

STUDI AWAL PENYUSUNAN SKALA INTENSITAS GEMPABUMI BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA

PRELIMINARY STUDY ON EARTHQUAKE INTENSITY SCALE OF BMKG

Muzli*, Masturyono, Jaya Murjaya, Mochammad Riyadi

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

Jl. Angkasa I No. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat 10720

*E-mail: muzli@bmkg.go.id

Naskah masuk: 7 September 2016; Naskah diperbaiki: 11 Nopember 2016; Naskah diterima: 20 Desember 2016

ABSTRAK

Untuk mengukur dampak gempabumi terhadap infrastruktur dan kondisi lainnya selama ini Indonesia menggunakan skala intensitas gempabumi menurut Modified Mercalli Intensity (MMI). Skala ini cukup kompleks dengan dua belas tingkatan dan kondisi bangunan yang ada sekarang sudah tidak sesuai dengan kondisi saat skala tersebut diperkenalkan. Oleh karena itu perlu adanya skala intensitas gempabumi yang lebih sederhana, mudah dipahami dan disesuaikan dengan kondisi infrastruktur yang ada saat ini di Indonesia dengan tetap mengacu pada nilai parameter ilmiah lainnya. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menggagas penyusunan skala intensitas gempabumi BMKG (SIG-BMKG) dengan skala I-V. Dengan mempunyai lima skala ini, SIG-BMKG menjadi lebih sederhana dan mudah dipahami masyarakat serta tetap mengakomodir keterangan dampak yang ditimbulkan gempabumi dan parameter saintifik lainnya. Perbandingan penggunaan skala intensitas MMI dan SIG-BMKG terhadap beberapa kasus gempabumi yaitu gempabumi Sorong tanggal 24 September 2015 dengan magnitudo 6,8, Gempabumi Sumbawa Barat tanggal 12 Februari 2016 dengan magnitudo 6,6 dan Gempabumi Painan, Sumatera Barat tanggal 2 Juni 2016 dengan magnitudo 6,6, menunjukkan bahwa SIG-BMKG dapat diimplementasikan dengan relatif lebih mudah dan akurat dibandingkan dengan skala MMI.

Kata kunci: Intensitas, Gempabumi, *Shakemap*, PGA

ABSTRACT

In order to measure the impact of a strong earthquake, the intensity scale is normally used. Up to now Indonesia uses the scale of Modified Mercalli Intensity (MMI). The MMI scale is relatively complicated with the twelve levels and the current development of modern building design is not suitable anymore for the scale as it was introduced for the first time. Therefore, it is necessary to have a universal but simple intensity scale, easy to be implemented and suitable for current typical buildings but also reflects the scientific parameters. Indonesia as one of the countries which is very prone of significant or destructive earthquakes, should have a new and more representative intensity scale which is suitable for the typical buildings in Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) proposes the scale of intensity i.e. the Earthquake Intensity Scale of BMKG (SIG-BMKG) with the scales from I to V. With these five scales, SIG-BMKG is much simple and easier to be used but could describe most of typical impacts. The comparison of MMI and SIG-BMKG scales to several cases of significant earthquakes is implemented for the 2015, Mw 6.8 Sorong earthquake, the 2016, Mw 6.6 Sumbawa Barat earthquake and the 2016, Mw 6.6 Painan, West Sumatra earthquake. The results show that the SIG-BMKG scale can be implemented relatively easier with better accuracy than MMI scale.

Keywords: Intensity, Earthquake, *Shakemap*, PGA

1. Pendahuluan

Gempabumi merupakan kejadian alam yang sangat sering terjadi di Indonesia. Hal ini karena letak Indonesia yang berada pada jalur pertemuan lempeng-lempeng besar dunia. Gempabumi terjadi dengan kekuatan yang bervariasi berdasarkan besar kecil pelepasan energi pada sumber gempa. Gempa dengan

kekuatan atau magnitudo yang besar seringkali dapat menimbulkan guncangan di permukaan bumi relatif terhadap jarak dari episenter gempa.

Efek gempabumi sebagai fungsi jarak dan magnitudo, dapat menimbulkan guncangan yang dahsyat pada wilayah sekitar episenter dengan magnitudo yang relatif besar. Guncangan dahsyat ini adalah bencana

yang menimbulkan kerugian baik jiwa maupun materi. Selain itu bencana ikutan seperti tsunami dan tanah longsor seringkali juga dapat menimbulkan korban dalam jumlah yang lebih besar.

Pemerintah melakukan upaya pengurangan resiko yang timbul akibat dari gempabumi secara terus menerus dengan berbagai metode dan kegiatan. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) merupakan salah satu institusi yang sangat berperan penting dalam melakukan upaya tersebut. Respon cepat terhadap kejadian gempabumi merusak merupakan tindakan utama dan krusial yang harus dilakukan untuk mengurangi dampak bencana.

