

INFRASTRUKTUR

KONDISI SEISMISITAS DAN DAMPAKNYA UNTUK KOTA PALU

Seismicity Conditions and Impact For Palu City

Sriyati Ramadhani

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118,

Email : sriyatiramadhani@yahoo.com

ABSTRACT

Earthquake disaster are one of few disaster can destroyed many infrastructures and human loss, can help we to study characteristics of quake as natural laboratory for disaster mitigation. Civil engineering specially have been relationship with earthquake disaster, because more than 70% Indonesia region lies in vulnerable earthquake disaster hazard. The frequency and intensity increase every year, so civil engineering building to load with more dynamic and cyclic loads. Palu City in one decade (1905-2005) based on valid report have been earthquakes attack more than ten time earthquake with 4,5 SR or more. Topography, geology and seismology conditions of Palu City are vulnerable to hazardous earthquakes disaster with secondary effect e. i : tsunami, liquefaction, landslide, etc likely in May 20th 1938 with 7,6 SR earthquake, where their shock all of Sulawesi Island. To study, analysis and estimation many factors of vulnerable seismology conditions of Palu City, we must to provide actions plans strategy and mitigation steps to reduction of hazardous of infrastructures and human loss. Government, NGO, private sector, society and else components be must get be ready and joint to reduction effect of disaster. University and engineering practice make recommendation and research study in earthquake field so mitigations strategy can be effective and efficient

Keywords : seismicity, mitigation, risk decrease

ABSTRAK

Bencana gempa disamping merupakan fenomena alam siklus yang merusak dan merugikan juga merupakan laboratorium alam yang bermanfaat yaitu untuk mempelajari karakteristik gempa dalam upaya mitigasi bencana. Para ahli teknik sipil terutama di Indonesia mempunyai keterkaitan yang mendasar terhadap bencana gempa, terutama karena hampir 70% wilayah Indonesia berada pada daerah rawan bencana gempa dengan intensitas dan frekuensi yang terus meningkat sehingga semua bangunan rekayasa sipil akan mengalami pembebanan dinamik dan siklik pada saat terjadi gempa. Kota Palu dan sekitarnya dalam kurun waktu satu abad (1905-2005) berdasarkan catatan telah terlanda gempa dengan magnitude > 4,5 SR lebih dari 10 (sepuluh) kejadian, berdasarkan kondisi topografi, geologi dan seismologi wilayah Kota Palu sangat potensial mengalami kerusakan akibat gempa termasuk bencana sekunder (tsunami, likuifaksi dan longsoran tebing) seperti pernah terjadi pada tanggal 20 Mei 1938 yaitu gempa dengan magnitudo 7,6 SR yang getarannya terasa di seluruh pulau Sulawesi. Mempelajari, menganalisa dan mengestimasi semua faktor pendukung dan potensi bencana yang sedemikian besarnya, maka tidak ada pilihan lain untuk segera melakukan segala upaya untuk memberdayakan semua komponen masyarakat, termasuk kalangan akademisi untuk memberikan pemikiran, rekomendasi dan tindak nyata agar sebelum, pada saat dan setelah terjadi bencana gempa lebih siap secara psikis dan fisik untuk mengurangi dampak bencana tersebut.

Kata Kunci : seismisitas, mitigasi, pengurangan resiko

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Bencana gempa disamping merupakan fenomena alam siklus yang merusak dan merugikan juga merupakan laboratorium alam yang bermanfaat yaitu untuk mempelajari karakteristik gempa dalam upaya mitigasi bencana. Para ahli teknik sipil terutama di Indonesia mempunyai keterkaitan yang mendasar terhadap bencana gempa, terutama karena hampir 70% wilayah Indonesia berada pada daerah rawan bencana gempa dengan intensitas dan frekuensi yang terus meningkat sehingga semua bangunan rekayasa sipil akan mengalami

pembebanan dinamik dan siklik pada saat terjadi gempa. Kota Palu dan sekitarnya dalam kurun waktu satu abad (1905-2005) berdasarkan catatan telah terlanda gempa dengan magnitude > 4,5 SR lebih dari 10 (sepuluh) kejadian, berdasarkan kondisi topografi, geologi dan seismologi wilayah Kota Palu sangat potensial mengalami kerusakan akibat gempa termasuk bencana sekunder (tsunami, likuifaksi dan longsoran tebing) seperti pernah terjadi pada tanggal 20 Mei 1938.

