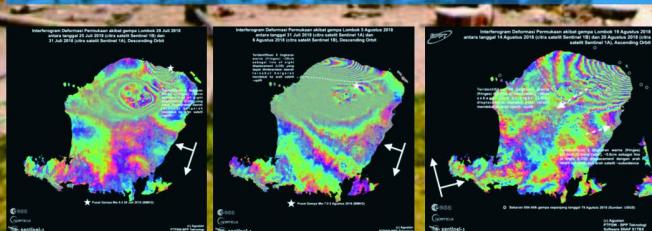


KAJIAN RANGKAIAN GEMPA LOMBOK PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

29 Juli 2018 (M6.4)
5 Agustus 2018 (M7.0)
19 Agustus 2018 (M6.9)



Disusun oleh :

Tim Pusat Studi Gempa Nasional
Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Badan Penelitian dan Pengembangan
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Kerjasama :



SEKRETARIAT NASIONAL
S P A B
Satuan Pendidikan Aman Bencana

**KAJIAN
RANGKAIAN GEMPA LOMBOK
PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT
29 Juli 2018 (M6.4)
5 Agustus 2018 (M7.0)
19 Agustus 2018 (M6.9)**

**Disusun oleh:
Tim Pusat Studi Gempa Nasional**

**EDITOR
Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE., Ph.D
Dr. Nuraini Rahma Hanifa
Dr. Didiek Djarwadi**



Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman
Badan Penelitian dan Pengembangan
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

**KAJIAN
RANGKAIAN GEMPA LOMBOK
PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT, INDONESIA**
29 Juli 2018 (M6.4)
5 Agustus 2018 (M7.0)
19 Agustus 2018 (M6.9)

PENYUSUN
Tim Pusat Studi Gempa Nasional

**ISBN:
978-602-5489-13-6**

EDITOR
Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE., Ph.D
Dr. Nuraini Rahma Hanifa
Dr. Didiek Djarwadi

Penerbit:
Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman
Badan Penelitian dan Pengembangan
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jalan Panyaungan Cileunyi Wetan Kabupaten Bandung 40393
: 022 7798393
: 022 7798392

Cetakan Pertama, September 2018

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, menfotocopy, atau memperbanyak sebagian atau
seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA SAMBUTAN

Gempa Lombok, Bali dan Sumbawa terjadi pada hari Minggu, tanggal 29 Juli 2018 pukul 05.47 WIB dengan kekuatan M6,4. Gempa tersebut terletak pada koordinat 8,4 LS dan 116,5 BT, atau tepatnya berlokasi di darat pada jarak 47 km arah timur laut Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada kedalaman 24 km. Gempa ini telah mengakibatkan korban jiwa yang tidak sedikit. Terdapat korban yang menderita luka-luka ringan sampai dengan korban meninggal. Gempa ini pun mengakibatkan kerusakan infrastruktur berupa bangunan yang mengalami rusak ringan hingga runtuh.

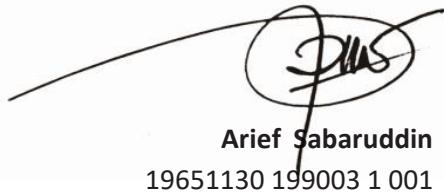
Sesaat setelah gempa tersebut terjadi, diperlukan aksi tanggap darurat untuk menanggulangi bencana yang menyangkut pengkajian secara cepat dan tepat terhadap lokasi, kerusakan, dan sumber daya. Diperlukan juga penentuan status keadaan darurat bencana; penyelamatan dan evakuasi masyarakat terkena bencana; pemenuhan kebutuhan dasar; perlindungan terhadap kelompok rentan; dan pemulihan prasarana dan sarana vital dengan segera. Oleh karena itu, diperlukan kajian dampak bencana gempa melalui survei lapangan yang mencakup kajian sumber gempa (baik gempa utama maupun gempa susulan). Selain itu, kajian dampak kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa terhadap infrastruktur berserta sarana dan prasarana, dan lingkungannya juga penting dilakukan. Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang cepat, lengkap, dan akurat. Korban mengalami luka-luka maupun yang meninggal umumnya akibat tertimpa reruntuhan bangunan rumah dan gedung. Identifikasi kerusakan bangunan menjadi penting agar bila terjadi gempa pada masa yang akan datang, korban dan kerusakan infrastruktur dapat diminimalisasi dengan membangun bangunan yang tahan gempa.

Survei lapangan ini telah melibatkan berbagai tenaga ahli dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Ristek dan Pendidikan Tinggi, Kementerian Perhubungan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Badan Informasi Geospasial, Institut Teknologi Bandung, dan unsur asosiasi/ praktisi/ perusahaan swasta.

Kajian awal terhadap hasil survei tersebut disampaikan pada buku Laporan *Kajian Gempa Lombok 2018*.

Semoga segala upaya tim pelaksana survei dan tim penyusun laporan ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya dalam menghadapi langkah pemulihan terhadap dampak bencana. Atas perhatian dan kerja sama semua pihak diucapkan terima kasih.

Kepala,
Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman,
Badan Penelitian dan Pengembangan,
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat



Arief Sabaruddin
19651130 199003 1 001

KATA PENGANTAR

Rangkaian gempa Lombok tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0) dan 19 Agustus 2018 (M6.9) terjadi pada kawasan tektonik aktif, dimana menurut buku Sumber dan Bahaya Gempa Nasional 2017, Pulau Lombok dikelilingi oleh beberapa sumber gempa, yaitu diantaranya Zona Back Arc Thrust di wilayah utara, megathrust di selatan, dan sistem sesar geser di sisi barat dan timurnya. Observasi lapangan telah dilakukan oleh berbagai tim PuSGeN dari berbagai instansi seperti Kementerian PUPR, Badan Geologi Kementerian ESDM, Kementerian Ristek dan Pendidikan Tinggi, Kementerian Perhubungan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, BNPB, BMKG, LIPI, BPPT, BIG, ITB, ISTN, UGM, UI, UNRAM, AIPI, HATTI, PAMA dan IATSI khususnya pada bulan Agustus 2018 dengan rentang waktu observasi yang bervariasi.

Keunikan dan pembelajaran baru dari aspek kegempaan kejadian gempa Lombok 2018 didokumentasikan pada buku ini, yang merupakan kompilasi *Quick Report* dari beberapa instansi mencakup: penyelidikan geologi pasca gempa lombok 29 juli 2018, 5 agustus 2018 dan 19 agustus 2018, aspek seismologi, pemantauan deformasi secara geodetik rangkaian gempa lombok, penjelasan komprehensif sumber gempa lombok, survei dampak gempa lombok, identifikasi gerakan tanah yang dipicu oleh gempa lombok 2018, pemeriksaan dan pemetaan kerusakan bangunan paska gempa lombok, *strong motion* gempa lombok (29 juli 2018, 05, 09 dan 19 agustus 2018), aspek geoteknik dan seismic hazard, evaluasi kondisi bendungan di pulau lombok setelah gempa, tinjauan struktur bangunan dalam kejadian gempa di wilayah NTB, kajian kerentanan struktur bangunan di lombok, serta analisis spasial kerusakan bangunan sekolah.

Penyusunan Buku Kajian Gempa Lombok 2018 dilakukan Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN) yang telah diinisiasi oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. PuSGeN berperan sebagai wadah untuk simpul pertemuan dan koordinasi antarpeneliti gempa dari berbagai kementerian/ lembaga dan dengan latar belakang keahlian yang berbeda sehingga dapat saling bertukar informasi dan mengumpulkan hasil penelitian sesuai tugas institusinya. Atas nama seluruh anggota tim PuSGeN, kami mengucapkan terima kasih atas segala

daya upaya seluruh anggota tim dalam menyiapkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017.

Ketua,
Tim Pemutakhiran Peta Sumber dan Bahaya
Gempa Indonesia Tahun 2017
dan Tim Penyiapan Pusat Studi Gempa Nasional,



Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE, PH.D

TIM PENYUSUN

PEMBINA

Kepala Balitbang Kementerian PUPR

PENGARAH

Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES

Ir. Lutfi Faizal

Prof. Masyhur Irsyam, MSE, Ph.D

Prof. Sri Widyatoro, Ph.D.

Prof. Iswandi Imran

Dr. Danny Hilman Natawidjaja

Dr. Irwan Meilano

Wahyu Triyoso, Ph.D

Dr. Sri Hidayati

Ariska Rudyanto, S.Si, M.Si

EDITOR

Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE, Ph.D

Dr. Nuraini Rahma Hanifa

Dr. Didiek Djarwadi

KONTRIBUTOR PuSGeN

Puslitbang Perumahan Dan Permukiman Kementerian PUPR

Dr. Ir. Mohamad Ridwan

Ir. Dadri Arbiyakto, M. T.

Yoga Megantara, S.T.

Balai Bendungan, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR

Ir. Bastari M.Eng

Ir. Djoko Mulyono M.Eng

Ir. Bernard Jonggi P. Sitanggang MPSDA

**Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air,
Departemen PUPR**

Supriyono ST. MT

Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Drs. Subandriyo, M.Si.

Dr. Sri Hidayati

Dr. Supartoyo

Dr. Akhmad Solikhin

Amalfi Omang, S.Si., M.Phil

Pandu Adi Minarno, S.T.

Rahayu Robiana, S.T., M.T.

Merry Cristina Natalia, S.T.

Athanasius Tjipta, S.T., M.T.

Heri Isep

Fadlianto Nurhalah

**Sekretariat Nasional Sekolah Pendidikan Aman Bencana, Kementerian
Pendidikan dan Kebudayaan**

Jamjam Muzaki, S.Pd., M.KP.

BMKG

Ariska Rudyanto, S.Si, M.Si

Dr. Daryono, S.Si, M.Sc

Artadi Pria Sakti, M.Si.

Sigit Pramono, M.Si.

LIPI

Dr. Danny Hilman Natawidjadja

Dr. Mudrik R. Daryono

BPPT

Dr. Widjo Kongko

Dr. Agustan

Dr. Mulyo Harris Pradono

Institut Teknologi Bandung (ITB)

Prof. Masyhur Irsyam

Prof. Sri Widayantoro, Ph.D.

Prof. Iswandi Imran

Prof. Nanang Puspito

Dr. Danny Hilman Natawidjadja

Dr. Irwan Meilano

Wahyu Triyoso, Ph.D

Dr. Benjamin Sapiie

Dr. Andri Dian Nugraha

Dr. Zulfakriza

Dr. Nuraini Rahma Hanifa

Dr. Endra Gunawan

Dr. Astyka Pamumpuni

Dr. Sugeng Krisnanto

Giovanni Cynthia Pradipta, ST.

Alwidya Angga Safitri, ST., MT.

M. Edo Marshal

Derry Apriansyah

Adycipta Anisprawoto

Universitas Mataram (UNRAM)

Dr. Muhamad Ali

Dr. Syamsuddin

Universitas Indonesia (UI)

Prof. Dr. Widjojo Prakoso

Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN)

Dr. M. Asrurifak

HATTI

Dr. Agus Darmawan Adi

Dr. Idrus M. Alatas

Dr. Didiek Djawardi

Dr. Helmy Daryanto

IATsl, Ikatan Ahli Tsunami Indonesia

Gegar Prasetya

Kesekretariatan

Ir. Lutfi Faizal

Yoga Megantara

Layout

Alwidya Angga Safitri

Nuraini Rahma Hanifa

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	I
KATA PENGANTAR.....	III
TIM PENYUSUN	V
DAFTAR ISI.....	XI
DAFTAR GAMBAR	XV
DAFTAR TABEL.....	XXX
<i>I. EXECUTIVE SUMMARY</i>	XXXI
KAJIAN AWAL	1
1. PENDAHULUAN.....	3
1.1 Survei tim PuSGeN	3
2. SURVEI GEOLOGI.....	7
2.1 Pendahuluan.....	7
2.2 Hasil/Temuan	7
2.3 Rekomendasi/Saran.....	8
3. ASPEK SEISMOLOGI.....	13
3.1 Pendahuluan.....	13
3.2 Data	14
4. PEMANTAUAN DEFORMASI SECARA GEODETIK RANGKAIAN	
GEMPA LOMBOK	17
4.1 Pendahuluan.....	17
4.2 Analisis Deformasi dari data INSAR Pasca Rangkaian Gempa Lombok	17
4.2.1 Instalasi GPS	18
4.2.2 Hasil awal deformasi GPS	21
4.2.3 Obervasi deformasi secara visual	22
5. PENJELASAN KOMPREHENSIF SUMBER GEMPA LOMBOK	23
6. PENYELIDIKAN GEOLOGI PASCA GEMPA LOMBOK 5 AGUSTUS 2018	27
6.1 Kondisi geologi.....	27
6.2 Fenomena pasca gempa yang ditemui	27
6.2.1 Tanah longsor.....	28
6.2.2 Likuifaksi.....	30
6.2.3 Subsidence dan uplift	31
6.3 Daerah terdampak kaitanya dengan kondisi geologi	32
7. GEMPA LOMBOK TANGGAL 29 JULI 2018 DAN DAMPAKNYA.....	35
7.1 Latar Belakang	35
7.2 Metodologi	39
7.3 Hasil dan Pembahasan.....	40

7.3.1	Dampak Gempa	40
7.3.2	Intensitas Gempa	46
7.4	Kesimpulan	46
8.	DAMPAK PERMUKAAN GEMPA LOMBOK TANGGAL 5 AGUSTUS 2018.....	51
8.1	Latar Belakang	51
8.2	Maksud dan Tujuan	52
8.3	Metodologi	53
8.4	Hasil	53
8.4.1	Geologi Pulau Lombok.....	53
8.4.2	Dampak Gempa Lombok Tanggal 5 Agustus	54
8.4.3	Skala Intensitas Gempa Lombok Tanggal 5 Agustus	65
8.5	Penutup	65
9.	OBSERVASI DAMPAK DAN KAJIAN MIKROTREMOR DI LOMBOK TIMUR	
	PASCA GEMPA LOMBOK 19 AGUSTUS 2018	69
9.1	Latar Belakang	69
9.2	Kondisi Geologi Pulau Lombok	70
9.3	Dampak Gempa Lombok 19 Agustus	71
9.4	Analisis Kondisi Bencana Berdasarkan Data Mikrometer	75
9.5	Kesimpulan	77
10.	IDENTIFIKASI GERAKAN TANAH DIPICU GEMPA DI PULAU LOMBOK, PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT.....	79
10.1	Gerakan Tanah Pasca Gempa 6,4 SR 29 Juli 2018.....	79
10.2	Gerakan Tanah Pasca Gempa 7.0 SR 5 Agustus 2018	84
10.3	Gerakan Tanah Paska Gempa 6.2 SR Tanggal 9 Agustus 2018	90
10.4	Penutup	91
11.	SURVEI DAMPAK GEMPA LOMBOK 5 AGUSTUS 2018 DI WILAYAH	
	DESA SELAT, KAB LOMBOK BARAT DAN PEMENANG, KAB LOMBOK UTARA.	93
11.1	Survei dampak gempa Lombok.....	93
11.2	Survei dampak gempa di wilayah Kota Mataram	93
11.3	Survei dampak gempa di wilayah Desa Selat, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat	96
11.4	Survei dampak gempa Desa Malaka, Kabupaten Lombok Utara	98
11.5	Survei penurunan muka tanah dan likuifaksi pesisir Barat Lombok ..	104
11.6	Pertemuan Koordinasi dan sosialisasi.....	106
12.	PEMERIKSAAN DAN PEMETAAN KERUSAKAN BANGUNAN PASKA GEMPA LOMBOK 5 AGUSTUS 2018	109
12.1	Pendahuluan.....	109
12.2	Metode Pemetaan dan Pemeriksaan Tingkat Kerusakan Bangunan .	110
12.3	Temuan Lapangan dan Diskusi	112
12.4	Kesimpulan	116