Pengambilan keputusan untuk pengambilan tindakan atau respon cepat membutuhkan informasi yang sangat akurat dan mudah dipahami terkait kejadian bencana khususnya gempabumi merusak. Salah satu informasi tersebut adalah potensi kerusakan. Informasi atau potensi dampak yang ditimbulkan akibat gempabumi kuat dinyatakan dalam skala intensitas gempabumi.

Selama ini Indonesia menggunakan skala MMI untuk menyatakan intensitas atau dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya gempabumi. Skala MMI pertama kali diperkenalkan pada tahun 1930. Skala ini merupakan parameter dampak gempabumi atau tingkat kerusakan yang dibuat berdasarkan kondisi bangunan infrastruktur di negara Amerika dan Eropa. Skala ini juga relatif kompleks dengan memiliki dua belas tingkatan.

Indonesia sebagai wilayah yang sangat rentan terhadap kejadian gempabumi signifikan dan merusak sudah seharusnya memiliki skala intensitas yang baik dan sesuai dengan budaya lokal. Skala intensitas gempabumi yang baru perlu digagas dan disusun dengan mengakomodir keterangan dampak gempabumi berdasarkan tipikal budaya atau bangunan di Indonesia dengan tetap mengacu kepada nilai parameter ilmiah.

Makalah ini menyajikan skala intensitas gempabumi yang baru yang disusun oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Skala intensitas ini lebih sederhana, efektif dan bermanfaat secara optimal dibandingkan dengan skala intensitas gempabumi lainnya yang berlaku di dunia. Skala ini digunakan dalam penyampaian informasi terkait mitigasi gempabumi dan atau respon cepat khususnya pada kejadian gempabumi merusak di Indonesia. Skala baru ini dapat memberikan kemudahan kepada masyarakat untuk dapat memahami tingkatan dampak yang terjadi akibat gempabumi dengan lebih baik dan akurat.

2. Metodologi

Studi ini pada dasarnya adalah untuk meninjau potensi subjektifitas dan objektifitas skala intensitas MMI yang digunakan selama ini dan mengusulkan skala intensitas alternatif lain yang relatif lebih baik. Selain itu studi ini juga dilakukan untuk validasi nilai guncangan atau PGA (*Peak Ground Acceleration*) terhadap data observasi kerusakan akibat gempabumi.

Dalam dekade terakhir pemerintah Indonesia melalui BMKG secara terus menerus meningkatkan jumlah jaringan observasi gempabumi kuat (*strong-motion*). Data *strong-motion* yang terekam pada jaringan gempabumi kuat sangat penting untuk digunakan dalam *building codes*. Beberapa parameter yang digunakan adalah PGA, PGV dan PGD. Dengan adanya data observasi guncangan berupa PGA juga dapat membantu validasi data kerusakan yang objektif. Meskipun stasiun *strong-motion* belum merata di seluruh wilayah Indonesia yang rawan terhadap kejadian gempabumi, pada beberapa kasus gempabumi kuat studi ini dapat menunjukkan data *strong-motion* yang dibandingkan dengan data observasi kerusakan.

Penyajian informasi dampak akibat gempabumi berjalan lebih baik jika informasi yang disampaikan adalah sederhana, mudah dipahami dan akurat. Oleh karena itu skala intensitas gempabumi dibuat menjadi jauh lebih sederhana dengan hanya memiliki lima skala. Dengan jumlah lima skala telah dapat menggambarkan dengan efektif semua dampak yang mungkin terjadi akibat gempabumi. Dampak yang dimaksud adalah dari mulai gempabumi tidak dirasakan kecuali oleh beberapa orang saja hingga dampak kerusakan berat. Deskripsi dalam skala ini baik deskripsi sederhana maupun rinci dibuat dengan bahasa ringan dan relatif universal sehingga mudah dihafal dan dipahami oleh semua kalangan. Dalam deskripsi rinci juga dimunculkan keterangan dengan menyebutkan benda-benda disekitar masyarakat yang mudah dikenal.

Identifikasi tingkatan dampak yang terjadi akibat gempabumi disampaikan dalam warna yang berbeda. Sebagaimana identifikasi warna yang berlaku pada umumnya bahwa tingkatan dampak paling besar dan paling berbahaya direpresentasikan dengan warna merah. Warna merah dalam skala intensitas gempabumi dinyatakan untuk skala lima yaitu kerusakan berat. Kerusakan sedang dan ringan dengan skala empat dan tiga berturut-turut disampaikan dalam warna jingga dan kuning. Warna hijau adalah representasi dari skala dua sebagai tingkatan dampak bahwa gempabumi tersebut dirasakan oleh banyak orang tetapi tidak menyebabkan kerusakan. Pada tingkatan dimana gempabumi tidak dirasakan kecuali

oleh beberapa orang pada situasi khusus yaitu dengan skala satu disampaikan dalam warna putih.