Mempelajari, menganalisa dan mengestimasi semua faktor pendukung dan potensi bencana yang sedemikian besarnya, maka tidak ada pilihan lain

untuk segera melakukan segala upaya untuk memberdayakan semua komponen masyarakat, termasuk kalangan akademisi untuk memberikan pemikiran, rekomendasi dan tindak nyata agar sebelum, pada saat dan setelah terjadi bencana gempa lebih siap secara psikis dan fisik untuk mengurangi dampak bencana tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan kegiatan yang meliputi :

- Pembuatan mikrozonasi Kota Palu dan sekitarnya terhadap potensi bahaya sekunder gempa yaitu : tsunami, liquifaksi dan longsoran tebing. Peta dasar ini akan dikorelasikan dengan demografi penduduk dan sarana vital kehidupan (lifelines) sehingga dapat diestimasi resiko kerusakan yang merupakan fungsi dari tingkat kerusakan dan kerentanan.
- Membuat prototipe tsunami yang melanda suatu kawasan pesisir pantai dan upaya mitigasi yang mungkin dilakukan. Letak Kota Palu dan Kota Donggala di sekitar Teluk Palu dan berhadapan dengan Selat Makassar yang diprediksi merupakan zona extrusion (dua lempeng saling menjauh) potensial sebagai pemicu tsunami. Topografi Lembah Palu dengan kemiringan yang besar dan potensial terjadi longsoran besar sebagai pemicu terjadinya tsunami.

b. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan antara lain :

- Mengestimasi besaran percepatan maksimum tanah dasar yang akan dipakai sebagai standar dasar menentukan tingkat kerusakan bangunan akibat gempa di Sesar Palu-Koro yang merupakan zona tipe transform.
- Membuat mikrozonasi daerah potensial yang akan mengalami kerusakan sekunder akibat gempa yaitu : longsoran tebing, likuifaksi dan tsunami di daerah Kota Palu dan sekitarnya.
- Melakukan upaya mitigasi terhadap bangunan yang rawan mengalami kerusakan pasca gempa dengan metode isolator dasar (base isolator), perkuatan bangunan yang belum didesain tahan gempa.
- Melakukan upaya mitigasi bencana terhadap bangunan yang potensial rusak terhadap bencana tsunami, longsoran tebing dan liquifaksi.

Setelah penelitian dilaksanakan nantinya akan diperoleh hasil-hasil yang dapat dimanfaatkan oleh pihak yang berkepentingan antara lain :

- Peta-peta daerah potensi longsoran, likuifaksi dan tsunami yang di gabungkan dengan kondisi

distribusi penduduk, sarana vital kehidupan (lifelines) berupa jaringan jalan, jaringan air bersih, telekomunikasi, listrik dan lainnya wilayah Kota Palu dan sekitarnya.

- Rekomendasi tentang syarat-syarat pembangunan perumahan massal yang aman terhadap bencana alam, pemberdayaan masyarakat dan manajemen bencana

METODE PENELITIAN

Dua dekade terakhir pada kejadian dan kerusakan bangunan akibat gempa di Wilayah Indonesia (Gempa Tarutung 1987, Gorontalo 1992, Maumere 1992, Banyuwangi 1994, Sausu-Donggala 1995, Biak 1996, Blitar 1998, Bengkulu 2000, Luwuk-Banggai 2000, Bali-Lombok 2004, Alor 2004, Nabire 2004, Aceh-Sumut 2004, Palu-Donggala 2005, Nias 2005, Garut 2005, Bengkulu 2005 dan Padang 2005), menunjukkan bangunan yang dominan mengalami kerusakan adalah bangunan penduduk (*non-engineered structures*).