13.	STRONG MOTION GEMPA LOMBOK (29 JULI 2018, 05, 09, DAN 19 AGUSTUS 2018).....	119
13.1	Pendahuluan.....	119
13.2	Strong Motion BMKG.....	120
13.2.1	Gempa M6.4, 29 Juli 2018	120
13.2.2	Gempa M7.0, 05 Agustus 2018	122
13.2.3	Gempa M5.9, 09 Agustus 2018	123
13.2.4	Gempa M6.9, 19 Agustus 2018	125
13.3	Kesimpulan	126
14.	ASPEK GEOTEKNIK DAN SEISMIC HAZARD	127
14.1	Probabilistic Seismic Hazard Gempa	127
14.2	Pengaruh Tanah Lokal Pulau Lombok	128
14.3	Percepatan Gempa dan Pengaruhnya Terhadap Struktur Bangunan	133
14.4	Likuifaksi 135	
14.5	Rekomendasi	136
15.	EVALUASI KONDISI BENDUNGAN DI PULAU LOMBOK SETELAH GEMPA	137
15.1	Pendahuluan.....	137
15.2	Bendungan di Lombok	139
15.3	Inspeksi Bendungan setelah Gempa	141
15.3.1	Bendungan Gegurit	142
15.3.2	Embung Lokok Tawah.....	144
15.3.3	Bendungan Jelantik	146
15.3.4	Embung Babi	148
15.3.5	Bendungan Batu Tulis	149
15.3.6	Bendungan Surabaya.....	150
15.3.7	Embung Jurang Jaler.....	151
15.3.8	Bendungan Pandanduri	152
15.3.9	Bendungan Kali Ujung	154
15.3.10	Bendungan Tundak.....	155
15.3.11	Bendungan Jago	157
15.3.12	Bendungan Pengga	159
15.3.13	Bendungan Batujai	160
15.4	Evaluasi pada Peralatan Hidromekanikal Bendungan	161
15.4.1	Peralatan hidromekanikal bendungan Pandanduri	161
15.4.2	Peralatan hidromekanikal bendungan Pengga	162
15.4.3	Peralatan hidromekanikal bendungan Batujai	163
15.5	Kesimpulan	164
16.	TINJAUAN STRUKTUR BANGUNAN DALAM KEJADIAN GEMPA DI WILAYAH NTB	165
16.1	Pendahuluan.....	165
16.2	Pelajaran dari Gempa Lombok.....	166



16.2.1	Bangunan <i>Non-Engineered</i> (Rumah Tinggal)	166
16.2.2	Bangunan Engineered	167
16.2.3	Kerusakan pada Elemen Non-struktural.....	167
16.2.4	Kerusakan pada Elemen Struktur Sekunder	171
16.2.5	Kerusakan pada elemen Struktur Utama.....	172
16.3	Prinsip dan Kaidah Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	174
15.4	Kesimpulan	175
17.	KAJIAN KERENTANAN STRUKTUR BANGUNAN DI LOMBOK.....	177
17.1	Pendahuluan.....	177
17.2	Diskusi 181	
17.3	Usulan Perbaikan.....	182
17.4	Penutup 184	
18.	ANALISIS SPASIAL KERUSAKAN BANGUNAN SEKOLAH	185
18.1	Pendahuluan.....	185
18.2	Analisis Spasial.....	187
19.	KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	191
19.1	Kesimpulan	191
19.2	Rekomendasi	191
	REFERENSI	195

DAFTAR GAMBAR

- Gambar i.1 Tektonik aktif di wilayah Lombok berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Nasional 2017, dan lokasi mainshock pada tanggal 5 Agustus 2018 (M7.0) dan 19 Agustus (M6.9). Sumber Data epicenter: hasil relokasi BMKG pada 29 Juli – 19 Agustus 2018.xxi
- Gambar i.2 Indikasi Back Arc Thrust (warna merah) penyebab rangkaian Gempa Lombok 2018 (Pokja Geologi PuSGeN)xxxxiii
- Gambar i.3 Peta intensitas gempa Lombok pada skala MMI (atas) dan SIG-BMKG (bawah) tanggal 29 Juli 2018 (M6,4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (M6.9).....xxxxiv
- Gambar i.4 Distribusi 13 stasiun seismograf ITB – PUSGEN (segi tiga biru dan merah) sejak tanggal 2 Agustus 2018 dan lokasi episenter gempa M 7.0 (5 Agustus 2018, bintang merah) dan M 6.9 (19 Agustus 2018, bintang kuning) (Sumber data: BMKG).....xxxv
- Gambar i.5 Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 7.0 pada tanggal 5 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang merah), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03.xxxvii
- Gambar i.6 Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 6.9 pada tanggal 19 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang kuning), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03.xxxvii
- Gambar i.7 Observasi deformasi akibat gempa Lombok berdasarkan data INSAR, untuk gempa tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (M6.9) (Agustan, 2018).....xxxviii
- Gambar i.8 Kenaikan daratan (uplift) dan penurunan (subsidence) akibat gempa tanggal 5 Agustus dan 19 Agustus 2018 yang terobservasi dari data INSAR dan observasi lapanganxl
- Gambar i.9 Instalasi alat monitoring deformasi menggunakan GPS (Global Positioning System) kontinu semi-temporer. Segitiga merah dipasang sejak tanggal 11 Agustus 2018, dan segitiga biru dipasang sejak tanggal 15 Agustus 2018.xl

Gambar i.10	Peta intensitas gempa Lombok berdasarkan pengamatan lapangan a) gempa 29 Juli, b) gempa 5 Agustus dan c) gempa 19 Agustus 2018.	xli
Gambar i.11	Spektra gelombang percepatan gempa Lombok Timur 19 Agustus 2018 pada Stasiun TWSI (kiri) dan Stasiun MASE (kanan) xliii	
Gambar i.12	Kiri: Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gempa Bumi di Pulau Lombok (Badan Geologi). Warna kuning menandakan KRB Gempa bumi Menengah yang berpotensi mengalami guncangan dengan intensitas VII – VIII MMI, sedangkan warna pink dikategorikan sebagai KRB Gempa bumi Tinggi, yang berpotensi mengalami guncangan dengan intensitas > VIII MMI. Kanan: Peta MCE pada SNI 1726:2018, warna kuning artinya potensi mengalami guncangan 0.4-0.5 g..... xlv	
Gambar 1.1	Peta Tektonik dan sebaran pusat gempa pada rangkaian gempa Lombok 2018.	4
Gambar 2.1	Tim melakukan sosialisasi & diskusi dengan otoritas-komunitas-penyintas.	9
Gambar 2.2	Tim menemukan fakta-fakta penaikan daratan di Lombok Utara. 10	
Gambar 2.3	Tim menemukan fakta-fakta penurunan daratan di Teluk Nara.	11
Gambar 2.4	Tim menemukan kerusakan infrastruktur & tipe rumah tinggal.	12
Gambar 3.1	Distribusi 13 stasiun seismograf ITB – PUSGEN (segi tiga biru dan merah) sejak tanggal 2 Agustus 2018 dan lokasi episenter gempa M 7.0 (5 Agustus 2018, bintang merah) dan M 6.9 (19 Agustus 2018, bintang kuning) (Sumber data: BMKG)..... 13	
Gambar 3.2	Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 7.0 pada tanggal 5 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang merah), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03. 15	
Gambar 3.3	Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 6.9 pada tanggal 19 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang kuning), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03. 15	

Gambar 4.1	Observasi deformasi akibat gempa Lombok berdasarkan data INSAR, untuk gempa tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (M6.9) (Agustan, 2018).....	18
Gambar 4.2	Pembuatan dan pemasangan GPS di Lombok.....	19
Gambar 4.3	Lokasi titik GPS yang di pasang pada 11 Agustus 2018 (segitiga merah) dan seminggu setelahnya (segitiga biru).	20
Gambar 4.4	Contoh Analisis deformasi lanjutan paska gempa tahun 2006 di Pangandaran, Jawa Barat (Gunawan dkk., 2016).	20
Gambar 4.5	Time series observasi GPS di Lombok. Garis putus-putus vertical menandakan co-seismic gempa 19 Agustus 2018 (M6.5).	21
Gambar 4.6	Coseismic displacement untuk gempa bumi 19 Agustus (M6.5). 21	
Gambar 4.7	Kesesuaian observasi deformasi lapangan dengan deformasi dari data INSAR.	22
Gambar 5.1	Seismisitas Rangkaian Gempa Lombok serta Gempa Susulan, dan penampang melintang yang memperlihatkan sebaran pusat-pusat gempa rangkaian Gempa Lombok (BKG, 2018).....	24
Gambar 5.2	Kenaikan daratan (<i>uplift</i>) dan penurunan (<i>subsidence</i>) akibat gempa tanggal 5 Agustus dan 19 Agustus 2018 yang terobservasi dari data INSAR dan observasi lapangan.	24
Gambar 5.3	Indikasi <i>Back Arc Thrust</i> (warna merah) penyebab rangkaian Gempa Lombok 2018 (Pokja Geologi PuSGeN)	25
Gambar 5.4	Ilustrasi <i>Cross Section</i> sumber gempa di Lombok (grafis oleh Box Breaker dengan diskusi substansi bersama tim PuSGeN).....	26
Gambar 6.1	Rock fall di tepi Jalan Raya Mataram – Senggigi (kiri) dan di daerah Bayan (kanan).	28
Gambar 6.2	Longsoran pada tepi Jalan Raya Lombok Utara, Kecamatan Gangga. Debris berupa batuan tuff dari Formasi Lekopiko.....	29
Gambar 6.3	(kiri) Pergerakan tanah pada tepi jembatan daerah Bayan, Lombok Utara dan (kanan) <i>lateral spread</i> yang diikuti oleh likuifaksi (kotak merah).....	30
Gambar 6.4	Jejak likuifaksi (<i>liquefaction</i>), retakan tanah yang disertai dengan keluarnya air bersamaan dengan lumpur.	31
Gambar 6.5	Lubang-lubang hasil likuifaksi yang banyak dijumpai di daerah sekitar pantai. Lubang yang terbentuk di tepi pantai cenderung membentuk kerucut terbalik (kanan).....	32
Gambar 6.6	Dampak gempa pada rumah penduduk yang dibangun di atas dataran alluvial (kiri) dan pada batuan breksi dan lava (kanan)..	33

Gambar 6.7	Dampak gempa pada rumah penduduk yang dibangun di atas dataran alluvial (kiri) dan pada batuan breksi dan lava (kanan)..	34
Gambar 7.1	Peta geologi wilayah Pulau Lombok (Mangga dkk., 1994).	36
Gambar 7.2	Peta kejadian gempa disekitar pulau Lombok Perioda 1973 – Juli 2018 (Sumber: USGS, 2018).	37
Gambar 7.3	Pusat gempa dengan beberapa gempa susulan yang terjadi tanggal 29 Juli 2018 di Lombok Timur.....	38
Gambar 7.4	Kerusakan bangunan di Dusun Malempo, Desa Obel-obel, Kecamatan Sambelia akibat gempa tanggal 29 Juli 2018.	41
Gambar 7.5	Retakan tanah yang teridentifikasi di wilayah Dusun Malempo, Desa Obel-obel, Kecamatan Sambelia, dengan arah retakan pada N85oE dan N110oE.	41
Gambar 7.6	Kerusakan bangunan di Dusun Ketapang, Desa Madayin, Kecamatan Sambelia akibat gempa tanggal 29 Juli 2018. Tidak terjadi kerusakan pada bangunan yang terbuat dari kayu dan bambu.....	42
Gambar 7.7	Gerakan tanah pada jalan setapak di dekat pemukiman yang terjadi akibat goncangan gempa di Dusun Ketapang.	42
Gambar 7.8	Kerusakan bangunan di Desa Sajang, Kecamatan Sembalun akibat gempa 29 Juli 2018.	43
Gambar 7.9	Retakan tanah yang teridentifikasi di Desa Sajang, Kecamatan Sembalun.	44
Gambar 7.10	Retakan tanah pada jalur pendakian mulai pos 4 Bukit Penyesalan sampai titik awal Plawangan (Foto: Tim TDGT - PVMBG).....	45
Gambar 7.11	Retakan dan Potensi Longsor pada sumber mata air (Foto: Tim TDGT - PVMBG).....	45
Gambar 7.12	Sebaran nilai intensitas gempa berdasarkan hasil pengamatan dampak gempa terhadap bangunan serta wawancara dengan penduduk.	47
Gambar 7.13	Peta Pusat dan Intensitas gempa tanggal 29 Juli 2018 berdasarkan hasil pemeriksaan sebaran kerusakan dan besaran goncangan yang dirasakan masyarakat.	47
Gambar 8.1	Peta geologi wilayah Pulau Lombok (Mangga dkk., 1994).	55
Gambar 8.2	Batuan rombakan gunungapi muda berupa tuff dan breksi gunungapi mengalami retakan tanah akibat gempabumi tanggal 5 Agustus 2018 di daerah Gangga.....	55

Gambar 8.3	Tidak terlihat adanya jejak tsunami di Pantai Tampes, Desa Selengan, Kecamatan Kayangan akibat gempa tanggal 5 Agustus 2018. Terlihat adanya retakan tanah berarah NW-SE	58
Gambar 8.4	Sebaran sesar minor permukaan di Desa Selengan, Kecamatan Kayangan.....	58
Gambar 8.5	Sebaran sesar minor permukaan di Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan.....	59
Gambar 8.6	Sebaran sesar minor permukaan di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga, Kabupaten Lombok Utara.....	59
Gambar 8.7	Off set vertikal setinggi 44 cm akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Desa Selengan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.....	60
Gambar 8.8	Sesar minor permukaan (minor surface rupture) berarah barat – timur akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga, Kabupaten Lombok Utara.	60
Gambar 8.9	Sesar minor permukaan berarah barat – timur akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.	61
Gambar 8.10	Sesar minor permukaan akibat kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 dengan off set vertikal sekitar 10 cm dan mengakibatkan kerusakan rumah penduduk di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga, Kabupaten Lombok Utara.	61
Gambar 8.11	Kenampakan likuifaksi tipe sand boil akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.	62
Gambar 8.12	Kenampakan likuifaksi jenis spreading lateral akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Kecamatan Gangga.	62
Gambar 8.13	Likuifaksi akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 mengakibatkan kerusakan rumah penduduk dan sumur menjadi miring di Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.	63

Gambar 8.14	Retakan tanah akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 mengakibatkan kerusakan jalan di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.....	63
Gambar 8.15	Gerakan tanah dipicu kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 menutup jalan raya di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.....	64
Gambar 8.16	Retakan tanah mengarah ke lembah akibat kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018. Retakan tanah ini berpotensi menjadi bidang gelincir gerakan tanah bila dipicu curah hujan melalui retakan tanah yang terbentuk.	64
Gambar 8.17	Gedung Alfa Mart di daerah Karang Bedil Kota Mataram roboh akibat kejadian gempa susulan setelah kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018.	66
Gambar 8.18	Kerusakan gedung karantina di jalan Adisucipto Kota Mataram kejadian gempa bumi Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018. ...	67
Gambar 8.19	Peta intensitas gempa Lombok Utara tanggal 15 Agustus 2018.	67
Gambar 9.1	Peta geologi pulau Lombok dimodifikasi dari peta geologi lembar Lombok skala 1:250.000 (Andi Mangga, dkk., 1994) serta lokasi kerusakan hasil pemeriksaan lapangan.....	71
Gambar 9.2	Peta dampak gempa tanggal 19 Agustus 2018.	72
Gambar 9.3	Peta intensitas gempa Lombok 19 Agustus 2018.....	73
Gambar 9.4	Retakan tanah berarah N050°E mengakibatkan kerusakan jalan di Pelabuhan Kayangan, Desa Labuhan Lombok, akibat gempa 19 Agustus 2018.	73
Gambar 9.5	Retakan tanah berarah N 45°E mengakibatkan kerusakan jalan di Pelabuhan Kayangan, Desa Labuhan Lombok, akibat gempa 19 Agustus 2018.	74
Gambar 9.6	Kenampakan likuifaksi di Pelabuhan Kayangan, Desa Labuhan, Kecamatan Sambelia, akibat gempa 19 Agustus 2018.....	74
Gambar 9.7	Kerusakan rumah dan retakan tanah di Desa Padak Guar, Kecamatan Sambelia.....	75
Gambar 9.8	Kerusakan jalan akibat likuifaksi dan retakan tanah berarah N195°E di Desa Belanting, Kecamatan Sambelia.....	75
Gambar 9.9	Peta perioda dominan berdasarkan pengukuran mikrotremor daerah Kabupaten Lombok Timur.....	76
Gambar 9.10	Peta amplifikasi gempa berdasarkan pengukuran mikrotremor daerah Kabupaten Lombok Timur.....	77