Untuk validasi data guncangan berupa PGA dengan data observasi kerusakan dilapangan secara spasial, studi ini telah melakukan modifikasi pada *shakemap* [1] terkait skala warna. Implementasi sistem *real-time shakemap* telah dilaksanakan di BMKG sejak tahun 2011 [2]. Skala warna pada *shakemap* yang digunakan selama ini adalah berdasarkan pada skala MMI [3,4]. Skala tersebut dimodifikasi sesuai dengan skala intensitas yang diusulkan dalam studi ini.

Tingkat guncangan yang dinyatakan dalam PGA disesuaikan dengan skala intensitas yang baru. Pengelompokan nilai PGA terhadap intensitas dilakukan menggunakan GMICE (*Ground Motion to Intensity Conversion Equation*) berdasarkan pada referensi [3] dan [4]. SIG-BMKG adalah modifikasi atau penyederhanaan dari skala MMI. Konversi PGA terhadap SIG-BMKG mengacu pada pengelompokan PGA terhadap skala MMI sesuai GMICE. Pengumpulan data PGA sesuai dengan data observasi kerusakan dilakukan secara terus menerus. Pada masa yang akan datang data tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai bahan untuk revisi kelompok nilai PGA yang baru sesuai dengan data intensitas kerusakan. Pengelompokan nilai PGA tersebut akan lebih sesuai untuk tipikal bangunan di Indonesia.

Studi ini masih *preliminary* dan pada tahap awal menggunakan data observasi kerusakan dan PGA dari beberapa gempa bumi besar yang terekam pada jaringan gempa bumi kuat BMKG. Beberapa data yang digunakan dapat mewakili wilayah Indonesia bagian Timur, Tengah dan Barat. Data gempa bumi tersebut adalah gempa bumi Sorong tanggal 24 September 2015 dengan magnitudo 6,8, Gempa bumi Sumbawa Barat tanggal 12 Februari 2016 dengan magnitudo 6,6 dan Gempa bumi Painan, Sumatera Barat tanggal 2 Juni 2016 dengan magnitudo 6,6.

3. Hasil Dan Pembahasan

Studi ini mengusulkan skala intensitas gempa bumi baru dengan nama “Skala Intensitas Gempa bumi BMKG” atau disingkat dengan SIG-BMKG.

SIG-BMKG disusun sederhana dengan hanya memiliki lima tingkatan yaitu I-V berturut-turut dengan keterangan singkat adalah tidak dirasakan, dirasakan, kerusakan ringan, sedang dan berat. Deskripsi SIG-BMKG ditunjukkan dalam Tabel 1. Keterangan warna untuk masing-masing tingkatan adalah Putih, Hijau, Kuning, Jingga dan Merah. Skala ini merupakan penyederhanaan dari skala intensitas MMI. Pengelompokan nilai PGA (*Peak Ground Acceleration*) terhadap tingkatan intensitas didasarkan pada referensi [3] dan [4].

Tabel 1. Skala Intensitas Gempa bumi BMKG (SIG-BMKG).

Skala SIG-BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGV (cm/s)	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (<i>Not Felt</i>)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 0,1	< 2,9
II	Hijau	DIRASAKAN (<i>Felt</i>)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	0,1-7,2	2,9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (<i>Slight Damage</i>)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuh.	VI	7,3-14,8	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (<i>Moderate Damage</i>)	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	14,9-63,5	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (<i>Heavy Damage</i>)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 63,5	> 564

Perbandingan skala SIG-BMKG dengan skala intensitas MMI menunjukkan bahwa kedua skala memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan SIG-BMKG sangat jelas bahwa skala ini relatif lebih sederhana dalam menyampaikan keterangan dampak kejadian gempa bumi. Hal ini dapat memberikan kemudahan kepada masyarakat umum untuk memahaminya dan menghafalkan. Disamping itu penyampaian keterangan dampak gempa bumi juga dinyatakan dengan tegas yaitu tidak dirasakan, dirasakan, rusak ringan, sedang dan berat. Satu hal yang harus dikembangkan kedepan pada SIG-BMKG bahwa deskripsi pada setiap tingkatan harus lebih luas sehingga mengakomodir semua jenis kerusakan pada tingkatan tertentu.

Pada sisi yang lain, skala intensitas MMI pada dasarnya memiliki potensi subjektivitas yang tinggi pada penggunaannya dalam penilaian dampak gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya jumlah tingkatan dampak dalam skala tersebut yaitu dua belas tingkatan. Jumlah tingkatan skala yang relatif banyak juga dapat menyulitkan untuk identifikasi dampak gempa bumi dengan akurat. Selain itu beberapa istilah yang muncul dalam skala MMI tidak sesuai dengan budaya atau tipikal bangunan di Indonesia seperti adanya istilah cerobong asap dari pemanas ruangan dan gerabah.