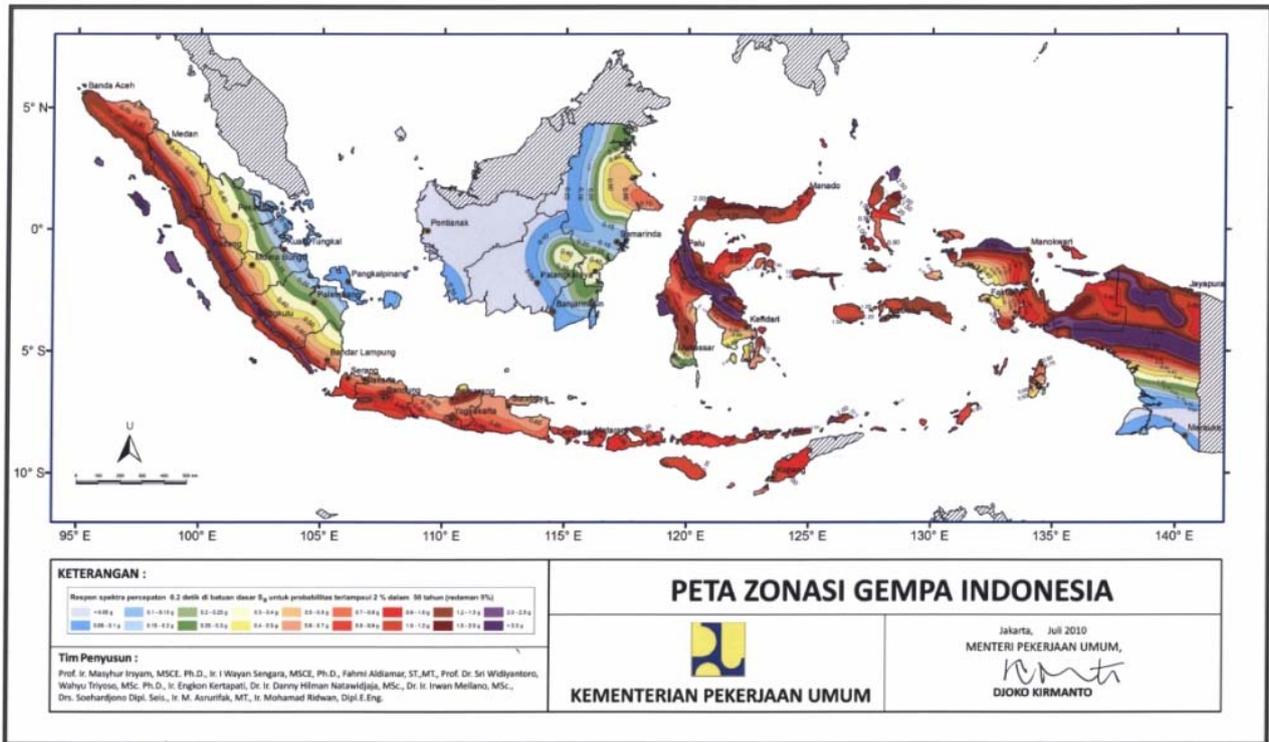
Kenyataannya peraturan tentang perencanaan rumah dan gedung di wilayah rawan gempa masih memiliki kekurangan antara lain : peta zona gempa sudah tidak merepresentif terhadap intensitas dan frekuensi kegempaan untuk saat ini dan kurang memperhitungkan kondisi geologi dan geoteknik tanah dasar setempat, akibatnya saat gempa melanda suatu daerah, banyak korban jiwa dan harta benda. Daerah Sulawesi Tengah merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan resiko gempa yang tinggi. Dilihat dari segi geoteknik, peraturan perencanaan tahan gempa untuk rumah dan gedung belum sepenuhnya memperhatikan aspek geologi dan seismologi. Bangunan belum didesain berdasarkan kondisi tanah setempat dan catatan gempa terbaru.

Menjamin keamanan bangunan ada 2 (dua) aspek yang perlu diperhatikan meliputi aspek struktur bangunan dan aspek geoteknik yang terdiri atas mekanisme patahan, pengaruh seismik, atenuasi perambatan gelombang gempa, percepatan permukaan tanah dan kondisi tanah setempat. Mitigasi adalah upaya untuk mencegah dampak kerusakan serta mengurangi kerusakan lebih parah yang ditimbulkan oleh suatu bencana, yang mana program mitigasi meliputi kegiatan : penelitain lengkap tentang sumber-sumber bencana, kajian resiko dan pemetaan daerah bencana, perlindungan daerah-daerah yang rawan bencana, pelatihan dan sosialisasi program mitigasi bencana serta menyediakan sistem perundangan-undangan untuk dijadikan dasar hukum dalam penerapan program tersebut. Bencana merupakan suatu siklus maka

manajemen bencana merupakan suatu siklus yang terprogram secara kontinyu dan berkesinambungan dan bukan bersifat temporal belaka.

Sumber gempa yang diidentifikasi adalah yang potensial yang dapat menimbulkan gerakan permukaan di daerah tersebut dan bersifat spesifik. Zona sumber gempa digunakan identifikasi geologi, geodesi, geofisik dan seismologi.

Kota Palu setelah dilakukannya revisi peta zona gempa Indonesia tahun 2010, ternyata resiko gempa yang terjadi di wilayah ini semakin besar frekuensi dan intensitasnya, hal ini mengharuskan semua pihak yang terlibat dalam usaha pengurangan resiko bencana gempa dan dampaknya harus menyiapkan diri sejak saat ini.



Gambar 1. Peta zonasi gempa Indonesia

Gempa kerak dangkal (*shallow crustal earthquakes*) seperti pada Sesar Palu-Koro, merupakan gempa tipe zona perubahan (*transform zones*). Tipe gempa jenis ini berbeda dengan zona tumbukan (*collision zone*) dan zone penujaman (*subduction zone*). Tabel 1. memperlihatkan klasifikasi zone, daerah sumber dan magnitudo maksimum untuk wikayah Indonesia.

