S., Tang W.H. 1992. Konsep-konsep Probabilitas dalam Perencanaan dan Perancangan Rekayasa – Prinsip-prinsip dasar, Jilid I Alih Bahasa DR. Ir. Binsar Hariandja, M.Eng, Institut Teknologi Bandung.
- Ang A.H.S., Tang W.H : *Probablity Concepts in Engineering Planning and Design, Volume II Decision, Risk and Reliability*
- Boen Teddy., 1996. Bencana Gempa Bumi, Jakarta.
- Firmansjah Jody, Masyhur Irsyam, 1999. *Development Of Seismic Hazard Map for Indonesia*, Materi Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan, ITB Bandung.
- Kertapati E, 2010a. Pemahaman Gempa Bumi dan Kegempaan di Indonesia, Materi Teknologi Bangunan Tahan Gempa, Kementerian Pekerjaan Umum – BPKSDM – Pusbiktekk, Yogyakarta.
- Kertapati E, 2010b. Sumber Gempa Bumi di Indonesia, Materi Teknologi Bangunan Tahan Gempa, Kementerian Pekerjaan Umum – BPKSDM – Pusbiktekk, Yogyakarta.
- SNI 03–1726–2002 : Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung; Badan Standardisasi Nasional
- SNI 03–2847–2002 ; Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung; Badan Standardisasi Nasional