3.1 Studi Kasus

Studi kasus pada kejadian gempa bumi Sorong tanggal 24 September 2015 dengan magnitudo 6,8 mengacu pada referensi laporan gempa bumi Sorong yang disampaikan BMKG [5]. Gempa bumi tersebut berpusat pada koordinat 0,59 LS dan 131,27 BT dengan hiposenter dangkal pada kedalaman 10 km (BMKG). Gempa bumi ini memiliki mekanisme sesar naik [6]. Akibat dari gempa bumi tersebut dilaporkan telah menimbulkan kerusakan pada bangunan di wilayah Sorong dan sekitarnya.

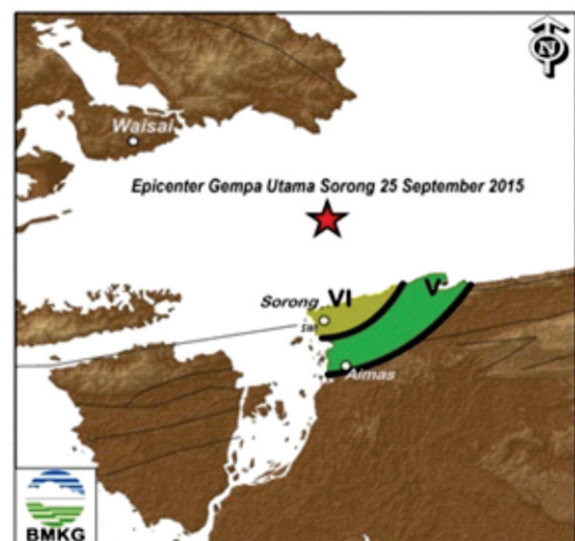
Survey makroseismik paska kejadian gempa bumi Sorong dilakukan oleh tim dari BMKG wilayah V Jayapura bersama dengan tim dari BMKG Pusat. Guncangan yang ditimbulkan akibat gempa bumi Sorong diidentifikasi telah menyebabkan kerusakan dengan skala VI MMI di wilayah yang paling dekat dengan episenter yaitu kota Sorong (gambar 1). Beberapa foto dokumentasi yang disampaikan dalam laporan survey paska gempa bumi (gambar 2).

Peta isoseismal pada skala MMI yang dibuat berdasarkan hasil identifikasi kerusakan akibat gempa bumi Sorong ditunjukkan dalam Gambar 1. Tipikal bangunan di Indonesia sangat bervariasi antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Bahkan dalam satu wilayah tertentu bisa diamati bahwa struktur

bangunan secara umum tidak memiliki standar yang sama. Hal ini sebenarnya menjadi salah satu faktor penyebab kesulitan dalam identifikasi tingkat kerusakan dalam skala tertentu.

Kerusakan yang terjadi sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 1 diidentifikasi dengan skala VI MMI. Identifikasi ini dinilai kurang tepat atau memiliki subjektivitas tinggi. Keterangan skala VI MMI adalah “Getaran dirasakan oleh semua penduduk. Kebanyakan semua terkejut dan lari keluar, plester dinding jatuh dan cerobong asap pada pabrik rusak, kerusakan ringan”.

Objektivitas penilaian skala intensitas dapat dilakukan dengan menggunakan data PGA yang terekam pada stasiun gempa bumi kuat BMKG. Tabel 2 menunjukkan data PGA untuk gempa bumi Sorong yang terekam pada stasiun gempa bumi kuat BMKG. Stasiun SWI yang berada di kota Sorong merupakan stasiun terdekat terhadap hiposenter dengan jarak sekitar 32 km. Nilai PGA tercatat pada stasiun ini adalah 226 gal. Sesuai referensi [4] dalam *Ground Motion to Intensity Conversion Equation* (GMICE) menunjukkan bahwa nilai intensitas untuk tingkat guncangan tersebut adalah dalam skala VII MMI. Keterangan skala VII MMI adalah “Tiap-tiap orang keluar rumah. Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Sedangkan pada bangunan dengan konstruksi yang kurang baik terjadi retak-retak bahkan hancur, cerobong asap pecah. Terasa oleh orang yang naik kendaraan”.



Gambar 1. Peta isoseismal wilayah Sorong dan sekitarnya akibat gempa bumi Sorong 25 September 2015 (Sumber: BBMKG Wil. V Jayapura)



a) Kerusakan rumah di kelurahan Puncak Cenderawasih, Distrik Sorong Barat.



b) Kerusakan rumah di kelurahan Puncak Cenderawasih, Distrik Sorong Barat



c) Kerusakan rumah di kampung Makbon, Distrik Makbon



d) Kerusakan bangunan di kelurahan Malawili, Distrik Aimas



e) Kerusakan Bangunan Radar di Stasiun Meteorologi BMKG Sorong



f) Kerusakan Bangunan Hotel Meridien, kota Sorong

Gambar 2. Foto-foto kerusakan di wilayah Sorong dan sekitarnya akibat kejadian gempabumi pada tanggal 24 September 2015 dengan magnitudo 6,8. (Sumber: BBMKG Wil. V Jayapura)

Tabel 2. Data observasi PGA pada jaringan gempabumi kuat BMKG untuk gempabumi Sorong.