Zona sumber gempa yang mempengaruhi peristiwa kegempaan di Kota Palu dan sekitarnya adalah : Sesar Palu-Koro, Sesar Matano, subduksi Sulawesi Utara, Sesar Majene-Bulukumba, Zona Difusi Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah dan Timur

Gempa kerak dangkal (*shallow crustal earthquakes*) seperti pada Sesar Palu-Koro, merupakan gempa tipe zona perubahan (*transform zones*). Tipe gempa jenis ini berbeda dengan zona tumbukan (*collision zone*) dan zone penujaman (*subduction zone*). Tabel 1. memperlihatkan

klasifikasi zone, daerah sumber dan magnitudo maksimum untuk wikayah Indonesia.

Zona sumber gempa yang mempengaruhi peristiwa kegempaan di Kota Palu dan sekitarnya adalah : Sesar Palu-Koro, Sesar Matano, subduksi Sulawesi Utara, Sesar Majene-Bulukumba, Zona Difusi Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah dan Timur



Gambar 2. Peta analisa Gempa Bora, 24 Januari 2005

Tabel 1. Klasifikasi zone gempa di Indonesia (Firhansyah, J., Irsyam, M, 1999)

Klasifikasi zona	Sumber gempa	Magnitudo Maks
Zona Subduksi	Sumatera	8,5
	Jawa	8,2
	Banda	8,5
	Seram	8,4
	Irian Jaya Utara	8,4
	Halmahera	8,5
	Sangir Talaud	8,5
	Sulawesi Utara	8,0
	Molluca Passage	8,5
	Zona Transform	Sesar Sumatera
Sukabumi		7,6
Baribis		6,0
Lasem		6,0
Majene-Bulukumba		6,5
Palu-Koro		7,6

Sambungan Tabel 1.

Zona Transform	Matano	7,6
	Sorong	7,6
	Ransiki Lengguru	6,5
	Yapen-Mambaremo	7,6
Zona Gempa Difusi	Tarera-Aeduna	6,5
	Busur Flores	7,0
	Kalimantan Timur	6,0
	Sulawesi Selatan	6,0
	Sulawesi Timur	6,0
	Sulawesi Tenggara	6,0
	Sulawesi Tengah	6,5
	Halmahera Selatan	7,0
	Banda Tengah	8,0
	Aru	6,0
Salawati-Bintuni	6,0	
Irian Jaya Tengah	8,5	

Data-data kejadian gempa di Kota Palu dan sekitarnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kejadian gempa sekitar Kota Palu

Tanggal	Epicenter	Magnitudo	Kedalaman	Keterangan
30 Juli 1907	Lemo	-	-	-
1 Desember 1927	0,5 LS – 122,5 BT (Teluk Palu)	-	-	Tsunami 15 m Likuifaksi 12 m Panjang 1,2 km
30 Januari 1930	Donggala	-	-	Tsunami 2 m
20 Mei 1938	0,5 LS–125,3 BT	7,6 SR	33 km	Seluruh Sulawesi dan
14 Agustus 1968	0,7 LU – 119,8 BT (Selat Makassar)	6,0 SR	23 km	Likuifaksi di Kambayang (Sabang)
22 Agustus 1982	0,07 LU – 121,08 BT	4,5 SR	33 km	Sebuah Pulau Kecil
25 Oktober 1983	1,13 LU – 120,86 BT	5,8 SR	33 km	-
2 Januari 1994	Teluk Tomini	5,9 SR	33 km	Sausu, Parigi
14 Desember 1996	0,60 LU–119,92 BT	7,0 SR	39 km	Palu, Donggala dan Toli-Toli
11 Oktober 1998		6,1 SR	Normal	Palu dan Donggala
20 Juni 2000	Banggai Kepulauan	6,2 SR	36 km	Bangkep, Luwuk, Poso, Palu
Agustus 2002	1,0 LS–121,05BT (Teluk Tomini)	5,8 SR	60 km	Gempa Tojo Air laut surut 100-200 m
24 Januari 2005	Bora-Palolo	6,2 SR	33 km	Palu, Donggala, Parimo, Pantai Barat

Sesar Palu-Koro dimulai dari Kutai dan Tarakan, Kalimantan Timur. Melintasi Selat Makassar dengan arah barat laut-tenggara, seterusnya melewati bagian Wilayah Kota Palu melewati perbatasan Sulawesi Selatan-Tenggara disebelah timur pulau-pulau di Sulawesi Tenggara dan akhirnya berujung di bagian utara Laut Flores

Berdasarkan tabel 2. diperoleh beberapa data penting yaitu :

- Magnitude maksimum yang pernah tercatat adalah 7,6 Skala Richter
- Teluk Palu dan sekitarnya merupakan daerah rawan tsunami

- Intensitas dan frekuensi gempa untuk Kota Palu dan sekitarnya cukup tinggi
- Tipe gempa termasuk tipe kerak dangkal (shallow crustal earthquakes)

- Menggunakan persamaan dari OBRIEN dan dipetakan dalam bentuk batrimetri diperoleh percepatan tanah dasar sekitar **800 gal**. Peta batimetri dapat dilihat pada Gambar 2. berikut