Gambar 10.1	Peta situasi gerakan tanah di area Plawangan dan sekitarnya paska gempa Lombok 6,4 SR tanggal 29 Juli 2018.	81
Gambar 10.2	Retakan pada jalur pendakian mulai pos 4 Bukit Penyeselan sampai titik awal Pelawangan. Retakan-retakan ditemukan hampir sepanjang jalur dengan arah umum barat daya-timur laut sampai barat – timur.....	82
Gambar 10.3	Foto-foto longsoran / runtuhan batu yang terjadi ketika gempa susulan. Longsoran pada dinding kawah yang terjadi saat terjadi gempa pada hari jumat pagi (Kiri bawah). Kiri atas longsoran pada lereng Gunung Sangkareang. Kanan runtuhan batu pada lereng di sekitar jalur pendakian menuju Pelawangan Sembalun.....	82
Gambar 10.4	Longsor pada Bukit di atas Posko Madayin, Sambelia paska gempa susulan 4 Agustus 2018. Endapan longsor tersebut berpotensi berkembang menjadi aliran bahan rombakan pada musim penghujan (atas). Longsor pada Bukit Mentareng, Obel-Obel, Sambelia paska gempa susulan 4 Agustus 2018 (bawah). Endapan longsor tersebut berpotensi berkembang menjadi aliran bahan rombakan pada musim penghujan.....	84
Gambar 10.5	Runtuhan batuan dan dinding tebing yang telah terkekarkan pada jalur jalan Mataram-Senggigi-Pemenang yang dapat membahayakan pengguna jalan (kiri). Sepeda motor mengalami kecelakaan akibat menabrak bongkah batu yang jatuh dari tebing (kanan).	85
Gambar 10.6	Longsoran di daerah Gunung Sari pada jalur jalan Pemenang-Gunungsari-Mataram.....	85
Gambar 10.7	Retakan dan nendatan di Lokok Piko, Dusun Jugil Barat pada badan jalan antara Pemenang – Kayangan (atas). Jejak likuifaksi yang dijumpai disebelah barat retakan pada badan jalan (bawah).	
	86	
Gambar 10.8	Longsoran pada tebing antara Menangacangkring dan Kali Penggolong pada jalur Pemenang – Kayangan yang menghambat kelancaran lalu lintas dan membahayakan pengguna jalan karena longsoran masih aktif. Kanan, longsoran yang terjadi pada saat pemeriksaan. Kepulan asap berasal dari material yang bergerak turun ketika dirasakan gempa susulan (kiri). Longsoran pada tebing jalan antara Siduran dan Beraringan pada jalaur Jalan Pemenang-Kayangan (kanan).....	87

Gambar 10.9	Peta situasi gerakan tanah pada jalur jalan Gangga-Kayangan Kab.Lombok Utara, NTB.....	88
Gambar 10.10	Gawir longsoran bahan rombakan akibat gempa di Desa Selengen, Kec. Kayangan. Material longsor membendung badan sungai sehingga alirannya terhambat dan berubah jalur.....	89
Gambar 10.11	Kondisi daerah gerakan tanah di Desa Loloan, Kec. Bayan, Kab. Lombok Utara. Nampak permukiman di bawah gawir terjal yang terancam oleh gerakan tanah (atas). Gawir longsor di Desa Loloan, Kec. Bayan, Kab. Lombok Utara. Sebagian material longsor terlihat masih tersisa di bagian atas gawir yang berpotensi longsor kembali jika hujan turun atau terkena guncangan gempa (bawah)	90
Gambar 10.12	Longsoran bahan rombakan pada tebing sungai di Desa Senaru, Kec. Bayan. Material longsor berpotensi membendung aliran sungai, mengancam saluran irigasi dan menutup jalur wisata menuju Air Terjun Sindanggile (kiri). Beberapa gawir longsoran di bagian hulu Air Terjun Sindanggile. Longsor dengan dimensi serupa banyak terjadi di sepanjang tebing sungai ini (kanan).....	91
Gambar 10.13	Peta sebaran gerakan tanah dipicu kejadian gempa Lombok tahun 2018. Peta ZKGT modifikasi dari Luthfi dkk (2008) dan Djadja (2008).....	91
Gambar 11.1	Survei yang dilakukan pada tanggal 10-13 Agustus 2018.....	94
Gambar 11.2	Kerusakan Kantor KKP di Kota Mataram	95
Gambar 11.3	Kerusakan bangunan minimarket di Kota Mataram	95
Gambar 11.4	Salah satu Pos Pengungsian di Kota Mataram.	96
Gambar 11.5	Foto foto kerusakan di desa Selat oleh gempa Lombok.....	97
Gambar 11.6	Foto udara kerusakan di Desa Selat, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat.	98
Gambar 11.7	Foto foto kerusakan di desa Malaka oleh gempa Lombok.	99
Gambar 11.8	Foto kerusakan hunian di desa Malaka Kabupaten Lombok Utara oleh gempa Lombok.....	99
Gambar 11.9	Kerusakan sebuah Hotel di Senggigi oleh gempa Lombok.	100
Gambar 11.10	Kerusakan gapura perbatasan Kabupaten Lombok Barat dan Kabupaten Lombok Utara.	100
Gambar 11.11	Kerusakan salah satu bangunan Puskesmas di Kabupaten Lombok Utara.	101
Gambar 11.12	Pospenas Tanjung, Kabupaten Lombok Utara.	101

Gambar 11.13 Kerusakan salah satu bangunan masjid di kabupaten lombok Utara	102
Gambar 11.14 Kerusakan salah satu took di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara	102
Gambar 11.15 Kerusakan di kantor BPBD kabupaten Lombok Utara	103
Gambar 11.16 Kerusakan salah satu masjid rubuh di Kabupaten Lombok Utara ..	103
Gambar 11.17 Kerusakan bangunan di desa Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat.....	103
Gambar 11.18 Retakan pada jalan di jalan utama sekitar Tanjung, Kabupaten Lombok Utara	104
Gambar 11.19 Land subsidence di Desa Pemenang Barat, Kabupaten Lombok Utara, mengakibatkan air laut masuk hingga sekitar 300 meter ke darat.....	105
Gambar 11.20 Foto udara Land subsidence di Desa Pemenang Barat, Kabupaten Lombok Utara	105
Gambar 11.21 Likuifaksi di Pemenang Barat, Kabupaten Lombok Utara.....	106
Gambar 11.22 Diskusi dan koordinasi dengan tim dari berbagai instansi dan stakeholder.	107
Gambar 12.1 Area survey kerusakan bangunan akibat gempa Lombok 5 Agustus 2018	110
Gambar 12.2 Persiapan dan pelaksanaan pengambilan foto udara dengan menggunakan drone di lokasi area kerusakan Gunung Sari, Kab. Lombok Barat.....	111
Gambar 12.3 Tipikal kerusakan bangunan rumah tinggal di daerah Lombok berupa runtuhan pada dinding pasangan, hancuran pada sambungan dinding – kolom dan runtuhan pada rangka atap. Hampir seluruhnya diakibatkan kondisi bahan yang sudah tua (lapuk) atau bangunan tanpa rangka struktur kolom dan balok.	113
Gambar 12.4 Contoh kerusakan pada bangunan dengan rangka struktur yang masih berdiri walaupun sudah rusak berat (gambar kiri), sedangkan gambar kanan memperlihatkan bangunan dengan kondisi struktur yang baik tidak mengalami kerusakan dimana lingkungan sekitarnya mayoritas bangunan mengalami rusak berat – runtuh.....	113

- Gambar 12.5 Pemeriksaan bangunan gedung sekolah SDN 2 yang berlokasi di Gunung Sari yang memperlihatkan kerusakan pada bagian-bagian struktur dan non struktur berupa: retak geser-lentur pada dinding, plesteran dinding terkelupas, dinding terpisah/terlepas pada pertemuan dengan kolom akibat tidak dipasang angker, pada beberapa bagian ditemukan jatuhnya plafon. Secara keseluruhan bangunan ini dapat dikategorikan rusak sedang. . 114
- Gambar 12.6 Pemeriksaan bangunan gedung sekolah SDN 1 Lembah Sari yang berlokasi di Jalan Raya Mataram – Tanjung), Kel. Lembahsari, Kec. Batu Layar, yang memperlihatkan runtuhan pada bangunan tambahan, kerusakan pada bagian-bagian struktur dan non struktur berupa: retak geser-lentur pada dinding, plesteran dinding terkelupas, Secara keseluruhan bangunan ini dapat dikategorikan rusak ringan – roboh. 114
- Gambar 12.7 Penyebaran area kerusakan yang sudah teramat secara cepat akibat gempa bumi Lombok 5 Agustus 2018. Simbol bintang lima adalah lokasi episenter gempa-gempa besar yang bersumber dari BMKG. Sumber peta dasar: Peta Rupa Bumi Indonesia dari BIG (2018)..... 115
- Gambar 12.8 Penyebaran area kerusakan di Lombok Barat akibat gempa Lombok 5 Agustus 2018 dan beberapa foto udara yang diambil dari drone di lokasi Selat dan Gunung Sari. Mayoritas bangunan pada area ini mengalami rusak berat-runtuh seperti terlihat pada foto-foto yang diambil dari udara. Sumber peta dasar: Peta Rupa Bumi Indonesia dari BIG (2018). 116
- Gambar 13.1 Peta epicenter gempa Lombok (relokasi : Supendi, 2018). 119
- Gambar 13.2 Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 29 Juli 2018. 121
- Gambar 13.3 Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 05 Agustus 2018. 123
- Gambar 13.4 Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 09 Agustus 2018. 124

Gambar 13.5	Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 19 Agustus 2018.	125
Gambar 14.1	Hazard probabilistik lokasi Pulau Lombok dan sekitarnya berdasarkan SNI 1726-2012.	127
Gambar 14.2	Kontribusi masing-masing mekanisme sumber gempa terhadap hazard gempa pada peta gempa 2010.	128
Gambar 14.3	PGA gempa Lombok Agustus 2018 dibandingkan dengan PGA hazard probabilistik pada peta gempa 2017.	129
Gambar 14.4	Mekanisme perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah.	129
Gambar 14.5	Jenis tanah di Pulau Lombok.	130
Gambar 14.6	Percepatan di permukaan tanah pada peta gempa 2017.	130
Gambar 14.7	Perbandingan respons spektra di permukaan berdasarkan SNI dan pengukuran gempa Lombok Agustus 2018: (a) Di lokasi Praya, (b) Di lokasi Taliwang.	132
Gambar 14.8	Plot PGA yang terukur di lokasi Praya dan Taliwang dibandingkan dengan perhitungan menggunakan beberapa fungsi atenuasi percepatan gempa.	132
Gambar 14.9	Kerusakan pada badan jalan akibat likuifaksi di daerah Bayan: (a) Lateral spreading pada badan jalan; (b) Lubang pada badan jalan.	134
Gambar 14.10	(a) Kondisi air sumur di Kota Mataram yang berubah menjadi keruh setelah gempa; (b) Sumur di daerah Bayan yang menjadi tersumbat setelah gempa.	135
Gambar 14.11	(a) Distribusi ukuran butiran tanah yang rentan terhadap likuifaksi.	136
Gambar 15.1	Kisaran jarak bendungan dengan pusat gempa tanggal 29 Juli 2018	143
Gambar 15.2	Tampak atas bendungan Gegurik.....	143
Gambar 15.3	Kerusakan pada puncak bendungan Gegurik	144
Gambar 15.4	Tampak atas embung Lokok Tawah.	145
Gambar 15.5	Kerusakan pada puncak embung Lokok Tawah.....	146
Gambar 15.6	Tampak atas bendungan Jelantik.	147
Gambar 15.7	Puncak bendungan dan daerah genangan bendungan Jelantik.	147

Gambar 15.8	Tampak atas embung Babi dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.	148
Gambar 15.9	Kondisi embung Babi setelah diguncang gempa Lombok.	148
Gambar 15.10	Tampak atas bendungan Batutulis dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.	149
Gambar 15.11	Kondisi bendungan Batu Tulis setelah diguncang gempa Lombok..	149
Gambar 15.12	Tampak atas bendungan Surabaya dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.	150
Gambar 15.13	Kondisi bendungan Surabaya setelah diguncang gempa Lombok...	150
Gambar 15.14	Tampak atas embung Jurang Jaler dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.	151
Gambar 15.15	Kondisi embung Jurang Jaler setelah diguncang gempa Lombok....	151
Gambar 15.16	Tampak atas bendungan Pandanduri dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.	152
Gambar 15.17	Kondisi bendungan Pandanduri setelah diguncang gempa Lombok.	152
Gambar 15.18	Retakan pada jalan akses antara Saddle Dam 8 dan Saddle Dam 9	153
Gambar 15.19	Tampak atas bendungan Kali Ujung.	154
Gambar 15.20	Kondisi bendungan Kali Ujung setelah diguncang gempa Lombok.	155
Gambar 15.21	Foto puncak bendungan Tundak setelah diguncang Gempa Lombok.	156
Gambar 15.22	Pengerukan lumpur dari dalam reservoir bendungan Tundak..	156
Gambar 15.23	Foto kerusakan pada puncak bendungan Jago.	157
Gambar 15.24	Pengukuran lebar retakan pada puncak bendungan Jago.....	158
Gambar 15.25	Rehabilitasi puncak bendungan Jago.	158
Gambar 15.26	Bendungan Pengga setelah diguncang Gempa.	159
Gambar 15.27	Kondisi bendungan Pengga setelah diguncang gempa Lombok.159	
Gambar 15.28	Puncak bendungan Batujai.....	160
Gambar 15.29	Kondisi bendungan Batujai setelah diguncang gempa Lombok. 160	
Gambar 15.30	Kondisi Bangunan Pelimpah (spillway) dan Bangunan Pengambilan bendungan Pandanduri.	161

Gambar 15.31	Kondisi Bangunan Pelimpah (spillway) dan stop log bendungan Pengga setelah diguncang gempa	162
Gambar 15.32	Kondisi Bangunan Pelimpah (spillway) bendungan Batujai setelah diguncang gempa.	163
Gambar 16.1	Kerusakan pada bangunan non-engineered oleh gempa Lombok	167
Gambar 16.2	Dinding tidak terikat dengan baik.	168
Gambar 16.3	Kerusakan pada plafond akibat kurangnya pengaku.	169
Gambar 16.4	Ornamen arsitektural yang lepas.	170
Gambar 16.5	Fenomena pounding dan rip off.....	170
Gambar 16.6	Kerusakan akibat penyatuhan tangga	172
Gambar 16.7	Soft Story.	173
Gambar 16.8	Bangunan yang runtuh.	174
Gambar 17.1	Masjid Kerandangan dan ragam kerusakan pada kolom.....	177
Gambar 17.2	Lokasi bangunan kajian pertama.....	177
Gambar 17.3	Pengukuran kuat tekan beton dengan <i>hammer</i> , pengukuran dimensi tulangan, dan pengukuran dimensi struktur.....	178
Gambar 17.4	Penampang kolom tipe bundar dan tipe persegi.	179
Gambar 17.5	Ragam getar model bangunan pada $T_1 = 0,52372$ detik (arah Y) dan $T_2 = 0,52141$ detik (arah X).	180
Gambar 17.6	Desain Spektrum di Lokasi Bangunan (Sumber: puskim.pu.go.id). ..	180
Gambar 17.7	Kapasitas kolom terlampaui pada percepatan spectral 0,2 g pada arah X (gambar kiri) dan arah Y (gambar kanan).	180
Gambar 17.8	Penambahan bresing pada model bangunan menyebabkan turunnya T_1 menjadi 0,17836 detik (arah Y) dan T_2 menjadi 0,13372 detik (arah X).	182
Gambar 17.9	Kapasitas kolom belum terlampaui pada percepatan spectral 0,4 g pada arah X (gambar kiri) dan arah Y (gambar kanan).	183
Gambar 17.10	Gaya aksial maksimal pada bresing (pada sisi belakang gedung sebesar 142 kN masih lebih kecil dari kapasitas bresing sebesar 390 kN.....	183
Gambar 18.1	Kerusakan bangunan SD 1 Gondang, Kabupaten Lombok Utara....	186
Gambar 18.2	Infografis kerusakan sekolah (Seknas dan Box Breaker, 2018)..	186
Gambar 18.3	Distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dan Sumbawa.	188

Gambar 18.4	Overlay distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dengan Peta Intensitas dari BMKG	188
Gambar 18.5	Overlay distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dengan Peta Geologi dari Badan Geologi.....	189
Gambar 18.6	Overlay distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dengan Peta Kerawanan Bencana Gempa dari Badan Geologi.....	189

DAFTAR TABEL

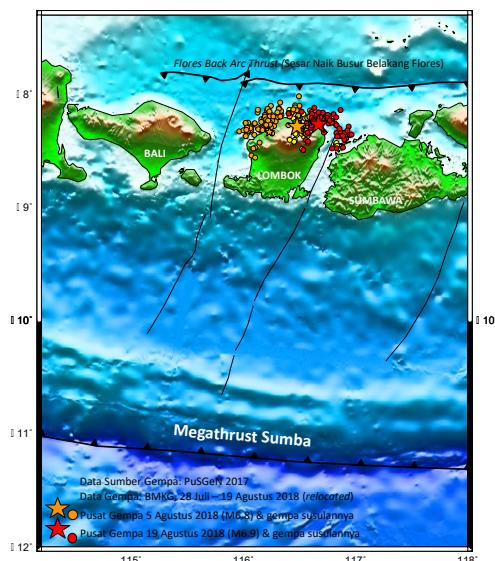
Tabel 7.1	Kejadian gempa merusak dan tsunami di Pulau Lombok (Supartoyo dkk., 2014)	39
Tabel 7.2	Dampak kejadian gempa tanggal 29 Juli 2018 bersumber dari data BNPB hingga tanggal 5 Agustus 2018, pukul 09:50 WITA.....	40
Tabel 7.3	Hasil wawancara dengan penduduk mengenai guncangan gempa tanggal 29 Juli 2018.....	48
Tabel 8.1	Dampak kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 menurut data dari BNPB (15 Agustus 2018, 21:50 WITA).	56
Tabel 13.1	Nilai Peak Ground Acceleration gempa M6.4 tanggal 29 Juli 2018. 121	
Tabel 13.2	Nilai Peak Ground Acceleration gempa M7.0 tanggal 05 Agustus 2018.	122
Tabel 13.3	Nilai Peak Ground Acceleration gempa M5.9 tanggal 09 Agustus 2018.	123
Tabel 13.4	Nilai Peak Ground Acceleration gempa M6.9 tanggal 19 Agustus 2018.	125
Tabel 15.1	Daftar Bendungan di pulau Lombok.....	140
Tabel 15.2	Kisaran jarak bendungan di pulau Lombok dengan pusat gempa besar tanggal 29 Juli 2018.....	141
Tabel 16.1	Rangkaian gempa yang terjadi di Lombok yang tercatat oleh BMKG... ..	166
Tabel 17.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kolom dengan Hammer Test ...	179