Gempa Sorong Papua Barat, 24 September 2015, 15:53:28 WIB Lat : 0,59 LS, Lon : 131,27 BT, Mag= 6,8, Depth= 10 Km, 31 km TL Kota Sorong Papua Barat									
No	Stasiun	Kode	Z(gal)	N(gal)	E(gal)	max	LAT Sta	LON Sta	Jarak (Hiposenter)
1	SORONG	SWI	82,33	226,74	163,30	226,74	-0,86	131,26	31,91
2	MASOHI	MSAI	1,20	2,51	3,59	3,59	-3,35	128,93	401,55
3	KAIRATU	KRAI	0,57	0,66	0,83	0,83	-3,32	128,39	440,09
4	GALELA	GLMI	0,15	0,26	0,21	0,26	1,82	127,78	471,07
5	SERUI	SRPI	0,15	0,54	0,39	0,54	-1,88	136,24	569,91
6	SANGIHE	SGSI	0,22	0,46	0,50	0,50	3,69	125,53	794,69
7	KOTA MUBAGO	KMSI	-0,08	0,12	0,11	0,12	0,57	123,98	819,43
8	SARMI	SMPI	-0,01	0,02	0,02	0,02	-1,98	138,71	840,27
9	MARISA GORONTALO	MRSI	0,02	0,02	0,03	0,03	0,48	121,94	1042,36
10	KOLAKA	KKSI	0,01	0,01	0,02	0,02	-4,17	121,65	1139,34
11	MAPAGA SABANG PALU	MPSI	0,01	0,01	0,01	0,01	0,34	119,90	1266,52
12	BULUKUMBA	BKSI	0,02	0,01	0,02	0,02	-5,32	120,12	1344,28

Berdasarkan pada SIG-BMKG dampak akibat gempabumi Sorong sesuai data observasi kerusakan dapat ditentukan dengan relatif lebih mudah dan akurat. Kerusakan di wilayah kota Sorong diidentifikasi dalam tingkat skala IV SIG-BMKG yaitu kerusakan sedang. Keterangan rinci skala IV SIG-BMKG adalah “Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang”. Batasan nilai PGA untuk tingkat skala tersebut adalah 168-564 gal. Nilai observasi PGA pada stasiun di kota Sorong (SWI) dimana terjadi kerusakan sedang yaitu 226 gal. Nilai tersebut masuk dalam batasan nilai PGA sesuai SIG-BMKG pada skala IV. Meskipun demikian, identifikasi skala MMI

berdasarkan data observasi kerusakan akibat gempabumi seringkali juga dinilai objektif sesuai dengan parameter PGA. Kasus gempabumi Sumbawa Barat misalnya, untuk wilayah kota Waikabubak diidentifikasi berdampak pada skala VI MMI. Beberapa dokumentasi foto kerusakan ditunjukkan dalam gambar 3.

Tabel 3 menunjukkan nilai PGA yang tercatat pada jaringan gempabumi kuat BMKG akibat gempabumi Sumbawa Barat. Nilai PGA terbesar yaitu 87,9 gal tercatat pada stasiun dengan jarak terdekat ke hiposenter. Nilai PGA tersebut jika dikonversikan kedalam skala intensitas MMI berdasarkan GMICE [4] maka masuk dalam kelompok skala VI MMI. Hal ini sesuai dengan identifikasi yang dilakukan tim survey gempabumi tersebut berdasarkan data observasi kerusakan.



a) Retak ringan pada dinding bangunan Rumah Sakit Kristen Lende Moripa, Waikabubak



b) Plester jatuh pada dinding bangunan Rumah Sakit Kristen Lende Moripa, Waikabubak



c) Retak ringan pada sudut bangunan Rumah Sakit Umum di Waikabubak



d) Retak ringan pada dinding bangunan Rumah Sakit Umum di Waikabubak

Gambar 3. Foto-foto kerusakan di kota Waikabubak akibat gempa bumi Sumbawa Barat pada tanggal 12 Februari 2016 dengan magnitudo 6,6. (Sumber: Bidang Seismologi Teknik BMKG)

Tabel 3. Data observasi PGA pada jaringan gempa bumi kuat BMKG untuk gempa bumi Sumbawa Barat.