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Gempa di Kota Palu dan Sekitarnya

Karakteristik suatu gempa meliputi : magnitudo gempa, energi yang terlepas, durasi/lama gempa dan percepatan permukaan tanah. Setiap gempa memiliki karakteristik tersendiri. Data-data awal dari stasiun pencatat gempa pada saat terjadi gempa umumnya diperoleh data berikut : magnitudo gempa, durasi/lama gempa dan jarak ipesenter. Berdasarkan rumusan dari Dinamika Tanah dan Rekayasa Gempa akan dihitung parameter-parameter yang belum diberikan oleh stasiun pencatat gempa. Rekayasa teknik sipil membutuhkan data kegempaan yang paling penting berupa percepatan maksimum permukaan tanah yang merupakan dasar standar untuk menentukan koefisien C yang merupakan rasio percepatan tanah dasar terhadap percepatan gravitasi ($C = a/g$).

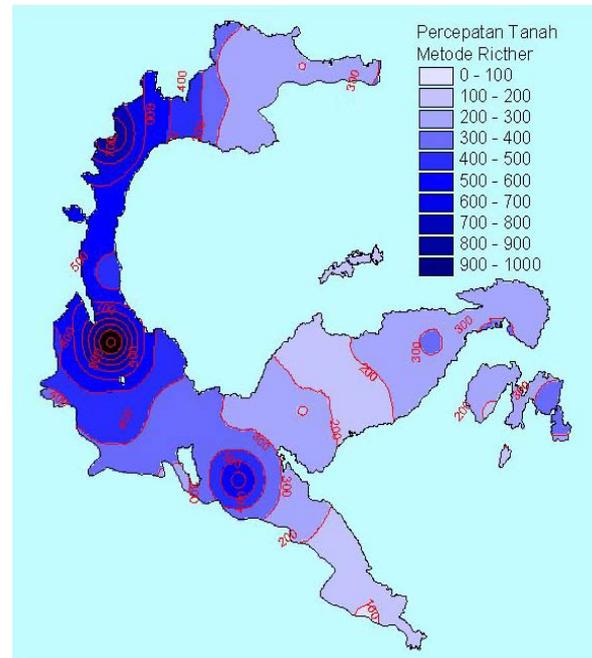
Beberapa nilai perkiraan telah diajukan oleh para peneliti untuk menentukan nilai percepatan tanah antara lain :

- Sengara, I W., Engkon K. dan Khrisna S., 2004, mengestimasi nilai percapatan maksimum tanah dasar (*peak base acceleration*) seperti tabel 3. berikut :

Tabel 3. Percepatan maksimum tanah dasar untuk perode ulang 500 tahun.

Kota	Peak Base Acceleration (PBA), gal.
Bengkulu	350 – 400
Palu	250 – 300
Denpasar	250 - 300

- Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKORSURTANAL), mengestimasi percepatan maksimum tanah dasas sebesar **350 gal**. Menggunakan stasiun tetap berbasis *Geo Position System (GPS)*. Pergerakan Sesar Palu-Koro pada tahun pengamatan tahun 2002-2003 sekitar 22 mm/tahun.
- Wiratman W., mengestimasi besarnya percepatan maksimum tanah dasar sekitar **275 gal**. Nilai ini merupakan daerah gempa 5, yang dipakai dalam pembagian zona gempa dasar untuk SNI – 2002.



Gambar 3. Batimetri percepatan tanah maksimum daerah Sulawesi Tengah

- Keempat estimasi yang dikemukakan di atas bisa dicari trendnya yaitu pada nilai antara 250 – 350 gal. Nilai ini bisa dijadikan acuan untuk menentukan nilai C yaitu sekitar 0,300.g.

b. Kondisi Geologi dan Potensi Bahaya Akibat Gempa di Kota Palu

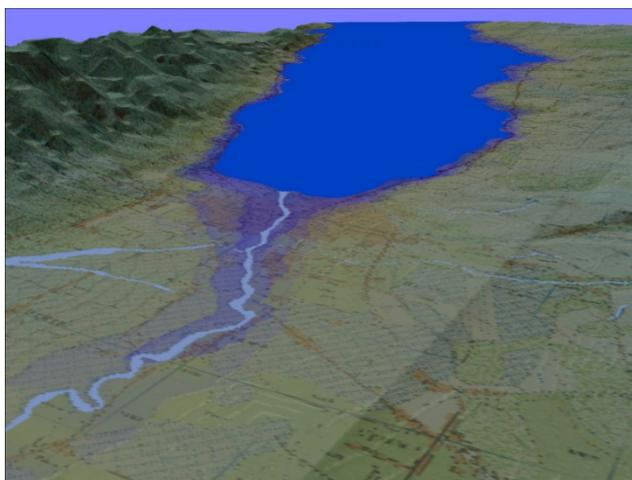
Pengamatan citra satelit dengan remote sensing method (Zeffitni dan Arody T., 2004) terdapat endapan aluvial berupa lumpur, pasir, kerikil dan batu gamping koral. Bagian timur terdapat satuan batuan Molasa Celebes Sarasin terdiri dari konglomerat, batu pasir, batu lumpur, batu koral dan napal dan sebelah barat batuan granit dan granidiorit serta satuan batuan dari Formasi Tinombo Ahlbrug (1913) yang terdiri dari serpih, batu pasir, konglomerat, batuan vulkanik, batu gamping dan rijang, analisi topografi menunjukkan adanya intrusi dari sungai dan danau