EXECUTIVE SUMMARY

RANGKAIAN GEMPA LOMBOK 2018

Rangkaian Gempa Lombok 2018

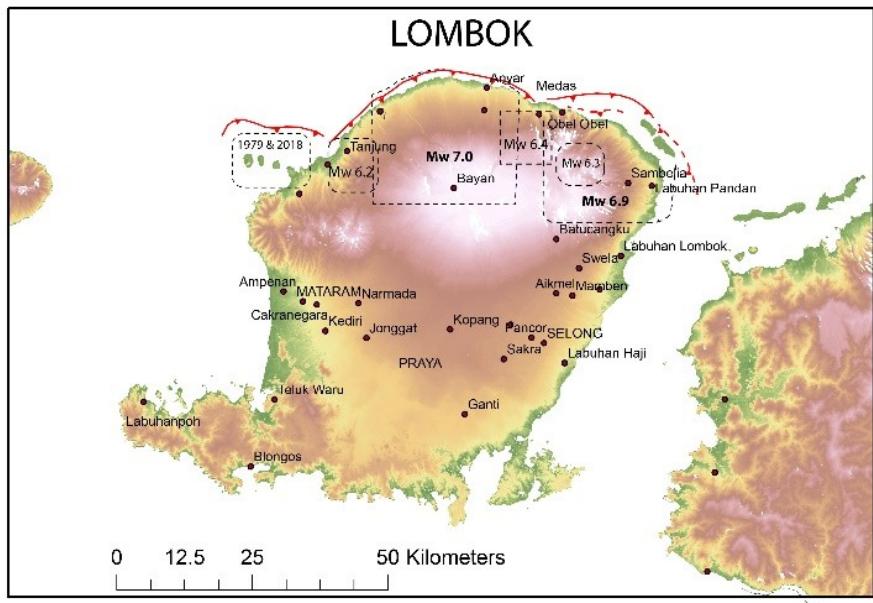
Pulau Lombok mengalami rangkaian gempa dimulai pada tanggal 29 July 2018 (M6.4) sebagai *foreshock*, 5 August 2018 (M7.0) sebagai *mainshock* pertama, 9 Agustus 2018 (M6.2) sebagai *aftershock* signifikan, serta 19 August 2018 yang didahului *foreshock* M6.3 dan *mainshock* kedua M6.9 sepuluh jam setelahnya. Wilayah Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), terletak pada kawasan tektonik aktif, dimana menurut buku Sumber dan Bahaya Gempa Nasional 2017, Pulau Lombok dikelilingi oleh beberapa sumber gempa, yaitu diantaranya Zona Back Arc Thrust di wilayah utara, megathrust di selatan, dan sistem sesar geser di sisi barat dan timurnya. Tektonik aktif wilayah Lombok serta lokasi kedua *mainshock* serta sebaran *foreshock* dan *aftershock* diperlihatkan pada Gambar i.1.



Gambar i.1 Tektonik aktif di wilayah Lombok berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Nasional 2017, dan lokasi mainshock pada tanggal 5 Agustus 2018 (M7.0) dan 19 Agustus (M6.9). Sumber Data epicenter: hasil relokasi BMKG pada 29 Juli – 19 Agustus 2018.

Berdasarkan data lokasi geografis dari sebaran gempa-gempa dan mekanisme fokal gempa, diketahui rangkaian gempa-gempa yang terjadi terkait dengan pergerakan **sesar naik** di busur belakang Pulau Lombok. Hasil overlay antara model *background seismicity* dengan pola sebaran *aftershock*, memperlihatkan adanya indikasi bahwa sebaran *aftershock* bersesuaian dengan pola *background seismicity* yang memperlihatkan adanya pola kluster barat dan kluster timur. Dengan demikian, rangkaian gempa yang terkait mainshock pertama dan kedua diduga berasal dari dua segmen *thrust* yang bersebelahan. Hasil interpretasi data InSAR yang dilakukan oleh beberapa pakar dan institusi (Agustan, 2018; Teguh, 2018, NASA, 2018) memperlihatkan terjadinya deformasi sesar yang menyebabkan sisi utara Pulau Lombok naik rata-rata sekitar 25 cm. Merefer beberapa hasil pengamatan dan pengolahan data Insar serta parameter sesar gempa utama sejak 29 Juli sampai dengan 19 Agustus 2018, selanjutnya dilakukan evaluasi awal simulasi model deformasi, *uplift* dan gradient perpindahan yang dikaitkan dengan pola *background seismicity*. *Uplifting* pada umumnya terjadi di pantai utara Lombok dalam orde puluhan cm. Dari studi simulasi, ada indikasi perpindahan pembebanan strain/stress yang memicu terjadinya rentetan gempa utama. Akibat kejadian gempa tanggal 19 Agustus, ada kecenderungan pola pembebanan strain/stress ke arah timur.

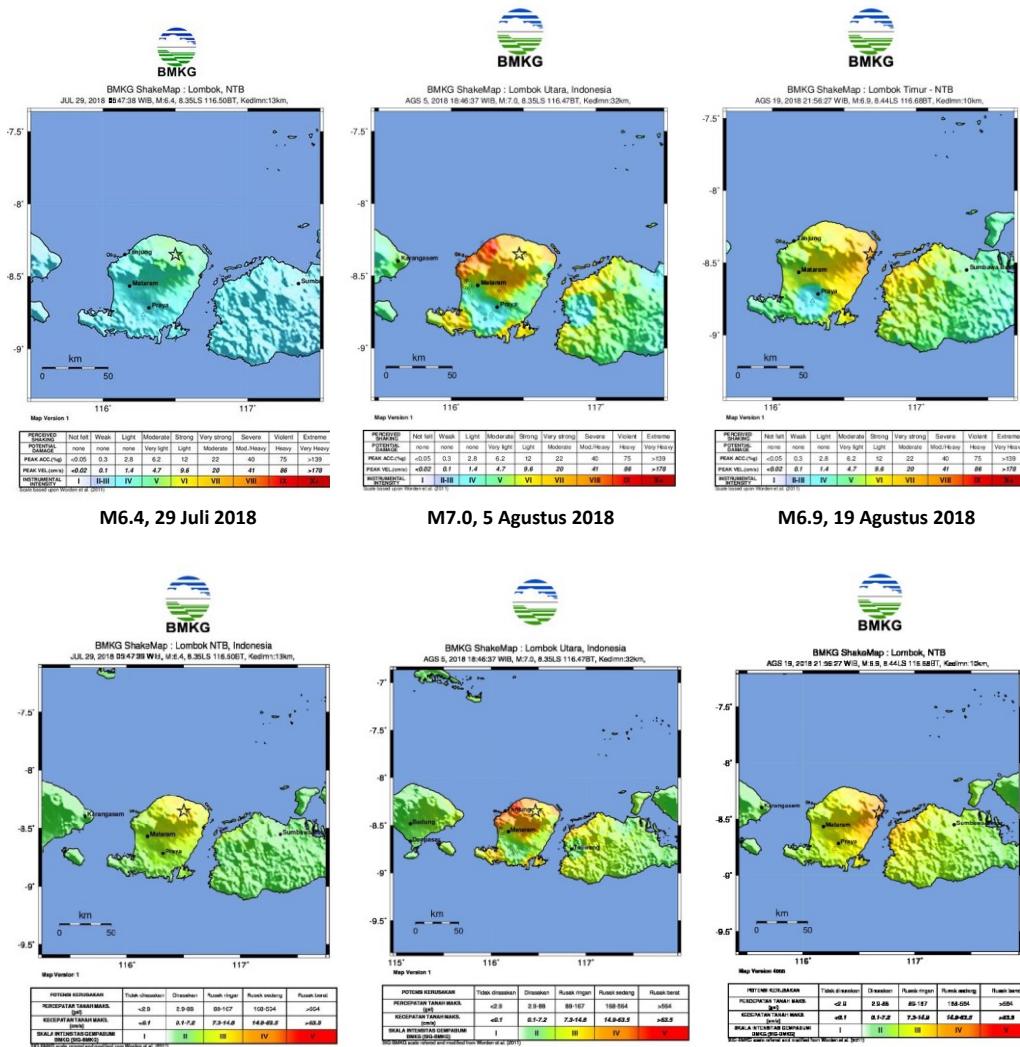
Hasil analisa sementara menunjukkan bahwa jalur muka sesar naik yang menjadi sumber gempa Lombok lebih dekat dengan daratan Lombok dibandingkan perkiraan sebelumnya, seperti yang sudah dipetakan pada peta gempa nasional 2017 (Gambar i.2), sehingga kejadian ini akan menjadi bahan masukkan untuk revisi peta berikutnya. Untuk itu maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendetailkan sumber gempa ini serta implikasinya pada area yang berdekatan. Jalur sesar naik busur belakang ini sering disebut sebagai sesar Flores karena dikaitkan dengan kejadian gempa-tsunami di Flores tahun 1992 yang mengakibatkan korban sampai sekitar 2000 orang. Namun karena jalur sesar ini membentang mulai dari Pulau Alor-Wetar, Flores, Sumbawa, Lombok, sampai Bali; maka mungkin dapat diusulkan untuk dinamakan sebagai Zona Sesar Busur Belakang Nusa Tenggara yang terdiri dari banyak segmen, termasuk segmen Lombok yang menjadi sumber gempa Lombok baru-baru ini.



Gambar i.2 Indikasi Back Arc Thrust (warna merah) penyebab rangkaian Gempa Lombok 2018 (Pokja Geologi PuSGeN)

Intensitas

Peta intensitas yang dikeluarkan BMKG menunjukkan bahwa rangkaian gempa pendahuluan dan gempa utama yang terjadi memiliki intensitas pada rentang IV-VIII MMI atau II - IV pada Skala Intensitas Gempa BMKG (SIG-BMKG), yang diperlihatkan pada Gambar i.3. Berdasarkan hasil analisis dan survei lapangan, BMKG menyimpulkan bahwa dampak gempa yang terjadi pada tanggal 5 Agustus dan tanggal 19 Agustus 2018 mencapai maksimum intensitas VIII-IX MMI di daerah Lombok Barat, Lombok Timur, dan Lombok Utara. Hal ini berarti bahwa bangunan-bangunan yang telah didesain dan dilaksanakan dengan memperhatikan kaidah-kaidah bangunan tahan gempa mestinya hanya mengalami kerusakan struktural ringan hingga sedang.

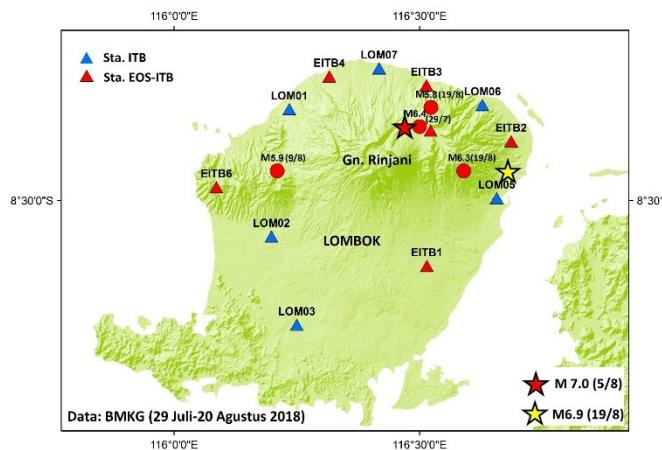


Gambar i.3 Peta intensitas gempa Lombok pada skala MMI (atas) dan SIG-BMKG (bawah) tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (M6.9)

Monitoring Seismology

Beberapa hari setelah kejadian gempa pertama ($M 6.4$, 29 Juli 2018), pada tanggal 2 Agustus 2018 Tim Seismologi KK Geofisika Global ITB-PUSGEN berangkat ke Lombok untuk melakukan instalasi seismograf yang bertujuan untuk pemantauan aktifitas gempa dan gempa susulan. Jaringan seismograf ini terdiri

dari 13 unit yang merupakan jaringan lokal kegempaan paling rapat untuk monitoring aktifitas rangkaian gempa Lombok 2018 (Gambar i.4). Distribusi stasiun seismograf meliputi Pulau Lombok, terutama di bagian Utara, Barat dan Timur yang merupakan zona lokasi episenter gempa utama dan daerah paling terdampak karena guncangan gempa-gempa tersebut.



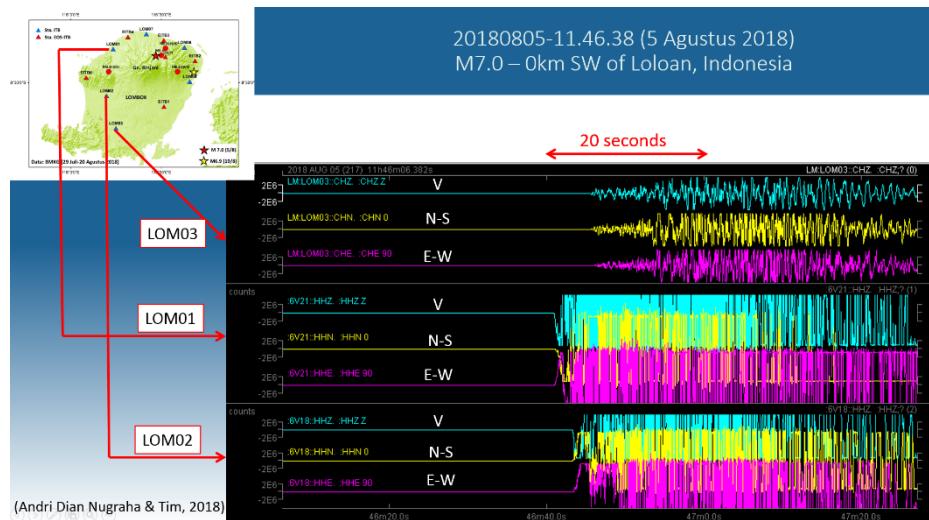
Gambar i.4 Distribusi 13 stasiun seismograf ITB – PUSGEN (segi tiga biru dan merah) sejak tanggal 2 Agustus 2018 dan lokasi episenter gempa M 7.0 (5 Agustus 2018, bintang merah) dan M 6.9 (19 Agustus 2018, bintang kuning) (Sumber data: BMKG).