Gempa Sumbawa Barat - NTT, 12 Februari 2016, 17:02:24 WIB Lat : 9,77 LS Lon : 119,34 BT, Mag= 6,6, Depth= 60 Km, Lokasi di darat 14 km BD Sumba Barat - NTT									
No	Stasiun	Kode	Z(gal)	N(gal)	E(gal)	max	LAT Sta	LON Sta	Jarak (Hiposenter)
1	WAKABUBAK	WBSI	34,56	87,92	49,46	87,92	-9,64	119,39	61,94
2	STA GEOG WAINGAPU	WMNI	19,91	43,72	42,28	43,72	-9,67	120,30	122,57
3	STA MET WAINGAPU	WGNI	23,69	45,67	39,41	45,67	-9,67	120,30	122,78
4	BAING	BASI	2,58	4,43	3,43	4,43	-10,22	120,58	157,98
5	STA MET BIMA	BMNI	32,25	31,07	31,63	32,25	-8,54	118,69	165,28
6	BIMA	DBNI	4,12	7,53	6,22	7,53	-8,50	118,31	190,87
7	STA MET SUMBAWA BESAR	SUBE	10,74	23,89	25,36	25,36	-8,49	117,41	263,78
8	STA MET MAUMERE	MAWA	0,70	0,92	0,80	0,92	-8,64	122,24	350,54
9	STA KLIM KEDIRI MATRAM	MAKE	1,38	4,51	3,06	4,51	-8,64	116,17	378,48
10	STA MET SELAPARANG MATARAM	MASE	1,32	3,77	2,06	3,77	-8,56	116,17	381,61
11	MATARAM	KLNI	1,46	2,31	0,96	2,31	-8,42	116,09	394,64

Skala SIG-BMKG untuk kasus gempabumi ini masuk dalam tingkat II-III yaitu kerusakan ringan. Nilai PGA berada pada batasan antara skala II dan III SIG-BMKG. Data observasi PGA pada stasiun WBSI di Waikabubak menunjukkan nilai 87,9 gal. Pengelompokan nilai PGA untuk skala III SIG-BMKG adalah 89-167 gal, sedangkan pada skala II SIG-BMKG nilai PGA adalah 2,9-88 gal.

Kasus gempabumi terbaru di Sumatera Barat yang juga disebut sebagai gempabumi Painan terjadi pada tanggal 2 Juni 2016 dengan magnitudo 6,6. Gempa ini dengan kedalaman hiposenter yang relatif dalam yaitu 72 km menyebabkan *underestimate* bagi sebagian pemerhati dampak gempabumi terhadap dampak kerusakan yang ditimbulkan. Pada kenyataannya

gempabumi Painan telah menyebabkan kerusakan ringan terhadap lebih dari 1000 rumah (BPBD Pessel, 2016).

Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4 bahwa nilai PGA paling besar yang tercatat pada jaringan gempabumi kuat BMKG adalah 165 gal yang tercatat pada stasiun MKBI (Muko-Muko). Berdasarkan nilai PGA tersebut skala intensitas hasil konversi adalah VI-VII MMI atau batas deskripsi antara kerusakan ringan dan sedang. Hal ini bersesuaian dengan foto-foto dokumentasi yang diambil pasca kejadian gempabumi Painan. Foto-foto kerusakan akibat gempabumi tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.

Tabel 4. Data observasi PGA pada jaringan gempabumi kuat BMKG untuk gempabumi Painan.

Gempa Painan, Sumatera Barat, 02 Mei 2016, 05:56:01 WIB Lat : 2,29 LS Lon : 100,46 BT, Mag= 6,6, Depth= 72 Km, Lokasi 79 km BD Pesisir Selatan									
No	Stasiun	Kode	Z(gal)	N(gal)	E(gal)	max	LAT Sta	LON Sta	Jarak (Hiposenter)
1	PULAU PAGAI MENTAWAI	PPSI	17,59	58,13	65,27	65,27	-2,77	100,01	102,33
2	MUKO-MUKO	MKBI	86,97	104,47	165,04	177,77	-2,45	101,24	113,92
3	SAIBI MENTAWAI SUMBAR	SISI	3,71	10,20	9,32	10,20	-1,33	99,09	199,41
4	MUARA AMAN	MASI	6,00	10,01	9,10	10,01	-3,14	102,24	230,52
5	BENGKULU	UBSI	8,60	10,30	11,06	11,06	-3,76	102,27	268,84
6	RENGAT	RGRI	1,61	6,88	6,33	6,88	-0,35	102,33	307,99
7	MANDAILING NATAL	MNSI	0,78	1,77	1,69	1,77	0,80	99,58	363,36
8	SIBOLGA	SBSI	0,86	1,81	1,95	1,95	1,40	99,43	431,14
9	TARUTUNG	TRSI	0,62	0,84	1,06	1,06	2,03	98,96	512,25
10	KOTA AGUNG LAMPUNG	KASI	0,37	0,62	0,39	0,62	-5,52	104,50	578,54
11	KUTACANE	KCSI	0,09	0,12	0,15	0,15	3,52	97,77	714,52



a) Retak pada dinding bangunan rumah penduduk.



b) Kerusakan sedang pada bangunan rumah penduduk.