Topografi Lembah Palu dan sekitarnya pada ketinggian 0,00 - 500 m dari muka laut. Wilayah sebelah barat potensial mengalami longsoran tebing, wilayah pesisir pantai dan tepian Sungai Palu merupakan daerah rawan bencana likuifaksi dan tsunami



Sesarpalukorosegmenpalu.shp
 Sesar diperkirakan
 Sesar naik / turun / slip
 Geologilemparpalu.shp
 Endapan kipas aluvium muda
 Endapan kipas aluvium tua
 Endapan pantai
 Endapan rombakan
 Endapan sungai, limbah banjir dan alur sungai purba
 Granit dan granodiorit
 Granit genesan, diorit genesan, gneiss, schist, kompleks gumbasa
 Sekis, sekis amphibolit, mika, gneiss dan pualam

Gambar 4. Kondisi goeologi Lembah Palu dan Sekitarnya



Gambar 5. Model run-up tsunami di wilayah Teluk Palu

Klasifikasi tanah dasar di daerah rawan gempa seperti Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Klasifikasi tanah dasar

Klasifikasi Tanah	Deskripsi Tanah	N - SPT	S _u (kPa)
S ₁	Batuan	> 50	-
S ₂	Tanah Keras	> 50	> 150
S ₃	Tanah Sedang	15 < N ≤ 50	75 < s _u ≤ 150
S ₄	Tanah Lunak	< 15	< 75

Klasifikasi suatu lapisan tanah memiliki sifat-sifat dinamik tanah yang spesifik pada saat terjadi gempa yang bisa ditentukan dengan rumus-rumus empiris dan korelasi-korelasi yang ada. Data yang diperoleh untuk menentukan amplifikasi peak base acceleration (PBA) ke permukaan tanah

c. Analisa Parameter Gempa untuk Mikrozonasi dan Mitigasi Bencana

Penentuan percepatan tanah maksimum, data yang dibutuhkan:

- Magnitude maksimum (7,6 SR), untuk **Sesar Palu-Koro**
- Kedalaman dominan (33 km), gempa kerak dangkal
- Jarak episenter terdekat (20 km), Gempa Bora
- Durasi/lama gempa sekitar 2 menit (120 detik).

Persamaan yang sering dipakai :

- 1). Penentuan magnitude dengan Skala Richter terbagi atas : magnitude lokal (SR) magnitude gelombang permukaan (*surface wave*), (M) dan magnitude gelombang badan (*body wave*), (m) yang memiliki korelasi sbb :

$$m = 1,70 + 0,79. SR. (1)$$

$$m = 0,56.M + 2,90 (2)$$

- 2). Energi (E) yang terlepas di pusat gempa akibat deformasi lempeng:

Gutenberg-Richter (1956)

$$\text{Log } E = 11,4 + 1,5.M \tag{3}$$

Bath (1966)

$$\text{Log } E = 12,24 + 1,44.M \tag{4}$$

Newmark (1971)

$$\text{Log } E = 11,8 - 1,5.M \tag{5}$$

- 3). Durasi/lama gempa
- Housner (1965)

$$\text{Log } t = 11,6.M - 52 \tag{6}$$

Donovan (1970)

$$\text{Log } t = 4 + (M - 5) 11 \tag{7}$$

Gutenberg, Richter dan Kobayasi (1973)

$$\text{Log } t = 0,25.M - 0,7 \tag{8}$$

- 4). Percepatan permukaan tanah
- Donovan (1970)

$$a = 1080.e^{0,5.m} / (t + 25)^{1,32} \tag{9}$$

Esteva (1972)

$$a = 5600 \cdot e^{0,8m} / (t + 40)^2 \quad (10)$$

d. Potensi tsunami di Teluk Palu dan Sekitarnya

Tsunami berasal dari Bahasa Jepang yaitu Tsu berarti pelabuhan dan Nami berarti gelombang, tsunami diartikan gelombang laut pelabuhan. Tsunami ditimbulkan oleh gempa tipe dip-slip atau reverse dip-slip di dasar laut dengan magnitude $\geq 6,0$ SR, gunung berapi di dasar laut atau longsoran tebing.