Data-data rekaman gelombang (*waveform/seismogram*) dari jaringan seismograf tersebut diharapkan akan memberikan informasi sangat penting mengenai (i) lokasi hiposenter gempa utama dan gempa-gempa susulan dimana sampai saat ini ditentukan melalui jaringan regional/global sehingga masih mempunyai *uncertainty* lokasi hiposenter yang cukup tinggi terutama untuk kedalaman fokus gempanya, (ii) gempa-gempa kecil akan terekam dengan jelas, (iii) analisis mekanisme fokus, (iv) magnitudo dan b-value dan (v) struktur kecepatan seismik 3D bawah permukaan dari inversi tomografi serta metode-metode geofisika lainnya dengan data ini sehingga akhirnya geometrid dan segmen-semen sumber gempa akan terdefinisikan dengan baik. Pada tanggal 31 Agustus 2018, Tim Seismologi ITB – Pusgen melakukan pengambilan data (*download*) untuk pertama kalinya, berikut tampilan rekaman seismogram untuk gempa M 7 (5 Agustus 2018) dan M 6.9 (19 Agustus 2018) di stasiun LOM01, LOM02 dan LOM03 seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Untuk gempa M 7 (5 Agustus 2018) terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun ITB LOM01 kemudian LOM02

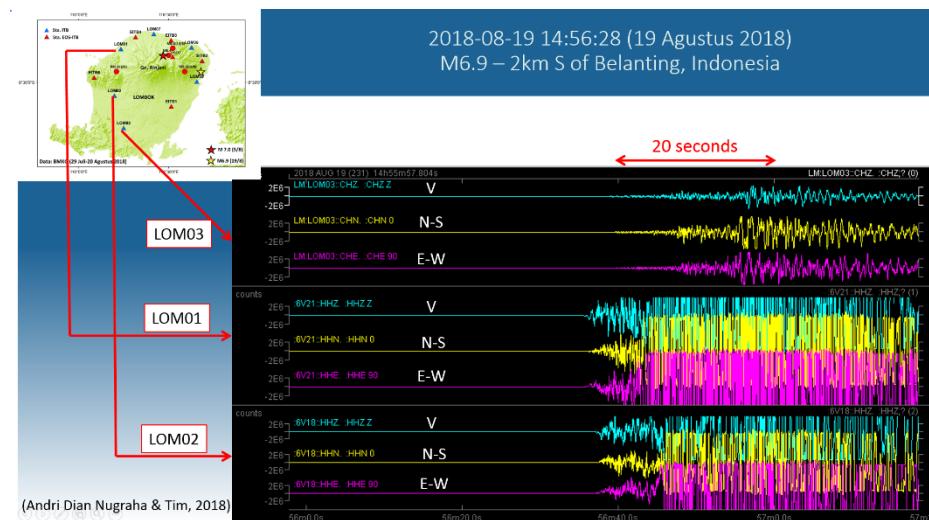
dan LOM03. Stasiun LOM01 relatif paling dekat dibandingkan kedua stasiun tersebut. Guncangan yang begitu kuat mengakibatkan rekaman seismogram LOM01 dan LOM02 terlihat *off scale* kemungkinan gelombang permukaan yang sangat kuat (Gambar 5). Untuk gempa M 6.9 (19 Agustus 2018) terlihat gelombang P juga pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di LOM02 dan LOM03, akan tetapi perbedaan waktu tiba di LOM1 dan LOM2 sangat kecil, kemungkinan jarak episenter terhadap kedua stasiun tersebut mirip. Guncangan yang begitu kuat juga mengakibatkan rekaman seismogram LOM01 dan LOM02 terlihat *off scale* kemungkinan gelombang permukaan yang sangat kuat (Gambar i.6). Analisis lebih detil dan mendalam akan diperoleh setelah rekaman di semua stasiun dilakukan pemrosesan dan interpretasi.

Monitoring Deformasi

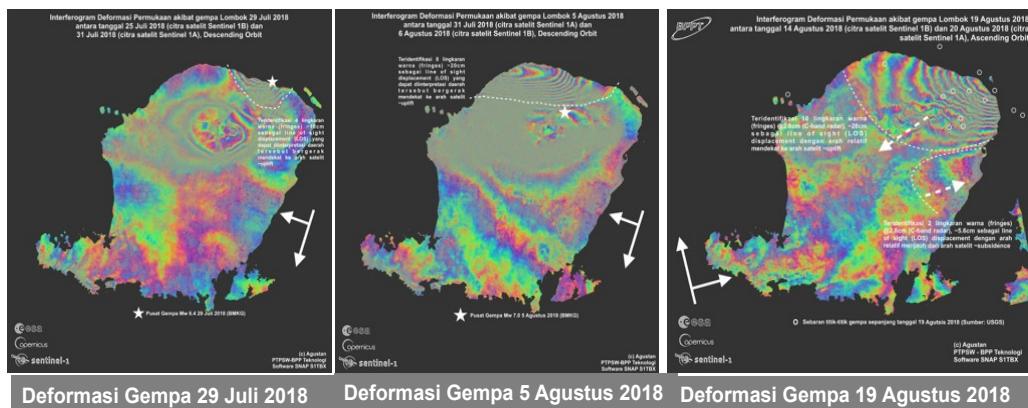
Deformasi akibat gempa terobservasi pada data satelit *Synthetic Aperture Radar* dengan teknik interferometeri (INSAR) yang diolah oleh Agustan (2018) dengan menggunakan citra satelit Sentinel. Metode ini membandingkan pola deformasi permukaan bumi menggunakan data satelit sebelum dan sesudah gempa. Hasil observasi INSAR mengungkapkan bahwa deformasi yang terjadi akibat gempa tanggal 29 Juli 2018 (M6.4) terjadi uplift atau pengangkatan daratan sebanyak 10 cm di daerah pesisir utara, dan penurunan sekitar 10 cm di sekitar gunung Rinjani. Kemudian gempa tanggal 5 Agustus 2018 (M7.0) mengakibatkan uplift sekitar 20 cm di wilayah utara, dan subsidence atau penurunan di wilayah pesisir Pemenang. Berikutnya gempa tanggal 19 Agustus 2018 (M6.9) mengakibatkan uplift sekitar 28 cm di sekitar pesisir utara Lombok Timur, dan penurunan sekitar 6 cm di pesisir timur. Secara total, perubahan permukaan yang terjadi akibat rangkaian gempa Lombok pada umumnya adalah kenaikan (*uplift*) di daerah pesisir utara dengan kumulatif sekitar 60 cm, tetapi juga terdapat penurunan (*subsidence*) yang terdeteksi di pantai barat dan timur sekitar 6-10 cm. Hasil deformasi observasi INSAR pada ketiga gempa tersebut diberikan pada Gambar i.7.



Gambar i.5 Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 7.0 pada tanggal 5 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang merah), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03.



Gambar i.6 Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 6.9 pada tanggal 19 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang kuning), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03.



Gambar i.7 Observasi deformasi akibat gempa Lombok berdasarkan data INSAR, untuk gempa tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (Agustan, 2018)

Observasi lapangan dilakukan oleh tim PuSGeN-LIPI-ITB-BPPT pada tanggal 10-12 Agustus 2018 dan ditemukan Koral mikroatoll yang terangkat di wilayah pesisir Lombok Utara daerah Kayangan-Bayan, serta penurunan (subsidence) disertai likuifikasi terobservasi di daerah Pemenang, Kab. Lombok utara di pesisir timur. (Gambar i.8). Observasi lapangan kedua dilakukan pada tanggal 5 September 2018, menemukan koral mikroatoll yang terangkat di pesisir utara Lombok sisi paling timur. Observasi lapangan ini sesuai dengan observasi deformasi dari data INSAR.

Sebagai komplementer dalam melakukan monitoring gempa, deformasi dan regangan yang terjadi akibat gempa Lombok, tim Geodesi PuSGeN juga telah memasang 5 jaringan temporer kontinu GPS pada 5 lokasi (Gambar i.9) di sepanjang wilayah utara Lombok sekitar pusat gempa. Pemasangan titik GPS ini bekerjasama dengan Universitas Mataram (UNRAM). Selain itu direncanakan akan dilakukan survei lanjutan untuk pengukuran deformasi dari koral mikroatoll.

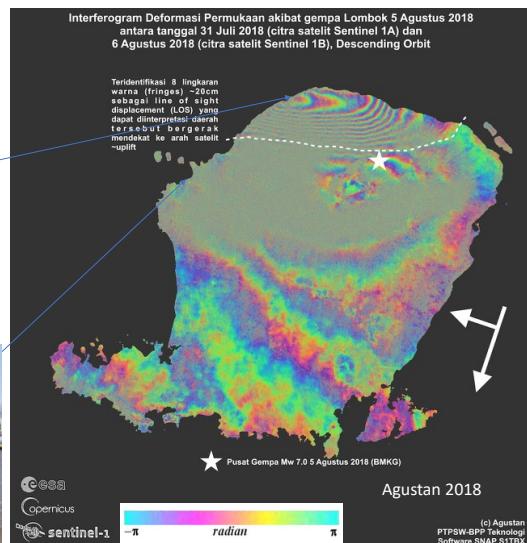
Dampak

Survei lapangan telah dilakukan oleh berbagai tim PuSGeN dari berbagai instansi seperti Badan Geologi Kementerian ESDM, Puskim Kementerian PUPR, BMKG, LIPI,

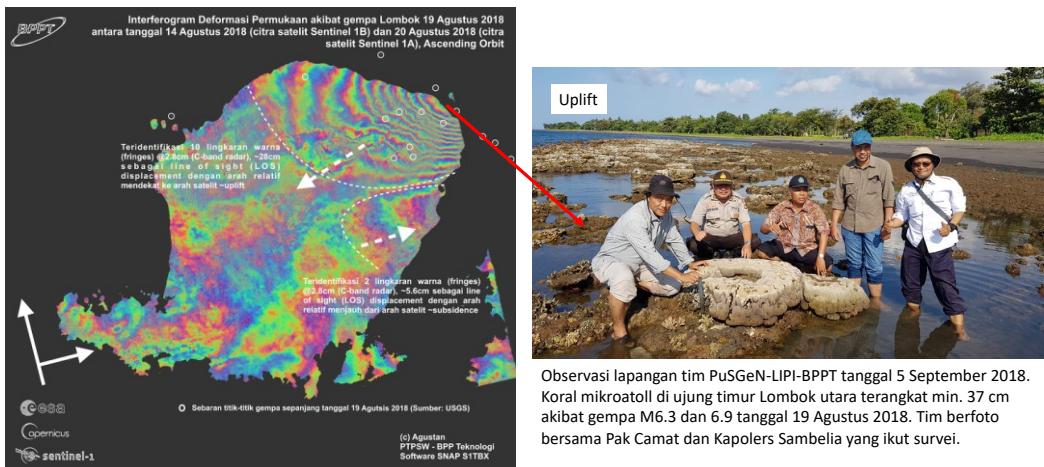
BPPT, ITB, HATTI dan lain-lain pada rentang waktu 30 Juli 2018 sampai saat ini dengan rentang waktu observasi yang bervariasi.

Berdasarkan laporan dari Tim Tanggap Darurat Badan Geologi Kementerian ESDM, dampak dari gempa M6.4 tanggal 29 Juli 2018 dengan intensitas VIII MMI menyebabkan kerusakan berat yang terkonsentrasi di Kabupaten Lombok Timur khususnya Kecamatan Sembalun yaitu di Desa Sajang, serta di Kecamatan Sambelia pada Dusun Malempo, Desa Obel-Obel dan Dusun Ketapang, Desa Madayin (Gambar i.10a). Pada ketiga lokasi tersebut ditemukan retakan tanah yang berarah barat-timur. Retakan ini menyebabkan kerusakan berat pada bangunan yang dilaluinya. Selain itu, retakan tanah berarah relatif barat-timur dan sebagian longsoran ditemukan di sepanjang jalur pendakian Gunung Rinjani, mulai Pos 4 di Bukit Penyesalan sampai Plawangan. Selanjutnya Gempa bumi M7.0 pada tanggal 5 Agustus 2018 dengan VIII MMI menyebabkan kerusakan berat yang juga terkonsentrasi di Kab. Lombok Utara, yaitu Dusun Tampes, Desa Selengan; Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, dan Desa Sambik Bengkol Kecamatan Gangga.

Observasi Lapangan tim PuSGeN-LIPI-ITB-BPPT tanggal 10-12 Agustus 2018. Koral mikrotoll terangkat di wilayah pesisir Lombok Utara daerah Kayangan-Bayan. Subsidence disertai likuifaksi terobservasi di daerah Pemenang, Kab. Lombok utara di pesisir timur.

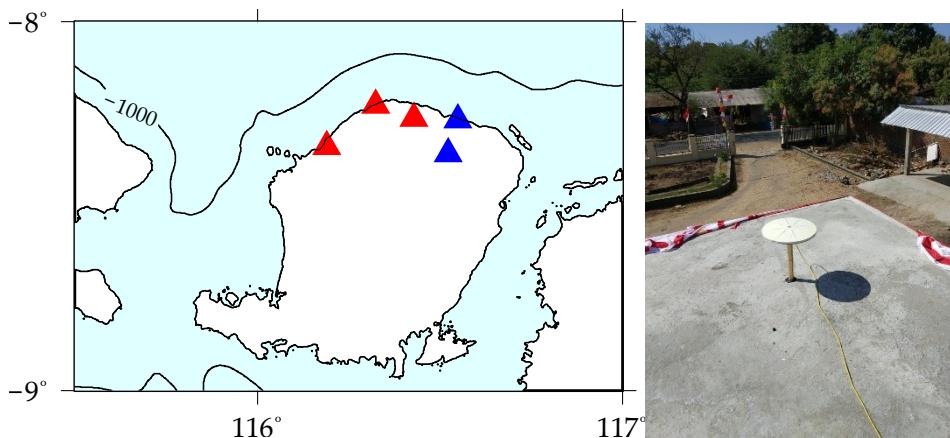


(a)



(b)

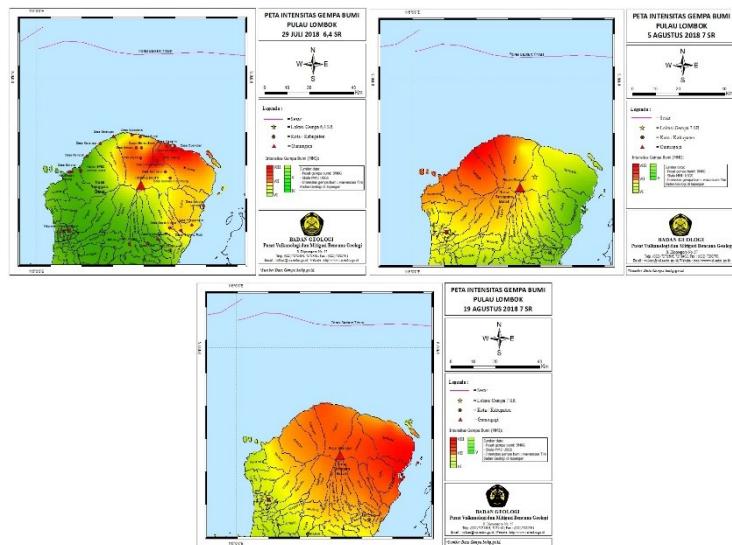
Gambar i.8 Kenaikan daratan (uplift) dan penurunan (subsidence) akibat gempa tanggal 5 Agustus dan 19 Agustus 2018 yang terobservasi dari data INSAR dan observasi lapangan



Gambar i.9 Instalasi alat monitoring deformasi menggunakan GPS (Global Positioning System) kontinu semi-temporer. Segitiga merah dipasang sejak tanggal 11 Agustus 2018, dan segitiga biru dipasang sejak tanggal 15 Agustus 2018.

Kerusakan berat pada bangunan dan jalan disebabkan karena adanya indikasi deformasi di permukaan (*minor surface rupture*), dan retakan tanah yang berarah barat - timur serta adanya likuifaksi (Gambar i.10b). Ditemukan juga retakan dan

nendatan pada badan jalan serta longsoran pada tebing jalan antara Pemenang – Kayangan. Sementara itu, gempa M7.0 tanggal 19 Agustus 2018 dengan intensitas dengan VIII MMI menimbulkan kerusakan berat yang merusak bangunan di Kecamatan Sambelia, Kecamatan Sembalun yang terletak di Kabupaten Lombok Timur, serta Kecamatan Bayan yang terletak di Kabupaten Lombok Utara (Gambar i.10c).



Gambar i.10 Peta intensitas gempa Lombok berdasarkan pengamatan lapangan a) gempa 29 Juli, b) gempa 5 Agustus dan c) gempa 19 Agustus 2018.

Dampak Geoteknik

Dampak geoteknik yang terjadi di Lombok berdasarkan observasi lapangan mencakup likuifaksi, longsor dan retakan tanah. Dari pengamatan lapangan ditemukan bahwa likuifaksi berupa lateral spreading, retakan tanah telah menyebabkan kerusakan pada jalan dan beberapa oprit jembatan serta daerah pelabuhan. Fenomena likuifaksi juga menyebabkan fenomena semburan air dan pasir (sand boiling) dari retakan di permukaan tanah dan dari sumur-sumur penduduk.

Dampak lainnya adalah kerusakan bendungan. Di Lombok terdapat 64 bendungan kecil dan besar sesuai dengan kriteria ICOLD, selain ratusan embung yang telah beroperasi. Ispeksi bendungan setelah gempa telah dilakukan oleh Balai Wilayah

Sungai Nusa Tenggara I. Bendungan-bendungan tersebut terletak pada radius 20 sampai 90 Km dari pusat gempa dengan magnitude 7.0 Mw yang terjadi pada tanggal 5 Agustus 2018. Tenaga ahli Balai Bendungan kemudian melakukan inspeksi ulang pada tanggal 15 sampai 17 Agustus 2018 pada 13 bendungan yang dipilih secara acak berdasarkan jarak dan jenis bendungan, dan ditemukan 3 bendungan tipe urugan mengalami kerusakan dengan klasifikasi ringan pada puncak bendungan, sedangkan bendungan dari pasangan batu kali relatif tidak mengalami kerusakan. Pemeriksaan lebih detail terhadap perilaku instrumentasi bendungan dan rembesan di hilir bendungan sedang dilakukan untuk mengetahui lebih detail kondisi dan perubahan di dalam badan bendungan akibat guncangan gempa. Metoda perbaikan untuk ketiga bendungan yang mengalami kerusakan ringan telah disampaikan untuk segera dilaksanakan.