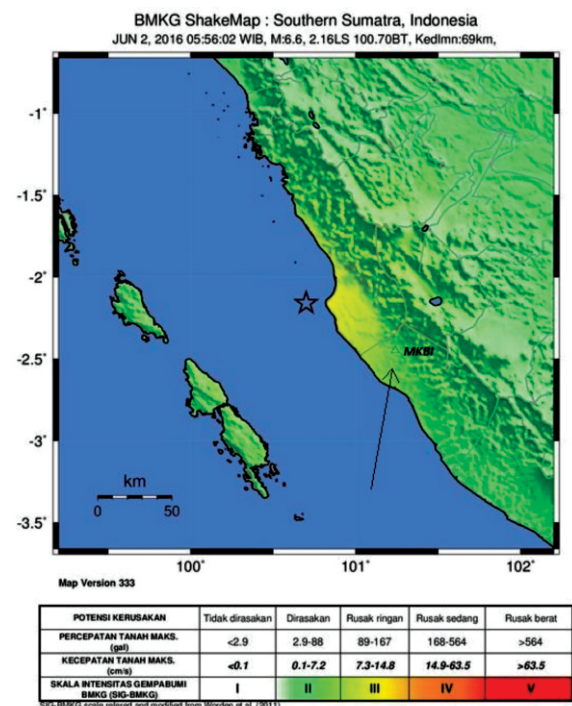
c) Retak ringan pada dinding bangunan rumah penduduk.



d) Atap jatuh pada bangunan rumah penduduk

Gambar 4. Kerusakan rumah penduduk di wilayah Muko-Muko, Bengkulu akibat gempabumi Painan tanggal 2 Juni 2016. (Sumber: Stasiun Geofisika Kepahiang)

Implementasi *shakemap* SIG-BMKG terhadap gempabumi Painan memberikan informasi yang akurat dan mudah dipahami berdasarkan data observasi kerusakan. Gambar 5 menunjukkan peta guncangan atau *shakemap* yang dibuat berdasarkan model dan data observasi PGA. Data observasi yang menunjukkan dominasi kerusakan ringan pada wilayah Kabupaten Pesisir Selatan (BPBD Pessel, 2016) sesuai dengan peta guncangan SIG-BMKG. Pada wilayah Kab. Pesisir Selatan terlihat berwarna kuning yang menggambarkan bahwa wilayah tersebut berpotensi mengalami kerusakan ringan dengan tingkat skala III SIG-BMKG. Faktanya adalah data BPBD menunjukkan bahwa terjadi kerusakan ringan pada 1431 rumah di wilayah Kab. Pesisir Selatan dan sekitarnya.



Gambar 5. Peta guncangan atau *shakemap* wilayah Sumatera Barat berdasarkan skala SIG-BMKG untuk gempabumi Painan, Sumatera Barat tanggal 2 Juni 2016 dengan magnitudo 6,6.

Tingkatan guncangan akibat gempa bumi kuat biasanya direpresentasikan dengan observasi nilai PGA. Pada beberapa kasus nilai PGA observasi tidak sesuai dengan data observasi kerusakan. Sebenarnya tingkat guncangan dapat juga direpresentasikan berdasarkan nilai PGV (*Peak Ground Velocity*). Representasi tingkat guncangan atau tingkatan intensitas kerusakan berdasarkan pada beberapa referensi seperti [4] dan [7] menyatakan bahwa nilai PGV relatif lebih berkorelasi baik dengan intensitas atau tingkat kerusakan akibat gempa bumi. Worden dkk. [4] menerapkan pembobotan yang berbeda dalam penentuan nilai intensitas hasil konversi dari data guncangan PGA dan PGV. PGV mendapatkan bobot yang relatif lebih besar dibandingkan PGA.

Pada sistem operasional, penentuan nilai PGV membutuhkan tahapan yang lain berupa integrasi satu kali terhadap data akselerasi. Meskipun proses integrasi pada data *strong-motion* dapat dilakukan secara otomatis, pemilihan *filter* yang tepat untuk koreksi pergeseran *baseline* juga harus diperhatikan untuk mendapatkan nilai PGV yang sesuai [8,9,10,11]. Data broadband atau *velocity* yang tercatat pada stasiun yang relatif dekat dengan episenter tidak dapat digunakan untuk menentukan nilai PGV karena biasanya data tersebut mengalami saturasi atau *clip*.

Sistem operasional penentuan nilai PGV secara otomatis melalui proses integrasi data *strong-motion* menjadi tantangan untuk diimplementasikan pada masa yang akan datang (misal [9,10]). Begitu juga halnya dengan pengelompokan nilai PGA dan PGV terhadap tingkat intensitas dalam skala SIG-BMKG. Pada tahapan yang lebih jauh, dengan diterapkannya skala SIG-BMKG sebagai skala keterangan dampak akibat gempa bumi signifikan atau merusak maka topik-topik penelitian yang terkait seperti penentuan rumusan empiris hubungan jarak, magnitudo dan PGA atau PGV dengan SIG-BMKG harus segera dipelajari.