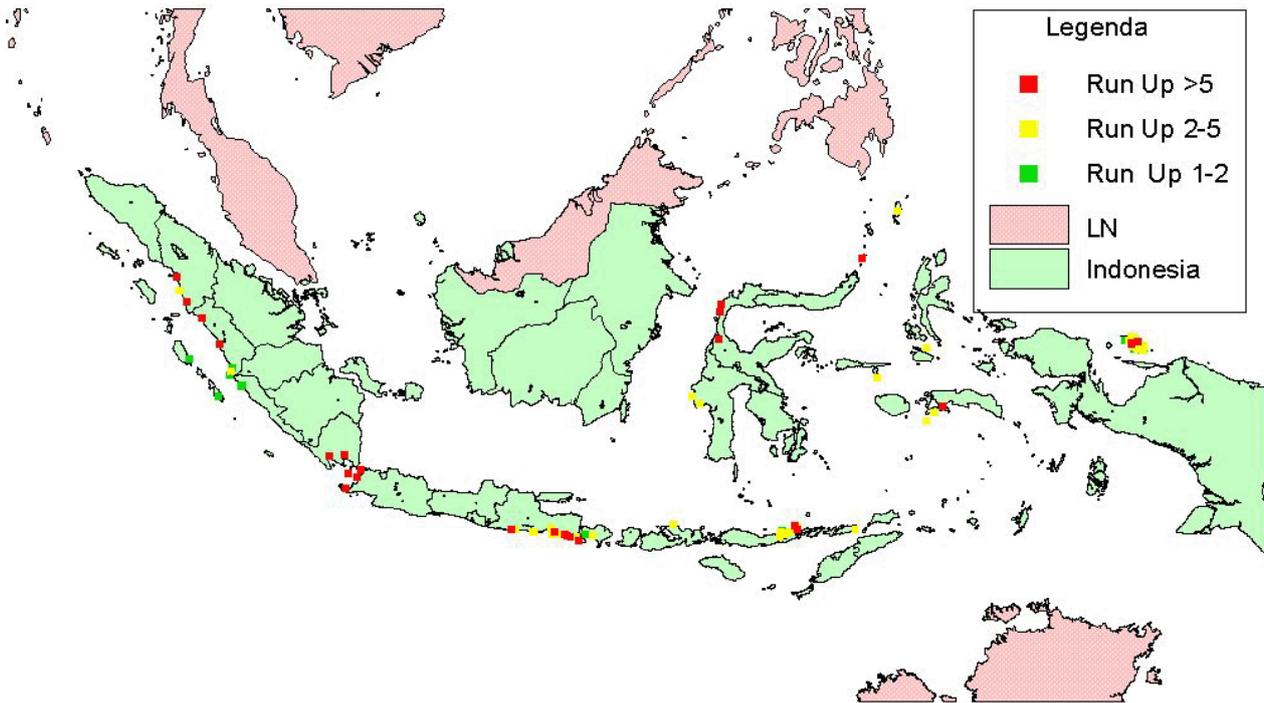
Kecepatan gelombang tsunami tergantung dari kedalaman laut sebagai berikut:

$$V = \sqrt{g \cdot h} \quad (11)$$

Keterangan:

- V = kecepatan gelombang tsunami (m/dtk)
- g = percepatan gelombang tsunami (m/dt²)
- h = kedalaman dasar laut (m)

Di Indonesia tsunami bersifat lokal, kecuali daerah di pesisir samudera.



Gambar 6. Daerah yang pernah dilanda tsunami di Indonesia (2003)



Gambar 7. Kerusakan akibat tsunami di Biak tahun 1996

Gelombang tsunami dihasilkan oleh perubahan fisik (physical mechanism), ketika gelombang tsunami melanda suatu wilayah maka daerah tersebut akan terendam setinggi run-up, kemudian air laut surut kembali (back-wash) serta membawa hanyut bangunan yang hancur serta korban manusia ke tengah laut.

Program studi mitigasi mencakup :

- Studi kegempaan dan sumber potensi tsunami
- Pemodelan pembangkit gelombang tsunami dan pola penyebarannya
- Penyusunan katalog tsunami
- Sosialisasi melalui pendidikan dan penyuluhan

Tanggal 1 Desember 1927, Pukul 12:37 waktu lokal, Pusat Gempa : 0.5 LS – 119,5 BT, terjadi gempa tektonik kuat yang bersumber di teluk Palu dan mengakibatkan kerusakan bangunan di Palu, Donggala, Biromaru dan sekitarnya. Di Palu tiga kios besar di Pasar roboh total, bangunan-bangunan lain di pasar itu rusak berat. Jalan utama, menuju pasar rusak berat dan beberapa bagian jalan di belakang pasar itu turun setengah meter. Bangunan Pasar Biromaru rusak total, dan kantor kecamatan rusak berat. Kantor Pemerintah Daerah Donggala roboh sebagian. Gempa juga dirasakan di bagian tengah Sulawesi dengan radius sekitar 230 km.