Getaran Tanah/*Ground Motion*

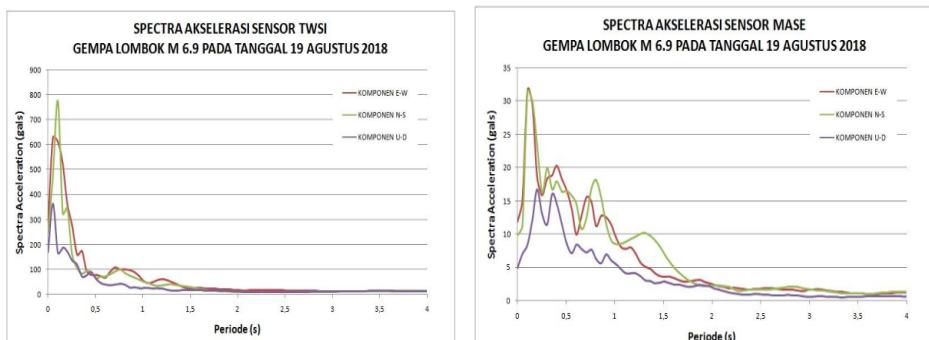
Kerusakan dan keruntuhan bangunan akibat gempa terjadi karena bangunan tidak mampu mengantisipasi getaran tanah (*ground motion*) *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang ditimbulkannya. Besarnya getaran tanah akibat gempa dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu sumber gempa (*source*), jalur penjalanan gelombang (*path*), dan pengaruh kondisi tanah setempat (*site*). Dapat dipahami bahwa sumber gempa yang besar dan dekat akan menimbulkan getaran tanah yang juga besar. Berdasarkan hasil analisa data akselerograf BMKG, rangkaian gempa di Lombok memberikan Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) sebagai berikut:

- A. Gempa *foreshock* M6.4 tanggal 29 Juli 2018, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 47.9 km dari episenter, sebesar 6.2 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 55.9 km mencatat PGA sebesar 41 gal.
- B. Gempa *mainshock* M7.0 tanggal 5 Agustus 2018, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 48 km dari episenter, sebesar 44 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 58.48 km mencatat PGA sebesar 18 gal.
- C. Gempa *aftershock* M5.9 tanggal 9 Agustus 2018, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 36.97 km dari episenter, sebesar 33 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 80.74 km mencatat PGA sebesar 13 gal.

D. Gempa *mainshock* baru M6.9 tanggal 19 Agustus 2018, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 48.9 km dari episenter, sebesar 12 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 34.7 km mencatat PGA sebesar 293 gal.

Dari hasil analisa spectral acceleration dapat dilihat nilai maksimum percepatan dicapai pada periode tertentu. Hasil analisa “quick analysis” spektra dari rekaman data akcelerograf gempa mainshock baru M6.9 tanggal 19 Agustus 2018 untuk terbesar yaitu stasiun TWSI diperoleh nilai PSA sebesar 628.28 gal pada periode 0 - 0.1 detik untuk komponen E-W , 774.50 gal pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen N-S, dan 362.16 gal pada periode 0 - 0.1 detik untuk komponen Z. Jika dilihat dari nilai PSA ini, wilayah disekitar stasiun TWSI memiliki ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan ketinggian setara kurang dari 1 - 3 lantai. Dimana periode menggambarkan tinggi struktur suatu bangunan.

Sedangkan untuk stasiun MASE yang memiliki jarak dari *epicenter* 72.1 km memiliki nilai PSA sebesar 31.56 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen E-W , 31.37 gal pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen N-S, dan 16.72 gals pada periode 0.2 - 0.3 detik untuk komponen Z. Jika dilihat dari nilai PSA ini, wilayah disekitar stasiun MASE juga memiliki ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan ketinggian setara kurang dari 1 – 3 lantai seperti pada stasiun TWSI (Gambar i.11).



Gambar i.11 Spektra gelombang percepatan gempa Lombok Timur 19 Agustus 2018 pada Stasiun TWSI (kiri) dan Stasiun MASE (kanan)

Dampak pada Struktur Bangunan

Berdasarkan pengukuran percepatan tanah yang dilakukan BMKG, nilai PGA di lokasi yang terdampak pengaruh guncangan gempa mencapai 0.3 hingga 0.4 g (gravitasi) di batuan dasar. Hal ini berarti bahwa bangunan-bangunan yang telah didesain dan dilaksanakan dengan memperhatikan kaidah-kaidah bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726-2012 mestinya hanya mengalami kerusakan struktural ringan. Namun kenyataannya banyak dijumpai bangunan-bangunan yang mengalami kerusakan struktural sedang hingga berat, bahkan sampai runtuh akibat gempa yang terjadi. Berdasarkan observasi lapangan terindikasi bahwa bentuk-bentuk kerusakan bangunan yang terjadi umumnya disebabkan oleh berbagai faktor dalam tahapan perencanaan, pelaksanaan hingga perawatan bangunan yang pada hakikatnya belum sepenuhnya mengantisipasi adanya potensi gempa besar di wilayah tersebut. Banyak bangunan yang runtuh atau rusak berat karena rancangan bentuk dan sistem struktur bangunan yang tidak sesuai dengan tingkat kerawanan daerah setempat terhadap gempa. Selain itu, rancangan struktur dan detail penulangan yang diaplikasikan umumnya kurang memadai, termasuk dalam hal ini kurangnya pertimbangan struktural pada perancangan komponen-komponen non-struktural. Penggunaan material konstruksi dengan kualitas yang kurang baik, serta praktek konstruksi yang kurang baik (yang dapat disebabkan oleh kurang baiknya bentuk pengawasan dan kontrol pelaksanaan yang diterapkan) tentunya juga ikut berkontribusi dalam menghasilkan bangunan yang kurang baik kinerjanya terhadap gempa. Hal lain yang juga ikut berkontribusi adalah kurangnya bentuk-bentuk perawatan yang diterapkan pada bangunan, sehingga hal ini juga ikut berperan dalam memperlemah bangunan terhadap gempa.

Analisis Seismic Hazard

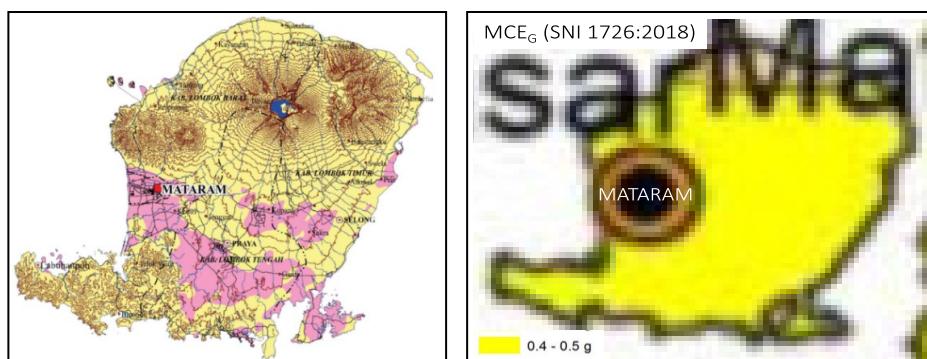
Data seimotektonik menunjukkan bahwa di sekitar wilayah Lombok banyak terdapat sumber-sumber gempa yang berpotensi menggonggong ini. Nilai guncangan gempa akibat kondisi tektonik ini diterjemahkan dalam analisis seismic hazard, dimana besarnya direpresentasikan dalam bentuk nilai percepatan gempa atau *Peak Ground Acceleration (PGA)*.

Berdasarkan peta intensitas yang dikeluarkan oleh USGS, dampak dari gempa Lombok mencapai maksimum VII MMI di wilayah Lombok Utara dan Timur. Menurut laporan masyarakat dan analisis peta guncangan, menunjukkan bahwa

guncangan dirasakan di daerah Lombok Utara dan Lombok Timur mencapai VI-VII MMI (*BMKG, Detik News Senin 20 Agustus 2018, 01:47 WIB*). Skala VII MMI ini bila dikonversikan ke nilai PGA adalah sekitar 0.18-0.34 g (gravitasi), sedangkan di Peta Gempa Indonesia yang ada SNI 1726:2012 (*Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*) untuk wilayah Lombok nilainya adalah 0.4-0.5 g di batuan dasar dan bila ada dipermukaan maka nilai PGA ini bisa bertambah besar karena terjadi amplifikasi akibat dari kondisi tanah setempat.

Hal ini berarti bahwa bangunan-bangunan yang telah didesain dan dilaksanakan dengan memperhatikan kaidah-kaidah bangunan tahan gempa mestinya hanya mengalami kerusakan structural ringan. Namun kenyataannya banyak dijumpai bangunan-bangunan yang mengalami kerusakan sedang hingga berat, bahkan sampai runtuh akibat gempa yang terjadi.

Potensi bahaya guncangan gempa di Provinsi Nusa Tenggara Barat telah diupayakan mitigasinya melalui produk Badan Geologi berupa Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gempa yang diterbitkan tahun 2012 dan produk Kementerian PUPR berupa SNI 1726-2012 mengenai “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”, dimana estimasi guncangan gempa di Kab. Lombok Utara dan Lombok Timur pada VII-VIII MMI (Gambar i.12). Saat ini tengah dimutakhirkan dalam SNI 1726-2018 termasuk didalamnya adalah pemakaian peta sumber dan bahaya gempa nasional 2017.



Gambar i.12 Kiri: Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gempa Bumi di Pulau Lombok (Badan Geologi). Warna kuning menandakan KRB Gempa bumi Menengah yang berpotensi mengalami guncangan dengan intensitas VII – VIII MMI, sedangkan warna pink dikategorikan sebagai KRB Gempa bumi Tinggi, yang berpotensi mengalami guncangan dengan intensitas > VIII MMI. Kanan: Peta MCE pada SNI 1726:2018, warna kuning artinya potensi mengalami guncangan 0.4-0.5 g

KAJIAN AWAL

GEMPA LOMBOK 2018



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

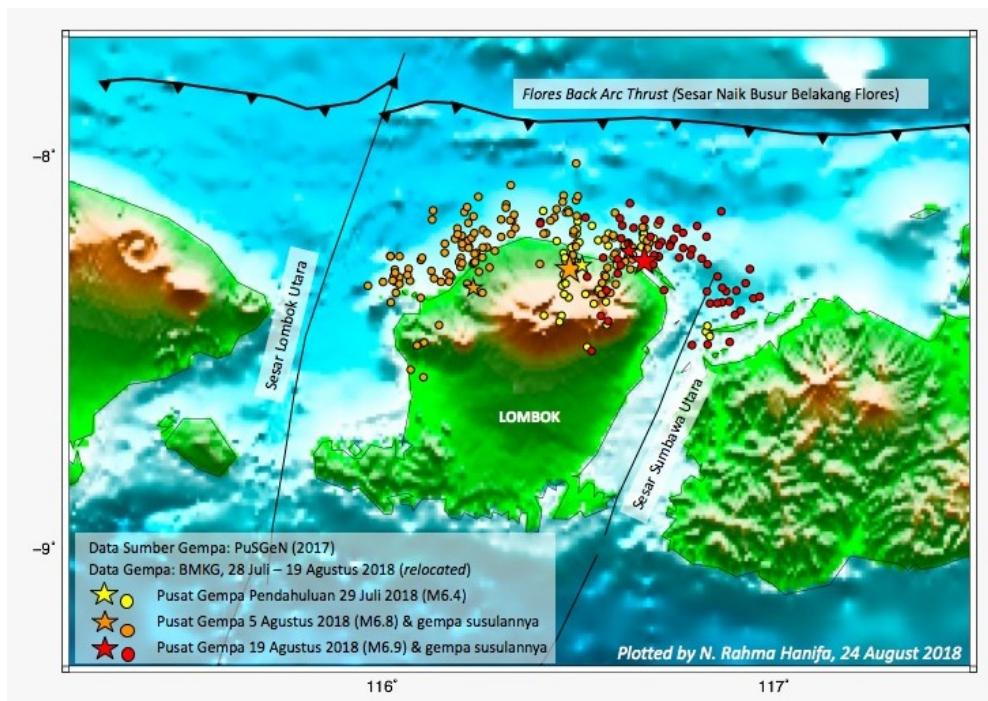
Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

1. PENDAHULUAN

Gempa Lombok, Bali dan Sumbawa terjadi pada hari Minggu, tanggal 29 Juli 2018 pukul 05.47 WIB dengan kekuatan M6,4. Gempa tersebut terletak pada koordinat 8,4 LS dan 116,5 BT, atau tepatnya berlokasi di darat pada jarak 47 km arah timur laut Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada kedalaman 24 km. Berdasarkan informasi dari BMKG, gempa Lombok 29 Juli memiliki intensitas IV pada Skala Intensitas Gempa BMKG (SIG-BMKG) setara dengan VI-VIII MMI. Gempa tersebut disusul dengan gempa susulan yang hingga pukul 22.00 WIB di hari yang sama, telah terjadi 213 kali gempa susulan dengan magnitudo terbesar 5,7 SR. Gempa ini kemudian diketahui sebagai foreshock dari gempa utama yang terjadi pada hari Minggu tanggal 5 Agustus 2018 pukul 18.46 WIB, dengan magnitudo 7.0 pada 8,25 LS dan 116,49 yang memberikan dampak yang luas. Hingga Senin dini hari (6/8/2018) pukul 02.30 WIB, BNPB tercatat 82 orang meninggal dunia akibat gempa, ratusan orang luka-luka dan ribuan rumah mengalami kerusakan. Ribuan warga mengungsi ke tempat yang aman. Gempa Bumi Lombok M 7 (5 Agustus 2018) sampai pukul 05.00 WIB tercatat sebanyak 121 gempa susulan. Empat belas (14) hari setelahnya, pada tanggal 19 Agustus 2018 terjadi kembali gempa pada segmen di sisi timur, dimulai dengan gempa magnitudo 6.3 disusul oleh gempa dengan magnitudo 6.9, diikuti oleh 484 gempa susulan yang tercatat hingga tanggal 31 Agustus 2018 pukul 18.00 WIB, 23 diantaranya dirasakan. Hingga 31 Agustus 2018, BNPB mencatat 560 jiwa penduduk meninggal dunia, 396.032 jiwa penduduk mengungsi, 83.392 rumah rusak (Gambar 1.1).

1.1 Survei tim PuSGeN

Survei yang dilakukan oleh tim PuSGeN dilakukan oleh masing-masing instansi seperti Tim Tanggap Darurat Badan Geologi, BMKG, ITB, selain itu juga didukung oleh tim advokasi teknis Puskim serta beberapa dana CSR. Buku ini merangkum hasil temuan lapangan terkait aspek kegempaan yang dilakukan oleh berbagai tim yang meliputi kajian multidisiplin. Pada rentang waktu survei tersebut, tim juga melakukan koordinasi dengan LPPM UNRAM, Pospenas di Tanjung, Desk Relawan di Tanjung, serta BPBD dan BMKG setempat. Sebagian survei yang dilaporkan pada buku ini dilakukan pada bulan Agustus 2018.



Gambar 1.1 Peta Tektonik dan sebaran pusat gempa pada rangkaian gempa Lombok 2018.

Buku kajian awal ini merupakan kompilasi *Quick Report* dari beberapa instansi mencakup:

1. Survei Geologi
2. Aspek Seismologi
3. Pemantauan Deformasi Secara Geodetik Rangkaian Gempa Lombok
4. Penjelasan Komprehensif Sumber Gempa Lombok
5. Penyelidikan Geologi Pasca Gempa Lombok 5 Agustus 2018
6. Laporan Awal Tanggap Darurat Badan Geologi pada Gempa Lombok 29 Juli 2018
7. Laporan Awal Tanggap Darurat Badan Geologi pada Gempa Lombok 5 Agustus 2018
8. Laporan Awal Tanggap Darurat Badan Geologi pada Gempa Lombok 19 Agustus 2018
9. Identifikasi Gerakan Tanah yang dipicu oleh Gempa Lombok 2018
10. Survei Dampak Gempa Lombok di Wilayah Desa Selat, Kabupaten Lombok Barat, dan Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara,

serta Pemetaan Kerusakan Bangunan Sekolah Akibat Gempa Lombok 2018

11. Pemeriksaan dan Pemetaan Kerusakan Bangunan Paska Gempa Lombok 5 Agustus 2018
12. *Strong Motion* Gempa Lombok (29 Juli 2018, 05, 09 dan 19 Agustus 2018)
13. Aspek Geoteknik dan Seismic Hazard
14. Evaluasi Kondisi Bendungan di Pulau Lombok setelah Gempa
15. Tinjauan Struktur Bangunan dalam Kejadian Gempa di Wilayah NTB
16. Kajian Kerentanan Struktur Bangunan di Lombok
17. Analisis Spasial Kerusakan Bangunan Sekolah
18. Kesimpulan dan Rekomendasi



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

2. SURVEI GEOLOGI

Danny H. Natawidjaja¹, Mudrik R. Daryono¹, Widjo Kongko², Gegar

Prasetya³

¹LIPI, ²BPPT, ³IATSI

2.1 Pendahuluan

Tim kecil (LIPI/PuSGeN, BPPT, dan IATSI) secara mandiri telah melakukan *reconnaissance survey* pasca gempa Lombok pada 10 s/d 12 Agustus 2018 di sepanjang pantai Lombok Utara, dari Gili Sulat hingga Senggigi.