Pada akhirnya SIG-BMKG diharapkan dapat memberi manfaat yang optimal dan efektif kepada masyarakat atau instansi terkait dalam penyampaian informasi dampak gempa bumi signifikan atau merusak. Informasi tersebut akan menjadi salah satu parameter awal untuk pengambilan tindakan atau respon cepat terhadap bencana gempa bumi kuat. Hal ini dapat mengurangi resiko bencana yang timbul akibat gempa bumi.

4. Kesimpulan

SIG-BMKG disusun lebih sederhana dengan hanya memiliki lima tingkatan yaitu I-V berturut-turut dengan keterangan singkat adalah tidak dirasakan, dirasakan, kerusakan ringan, sedang dan berat. Keterangan warna berturut-turut untuk masing-masing tingkatan adalah Putih, Hijau, Kuning, Jingga dan Merah. Skala ini merupakan penyederhanaan dari skala intensitas MMI.

Identifikasi dampak akibat gempa bumi kuat lebih mudah dan akurat dengan menggunakan skala intensitas yang sederhana. SIG-BMKG menunjukkan deskripsi dampak gempa bumi dalam lima skala yang sederhana sehingga mudah dipahami dan dihafalkan.

Implementasi SIG-BMKG untuk menyatakan dampak gempa bumi berpotensi lebih objektif dan akurat karena memiliki jumlah skala yang relatif sedikit dan relatif universal. Pada sisi yang lain bahwa skala intensitas MMI memiliki potensi subjektif yang tinggi dan relatif sulit diterapkan karena jumlah tingkatan skala yang banyak yaitu dua belas.

PGA dan PGV merupakan parameter objektif yang dapat digunakan untuk konfirmasi tingkat intensitas atau dampak gempa bumi kuat. Pengumpulan data PGA dan PGV terhadap data gempa bumi signifikan atau merusak diperlukan dan dilakukan secara terus menerus untuk memperbaiki pengelompokan nilai PGA dan PGV yang lebih sesuai untuk tipikal bangunan di Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Paper ini merupakan *extended* atau pengembangan dari artikel [12] pada Majalah Swara Geofisika (ISSN 2407-5817) edisi khusus April 2016. Terima kasih kepada rekan-rekan di Pusat Gempabumi dan Tsunami, Bidang Seismologi Teknik dan anggota forum Geosains BMKG untuk saran-saran yang disampaikan. Terima kasih kepada Daryono untuk bantuan sosialisasi SIG-BMKG melalui media massa dan Artadi Pria Sakti untuk bantuan dalam modifikasi *shakemap*. Terima kasih kepada dua mitra bestari yang telah mengarahkan penulis untuk perbaikan terhadap makalah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Wald, D. J., Worden, B. C., Quitoriano, V., & Pankow, K. L. (2005). *ShakeMap manual: technical manual, user's guide, and software guide* (No. 12-A1).

- [2] Pramono, S., Allen, T. I., Bugden, C., Pandhu, R., Nindya, I., Ghasemi, H., & Masturyono (2016). Towards real-time earthquake impact alerting in Indonesia. Geological Society, London, Special Publications, 441, SP441-4.
- [3] Wald, D. J., Quitoriano, V., Heaton, T. H., & Kanamori, H. (1999b). Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified Mercalli intensity in California. Earthquake spectra, 15(3), 557-564.
- [4] Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A., & Wald, D. J. (2012). Probabilistic relationships between ground - motion parameters and modified Mercalli intensity in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 102(1), 204-221.
- [5] BBMKG Wil. V Jayapura (2015). Laporan gempabumi Sorong, 24 September 2015.
- [6] Muzli, M. (2015). Analisis Mekanisme Gempabumi Sorong 25 September 2015 (WIT) (Preliminary Scientific Report). Artikel website BMKG.
- [7] Pineda-Porras, O. A., & Ordaz, M. (2012). Seismic Damage Estimation in Buried Pipelines Due to Future Earthquakes-The Case of the Mexico City Water System. INTECH Open Access Publisher.
- [8] Wu, Y. M., & Wu, C. F. (2007). Approximate recovery of coseismic deformation from Taiwan strong-motion records. Journal of Seismology, 11(2), 159-170.
- [9] Chao, W. A., Wu, Y. M., & Zhao, L. (2010). An automatic scheme for baseline correction of strong-motion records in coseismic deformation determination. Journal of seismology, 14(3), 495-504.
- [10] Wang, R., Schurr, B., Milkereit, C., Shao, Z., & Jin, M. (2011). An improved automatic scheme for empirical baseline correction of digital strong-motion records. Bulletin of the Seismological Society of America, 101(5), 2029-2044.
- [11] Muzli, M. (2013). Combined evaluation of strong motion and GPS data for analyzing coseismic deformation caused by strong earthquakes. (Doctoral dissertation, Freie Universität Berlin).
- [12] Muzli, M., Masturyono, Murjaya, J., Rudyanto, A., Pramono, S., Madijono R. (2016). Skala Intensitas Gempabumi BMKG (SIG-BMKG). Majalah Swara Geofisika (ISSN 2407-5817, Edisi khusus April 2016).