Tabel 5. Kejadian tsunami di Indonesia (BMG, 2001)

Tanggal	Kedalaman (km)	Magnitude (SR)	Tinggi Run-up (m)	Lokasi Kejadian	Korban jiwa
26-08-1883	-	-	37	Selat Sunda	36.000
02-01-1965	13	6,3	20	Sanna	71
11-01-1967	55	6,3	-	Tinambung	58
23-02-1969	13	6,1	-	Majene	64
19-08-1977	33	7,0	3,0	Sumba	189
25-12-1982	33	5,6	1,0	Larantuka	13
12-12-1992	15	6,8	3,0	Flores	2.100
03-06-1994	15	5,9	3,0	Banyuwangi	208
17-02-1996	33	8,0	5 - 7	Biak	100
14-12-1996	39	7,0	2 - 4	Sulawesi	9
Jumlah					2.812

Terjadi gelombang pasang di teluk Palu. Gelombang tersebut berlangsung kira-kira setengah menit dan mencapai ketinggian maksimum 15 meter. Rumah-rumah di Pantai mengalami kerusakan, 14 orang meninggal, dan 50 orang luka-luka. Tangga Dermaga Talise hanyut sama sekali dan dasar laut setempat turun 12 meter. Gempa susulan terjadi pada tanggal 1, 2, 3, 5, dan 17 Desember 1927, dan dirasakan di Parigi, Malitou, Palu, dan Talise, dengan demikian seluruh kelurahan yang berada di Teluk Palu merupakan daerah yang rawan Tsunami

KESIMPULAN DAN SARAN

- a. Kota Palu merupakan wilayah dengan tingkat seismisitas yang sangat tinggi, hal ini didukung oleh peta zonasi gempa Indonesia tahun 2010.
- b. Karakteristik gempa di Kota Palu dan sekitarnya adalah gempa dangkal dengan model patahan normal yang berpotensi terjadinya gempa cukup besar.
- c. Dampak yang akan terjadi jika terjadi gempa cukup besar yang dikorelasikan dengan kondisi alam topografi, geoteknik, geohidrologi dan kondisi sosial adalah terjadinya bencana sekunder gempa yang cukup signifikan kerusakannya berupa runtuhnya bangunan yang tidak direncanakan dengan baik menerima beban gempa, longsoran tebing yang dapat memicu tsunami, likuifaksi di daerah muara sungai dan tepian pantai yang memiliki tanah berpasir yang jenuh air.
- d. Usaha untuk meminimalkan dampak dapat berupa mitigasi dan upaya perbaikan dan perkuatan infrastruktur sebelum, pada saat dan

setelah bencana gempa dan bahaya sekundernya yang terintegrasi, kontinyu dan mendapat dukungan dari semua pihak karena merasa memang hal itu sangat membutuhkan

DAFTAR PUSTAKA

Adriono, T., 1990, *Seismic Resistant Design of Base Isolated Multystorey Structures*, Departement of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand.

Chopra, A.K., 1995, *Dynamics of Structure, Theory and Practice to Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.

Energy Research, Inc., 1999, *Base-Isolation Device*, Earthquake Protection Division,

<http://www.xil.com> IRRDB, 2000, *Protection of Buildings Against Earthquakes*, <http://www/irrd.org>.

JSA, 2001, *Rubber Product-Elastomeric Isolators for Seismic Protection of Buildings – Part 2 : Test Methods*, Proceeding of Seminar on Enhancement of the International

Standardization Activities in Asia Pasific Region, Japan Standards Association (JSA) & Japan Rubber Manufacturerers Association.

Kelly, J.M., 1991, *Base Isolation : Origins and Development*, EERC News, vol. 12 No. 1.

Kompas, 5 Januari 1995, *Gempa di Bali, 4101 Rumah Rusak, Di Lombok Rumah Rusak 2093*, hal 20.

Mori, A., Moss, P.J., Cooke, N., Carr., A.J., *The Behavior of Bearing Used Seismic*

Isolation Under Shear and Axial Load, Earthquake Spectra, Volume 15, Number 2, May 1991.

Naeim, F., Kelly, J.M., 1999, *Design of Seismic Isolated Structure, from Theory and Practice*, John Wiley and Sons.

Parducci, A., 2000, *Seismic Isolation : A New Technique to Improve the Seismic Performance of Buildings.*

Pariatmono, S.Y. Warsono., S.R. Munaf, 2003, *The Behavior of Base-Isolation for Low-Risw Structure*, Proceeding of The Ninth East Asia-sific on Structural Engineering and Construction, Bali, 16 – 18 December 2003.