Survei singkat ini bertujuan untuk melakukan observasi lapangan terkait dengan perubahan morfologi daratan/pantai dan infrastrukturnya, serta merekam respon masyarakat terhadap gempa & peringatan dini tsunami.

Tim berhasil melakukan wawancara dengan enam Penyintas, dua pengukuran profil pantai, dua pengamatan koral, serta dua pengukuran elevasi dermaga dan sensor pasang-surut. Tim juga bertemu dan berkoordinasi dengan BPBD Provinsi, BMKG, dan Posko FT Unram, serta Komunitas di Posko LIPI.

Dokumentasi kegiatan lapangan tim kecil (LIPI/PuSGeN, BPPT, dan IATSI) disampaikan dalam Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.4

2.2 Hasil/Temuan

1. Perbandingan data InSAR & *preliminary deformation* model dengan temuan di lapangan secara umum sinkron/sesuai. Lombok Utara mengalami penaikan daratan antara 15-40 cm berdasar pengukuran pengangkatan koral, perubahan rekaman elevasi pasang surut, kenaikan lantai dermaga & sensor pasang surut di Pelabuhan Carik, serta pengamatan debris di muara Pantai Cemplung. Di Teluk Nara dsk., daratan mengalami penurunan hingga 21 cm berdasar pengamatan penetrasi air laut dan penurunan muka tanah/infrastruktur (*sandbag*).
2. Infrastruktur transportasi utama (jalan/jembatan) di sepanjang lokasi survei secara umum berfungsi baik. Beberapa *spot crack* teramat di badan jalan dan *settlement/ambles* pada isian/timbunan di sekitar ujung jembatan. Bekas longsoran tebing ke badan jalan utama saat ini sudah dibersihkan.



Pelindung pantai/*sandbag* di Teluk Nara ambles dan dilaporkan ada ruas tanggul jebol.

3. Tim setidaknya menemukan dua tipe hunian yang strukturnya berbeda secara signifikan. Tipe hunian itu adalah stuktur menggunakan kolom dan yang lainnya menggunakan pasangan bata/batako. Tipe bangunan di atas masing-masing mempunyai respon/dampak yang berbeda secara signifikan terhadap gempa. Tim juga menemukan rumah tradisional (panggung) yang tahan terhadap goncangan gempa.
4. Hasil wawancara:
 - a. Penyintas mendapatkan informasi kejadian gempa dan peringatan tsunami secara viral melalui gawai dan pesan berantai di antara mereka;
 - b. Penyintas mempunyai pengetahuan sangat minim/tidak ada terkait dengan gempa dan tsunami serta prosedur mitigasinya; evakuasi yang telah dilakukan adalah spontan/tidak terlatih dan bersifat sporadis. Sarana untuk tempat evakuasi sementara, rute evakuasi, dan prosedurnya tidak ada/tersedia di lokasi;
 - c. Saat survei dilakukan, mental para Penyintas masih dalam kondisi panik/khawatir dan trauma akan terjadinya gempa susulan. Penyintas bingung/hilang kepercayaan terhadap informasi yang dikeluarkan oleh pihak otoritas akibat informasi yang tidak sesuai dengan kondisi di lapangan dan banyaknya beredar berita palsu/hoax.

2.3 Rekomendasi/Saran

1. Perlunya kontinuitas penanganan tanggap darurat secara cepat/tepat (TES, logistik, kesehatan, dll.). Perlunya pemulihan trauma masyarakat dan penyediaan informasi yang akurat untuk menangkal berbagai berita palsu/hoax.
2. Prosedur peringatan dini tsunami dari gempa lokal (*nearfield tsunami*), perlu dievaluasi kembali (besaran, durasi, dan lokasinya), untuk menghindari ketidakpastian yang terlalu lama di masyarakat.
3. Perlunya survei lanjutan yang lebih detil terkait situasi/kondisi Penyintas dan infrastuktur pokok yang diperlukan, serta fenomena tektonik *uplift* dan *subsidence* perubahan morfologi daratan/pantai.
4. Perlunya peningkatan koordinasi/sinergi antar otoritas-pakar di K/L dan komunitas agar program PRB ke depan lebih efektif. Serta, perlunya gerakan sosialisasi masif anti berita palsu dan pembangunan rumah tahan gempa (misalnya: pentingnya kolom untuk rumah tahan gempa, dll.).



Gambar 2.1 Tim melakukan sosialisasi & diskusi dengan otoritas-komunitas-penyintas.



Gambar 2.2 Tim menemukan fakta-fakta penaikan daratan di Lombok Utara.



Gambar 2.3 Tim menemukan fakta-fakta penurunan daratan di Teluk Nara.



Gambar 2.4 Tim menemukan kerusakan infrastruktur & tipe rumah tinggal.

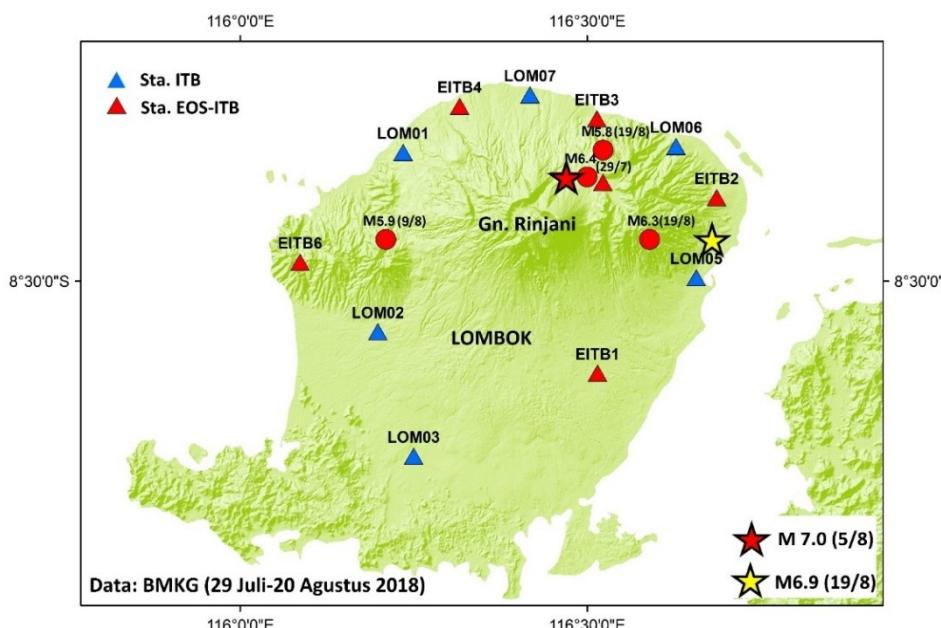
3. ASPEK SEISMOLOGI

Andri Dian Nugraha¹, Zulfakriza¹, Sri Widiyantoro¹, Nanang Pusito¹

¹Institut Teknologi Bandung

3.1 Pendahuluan

Beberapa hari setelah kejadian gempa pertama ($M 6.4$, 29 Juli 2018), pada tanggal 2 Agustus 2018 Tim Seismologi KK Geofisika Global ITB-PUSGEN berangkat ke Lombok untuk melakukan instalasi seismograf yang bertujuan untuk pemantauan aktifitas gempa dan gempa susulan. Jaringan seismograf ini terdiri dari 13 unit yang merupakan jaringan lokal kegempaan paling rapat untuk monitoring aktifitas rangkaian gempa Lombok 2018 (Gambar 3.1). Distribusi stasiun seismograf meliputi Pulau Lombok, terutama di bagian Utara, Barat dan Timur yang merupakan zona lokasi episenter gempa utama dan daerah paling terdampak karena guncangan gempa-gempa tersebut.



Gambar 3.1 Distribusi 13 stasiun seismograf ITB – PUSGEN (segi tiga biru dan merah) sejak tanggal 2 Agustus 2018 dan lokasi episenter gempa $M 7.0$ (5 Agustus 2018, bintang merah) dan $M 6.9$ (19 Agustus 2018, bintang kuning) (Sumber data: BMKG).

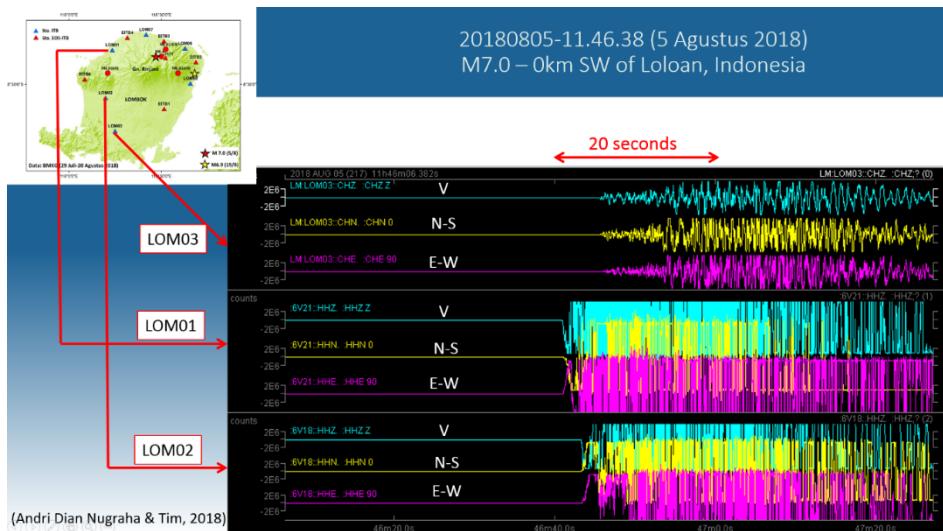


3.2 Data

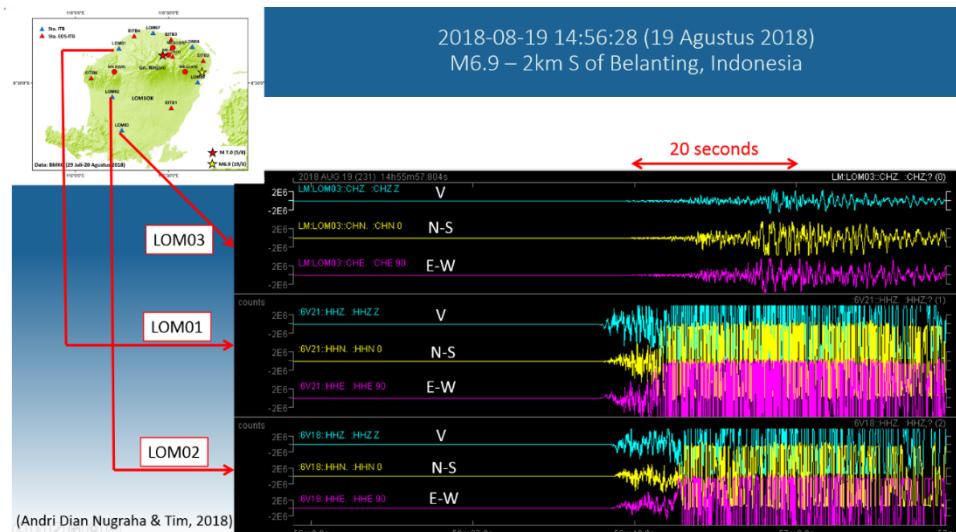
Data-data rekaman gelombang (*waveform/seismogram*) dari jaringan seismograf tersebut diharapkan akan memberikan informasi sangat penting mengenai:

- a. lokasi hiposenter gempa utama dan gempa-gempa susulan dimana sampai saat ini ditentukan melalui jaringan regional/global sehingga masih mempunyai *uncertainty* lokasi hiposenter yang cukup tinggi terutama untuk kedalaman fokus gempanya,
- b. gempa-gempa kecil akan terekam dengan jelas,
- c. analisis mekanisme fokus,
- d. magnitudo dan b-value dan
- e. struktur kecepatan seismik 3D bawah permukaan dari inversi tomografi serta metode-metode geofisika lainnya dengan data ini sehingga akhirnya geometrid dan segmen-semen sumber gempa akan terdefinisikan dengan baik.

Pada tanggal 31 Agustus 2018, Tim Seismologi ITB – Pusgen melakukan pengambilan data (*download*) untuk pertama kalinya, berikut tampilan rekaman seismogram untuk gempa M 7 (5 Agustus 2018) dan M 6.9 (19 Agustus 2018) di stasiun LOM01, LOM02 dan LOM03 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. Untuk gempa M 7 (5 Agustus 2018) terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun ITB LOM01 kemudian LOM02 dan LOM03. Stasiun LOM01 relatif paling dekat dibandingkan kedua stasiun tersebut. Guncangan yang begitu kuat mengakibatkan rekaman seismogram LOM01 dan LOM02 terlihat *off scale* kemungkinan gelombang permukaan yang sangat kuat (Gambar 3.2). Untuk gempa M 6.9 (19 Agustus 2018) terlihat gelombang P juga pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di LOM02 dan LOM03, akan tetapi perbedaan waktu tiba di LOM1 dan LOM02 sangat kecil, kemungkinan jarak episenter terhadap kedua stasiun tersebut mirip. Guncangan yang begitu kuat juga mengakibatkan rekaman seismogram LOM01 dan LOM02 terlihat *off scale* kemungkinan gelombang permukaan yang sangat kuat (Gambar 3.3). Analisis lebih detil dan mendalam akan diperoleh setelah rekaman di semua stasiun dilakukan pemrosesan dan interpretasi.



Gambar 3.2 Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 7.0 pada tanggal 5 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang merah), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03.



Gambar 3.3 Rekaman seismogram (3-component) dari gempa M 6.9 pada tanggal 19 Agustus 2018 di stasiun seismograf lokal ITB LOM01, LOM02 dan LOM03. Lokasi episenter dari BMKG (bintang kuning), terlihat gelombang P pertama kali tiba di stasiun LOM01 kemudian tiba di stasiun LOM02 dan LOM03.



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

4. PEMANTAUAN DEFORMASI SECARA GEODETIK RANGKAIAN GEMPA LOMBOK

Endra Gunawan¹, Agustan², Irwan Meilano¹, Nuraini Rahma Hanifa¹,
Syamsuddin³, Muhamad Ali³, Giovanni Cynthia Pradipta¹
¹ITB, ²BPPT, ³UNRAM

4.1 Pendahuluan

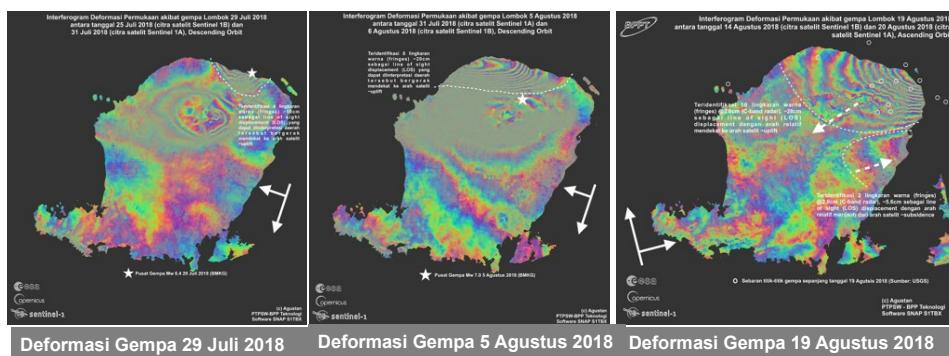
Kegiatan yang dilakukan oleh Pokja Geodesi meliputi survei deformasi secara visual, instalasi GPS semi temporer, analisis data INSAR, analisis pemodelan sumber gempa dari data geodetik, survei dampak dari gempa Lombok dan menyajikan dalam bentuk peta spasial dampak dan kerusakan gempa Lombok, serta penyediaan peta untuk beberapa posko dan tim relawan. Survei awal dilakukan pada tanggal 10 hingga 14 Agustus 2018.

4.2 Analisis Deformasi dari data INSAR Pasca Rangkaian Gempa Lombok

Deformasi akibat gempa terobservasi pada data satelit *Synthetic Aperture Radar* dengan teknik interferometri (INSAR) yang diolah oleh Agustan (2018) dengan menggunakan citra satelit Sentinel. Metode ini membandingkan pola deformasi permukaan bumi menggunakan data satelit sebelum dan sesudah gempa. Hasil observasi INSAR mengungkapkan bahwa deformasi yang terjadi akibat gempa tanggal 29 Juli 2018 (M6.4) terjadi uplift atau pengangkatan daratan sebanyak 10 cm di daerah pesisir utara, dan penurunan sekitar 10 cm di sekitar gunung Rinjani. Kemudian gempa tanggal 5 Agustus 2018 (M7.0) mengakibatkan uplift sekitar 20 cm di wilayah utara, dan subsidence atau penurunan di wilayah pesisir Pemenang. Berikutnya gempa tanggal 19 Agustus 2018 (M6.9) mengakibatkan uplift sekitar 28 cm di sekitar pesisir utara Lombok Timur, dan penurunan sekitar 6 cm di pesisir timur. Secara total, perubahan permukaan yang terjadi akibat rangkaian gempa Lombok pada umumnya adalah kenaikan (*uplift*) di daerah pesisir utara dengan kumulatif sekitar 60 cm, tetapi juga terdapat penurunan (*subsidence*) yang terdeteksi di pantai barat dan timur sekitar 6-10 cm. Hasil deformasi observasi INSAR pada ketiga gempa tersebut diberikan pada Gambar 4.1.

4.2.1 Instalasi GPS

Salah satu kegiatan yang dilakukan oleh Tim Geodesi adalah pemasangan *Global Positioning System* (GPS) di lokasi terdampak gempa. Tim yang pada awalnya direncanakan berangkat ke Lombok dari Bandung pada tanggal 9 Agustus 2018, mengalami penundaan keberangkatan oleh pihak maskapai penerbangan, hingga akhirnya dapat berangkat tanggal 10 Agustus 2018. Sesampainya di Lombok, tim langsung berkoordinasi dan berkolaborasi dengan tim dari Universitas Mataram, dengan tujuan utama yaitu bekerja sama dalam hal investigasi deformasi gempa yang terjadi menggunakan data GPS. Dikarenakan kondisi lapangan yang jauh dari pusat kota Mataram, maka tim memutuskan untuk menyiapkan beberapa rencana pembuatan titik stasiun GPS.



Gambar 4.1 Observasi deformasi akibat gempa Lombok berdasarkan data INSAR, untuk gempa tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (M6.9) (Agustan, 2018).

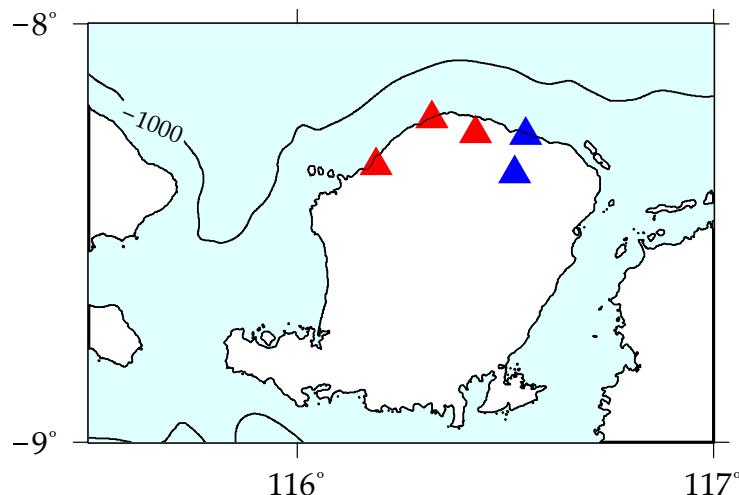
Opsi pertama adalah pemasangan titik pada bangunan yang masih berdiri kokoh, dengan cara memasang pin untuk antenna GPS pada atap bangunan tersebut. Waktu yang diperlukan untuk pembuatan titik GPS menggunakan metode ini dilakukan relative sangat cepat, hanya sekitar ~2 jam, dan pengamatan GPS dapat langsung dilakukan. Opsi kedua, adalah membuat titik benchmark baru, yang berpondasi di dalam tanah hingga kedalaman ~1 m, sehingga membutuhkan rangka dengan panjang total ~2 m. Karena benchmark tersebut harus dibuat dengan menggunakan semen, rangka besi, dan melalui proses cor, maka waktu yang dibutuhkan sangat lama, bisa hingga ~10 jam. Untuk opsi kedua ini, benchmark yang sudah jadi tidak bisa langsung digunakan, akan tetapi harus ditunggu hingga cor kering setidaknya selama ~3 hari. Setelah bahan-bahan disiapkan, tim kemudian berangkat ke Lombok

Utara pada tanggal 11 Agustus 2018. Di lokasi survey, diputuskan bahwa Opsi 1 bisa dilakukan, dan pembuatan dan pemasangan GPS dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



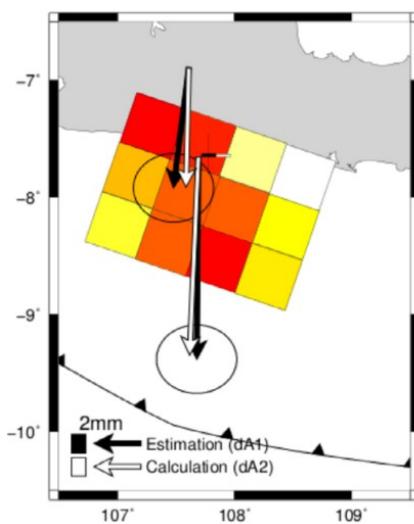
Gambar 4.2 Pembuatan dan pemasangan GPS di Lombok.

Pembuatan dan pemasangan GPS yang dilakukan pada tanggal 11 Agustus 2018 berhasil dilakukan untuk 3 lokasi, yang berada di bagian barat dan utara Lombok, seperti terlihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Lokasi titik GPS yang di pasang pada 11 Agustus 2018 (segitiga merah) dan seminggu setelahnya (segitiga biru).

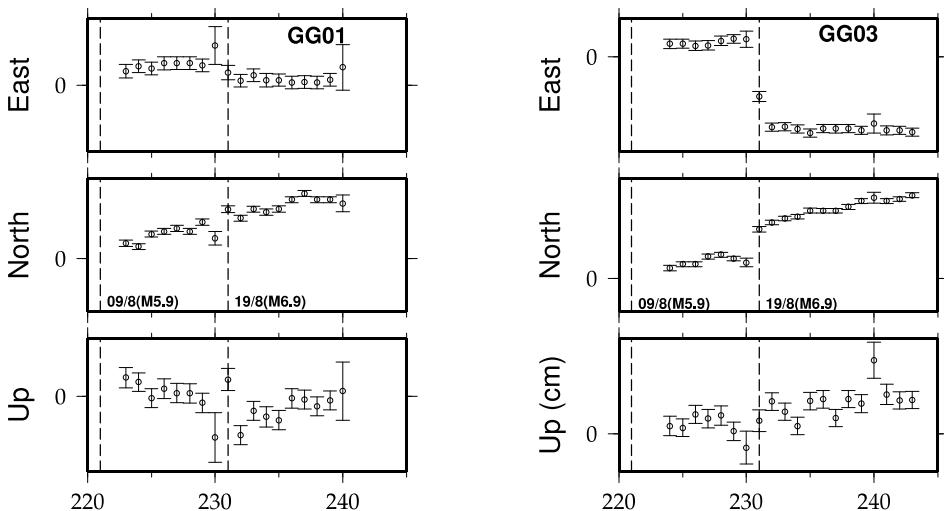
Pemasangan GPS direncanakan akan dilakukan selama setidaknya 2 bulan sehingga data *time-series* dari pengamatan kontinyu akan didapatkan. Analisis lebih jauh terhadap data kontinyu ini akan sangat bermanfaat untuk mengetahui fenomena deformasi yang terjadi di Lombok dalam kaitan dengan gempa yang terjadi. Contoh hasil dari analisis yang akan dilakukan ke depan adalah seperti terlihat dari Gambar 4.4 berikut ini.



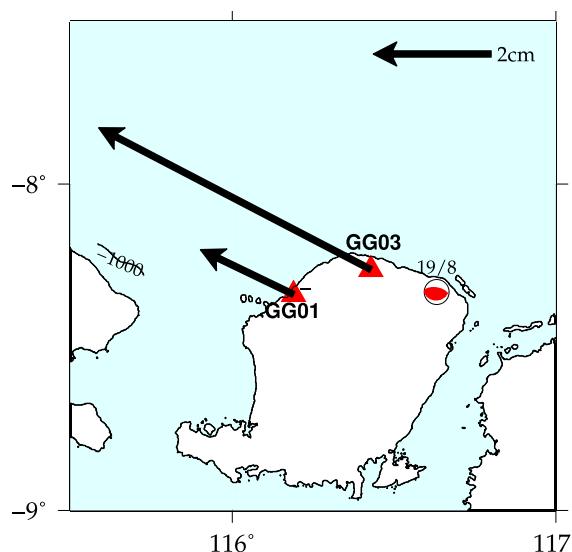
Gambar 4.4 Contoh Analisis deformasi lanjutan paska gempa tahun 2006 di Pangandaran, Jawa Barat (Gunawan dkk., 2016).

4.2.2 Hasil awal deformasi GPS

Data observasi GPS yang dipasang berhasil merekam co-seismic dari gempa tanggal 19 Agustus 2018 (M6.9) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Selanjutnya data observasi GPS ini akan digunakan untuk melakukan pemodelan dan analisis co-seismic dan post-seismic dari gempa Lombok 2018, untuk mendapatkan pemahaman mengenai mekanisme dari gempa Lombok 2018 ini.



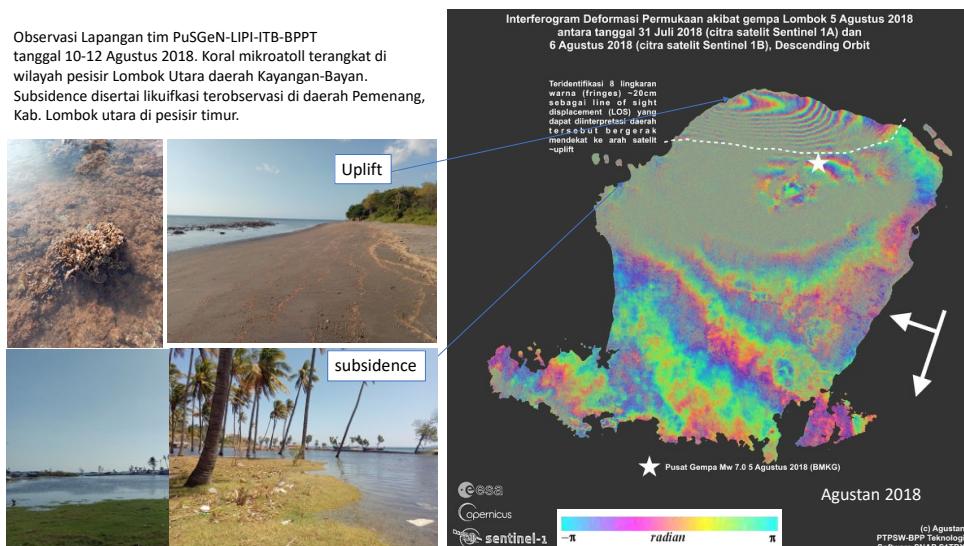
Gambar 4.5 Time series observasi GPS di Lombok. Garis putus-putus vertical menandakan co-seismic gempa 19 Agustus 2018 (M6.5).



Gambar 4.6 Coseismic displacement untuk gempa bumi 19 Agustus (M6.5)

4.2.3 Observasi deformasi secara visual

Observasi lapangan dilakukan oleh tim PuSGeN-ITB-LIPI-BPPT pada tanggal 10-12 Agustus 2018 dan ditemukan Koral mikroatoll yang terangkat di wilayah pesisir Lombok Utara daerah Kayangan-Bayan, serta penurunan (subsidence) disertai likuifikasi terobservasi di daerah Pemenang, Kab. Lombok Utara di pesisir timur (Gambar 4.7). Observasi lapangan ini sesuai dengan observasi deformasi dari data INSAR.



Gambar 4.7 Kesesuaian observasi deformasi lapangan dengan deformasi dari data INSAR.

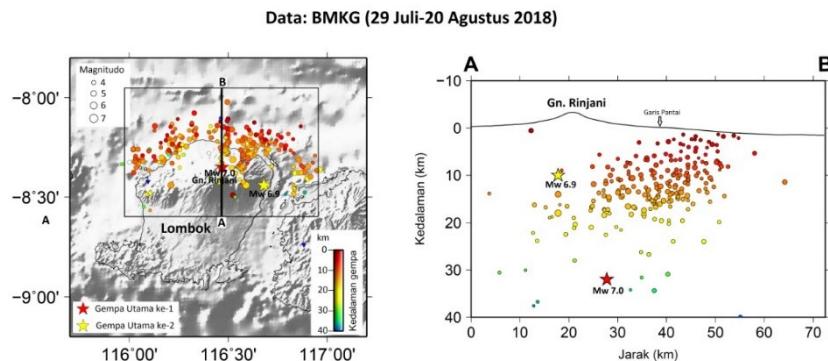
5. PENJELASAN KOMPREHENSIF SUMBER GEMPA LOMBOK

Danny Hilman Natawidjadja¹, Sri Widiyantoro², Irwan Meilano², Sri Hidayati³,
Masyhur Irsyam², Mudrikh Daryono¹, Supartoyo³, Endra Gunawan¹, Nuraini
Rahma Hanifa¹

¹LIPPI, ²ITB, ³Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

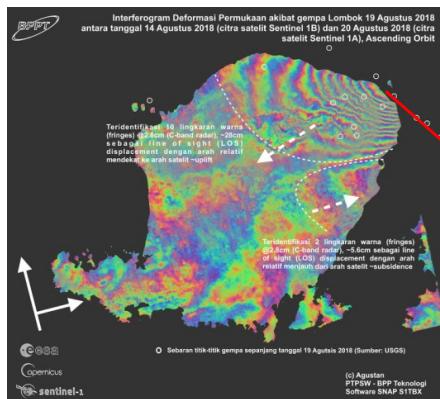
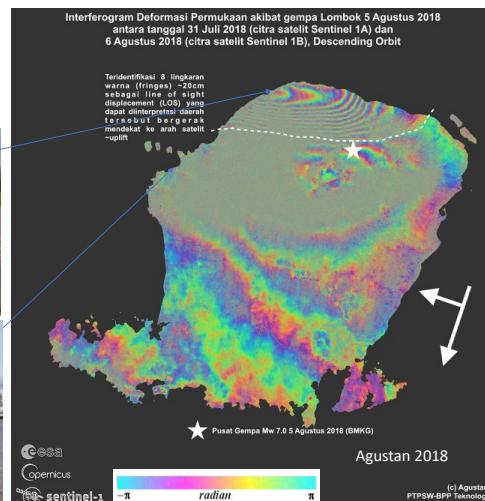
Analisis mengenai kejadian gempa Lombok dilakukan secara komprehensif berdasarkan berbagai jenis data geologi, seismologi, geodesi, deformasi permukaan baik secara geologi maupun geodesi, serta persebaran dampak.

Berdasarkan data lokasi geografis dari sebaran gempa-gempa dan mekanisme fokal gempa, diketahui rangkaian gempa-gempa yang terjadi terkait dengan pergerakan **sesar naik** di busur belakang Pulau Lombok. Hasil overlay antara model *background seismicity* dengan pola sebaran *aftershock*, memperlihatkan adanya indikasi bahwa sebaran *aftershock* bersesuaian dengan pola *background seismicity* yang memperlihatkan adanya pola kluster barat dan kluster timur. Dengan demikian, rangkaian gempa yang terkait mainshock pertama dan kedua diduga berasal dari dua segmen *thrust* yang bersebelahan. Hasil interpretasi data InSAR yang dilakukan oleh beberapa pakar dan institusi (Agustan, 2018; Teguh, 2018, NASA, 2018) memperlihatkan terjadinya deformasi sesar yang menyebabkan sisi utara Pulau Lombok naik rata-rata sekitar 25 cm. Merefer beberapa hasil pengamatan dan pengolahan data Insar serta parameter sesar gempa utama sejak 29 Juli sampai dengan 19 Agustus 2018, selanjutnya dilakukan evaluasi awal simulasi model deformasi, *uplift* dan gradient perpindahan yang dikaitkan dengan pola *background seismicity*. *Uplifting* pada umumnya terjadi di pantai utara Lombok dalam orde puluhan cm. Dari studi simulasi, ada indikasi perpindahan pembebanan strain/stress yang memicu terjadinya rentetan gempa utama. Akibat kejadian gempa tanggal 19 Agustus, ada kecenderungan pola pembebanan strain/stress ke arah timur.



Gambar 5.1 Seismisitas Rangkaian Gempa Lombok serta Gempa Susulan, dan penampang melintang yang memperlihatkan sebaran pusat-pusat gempa rangkaian Gempa Lombok (BKG, 2018)

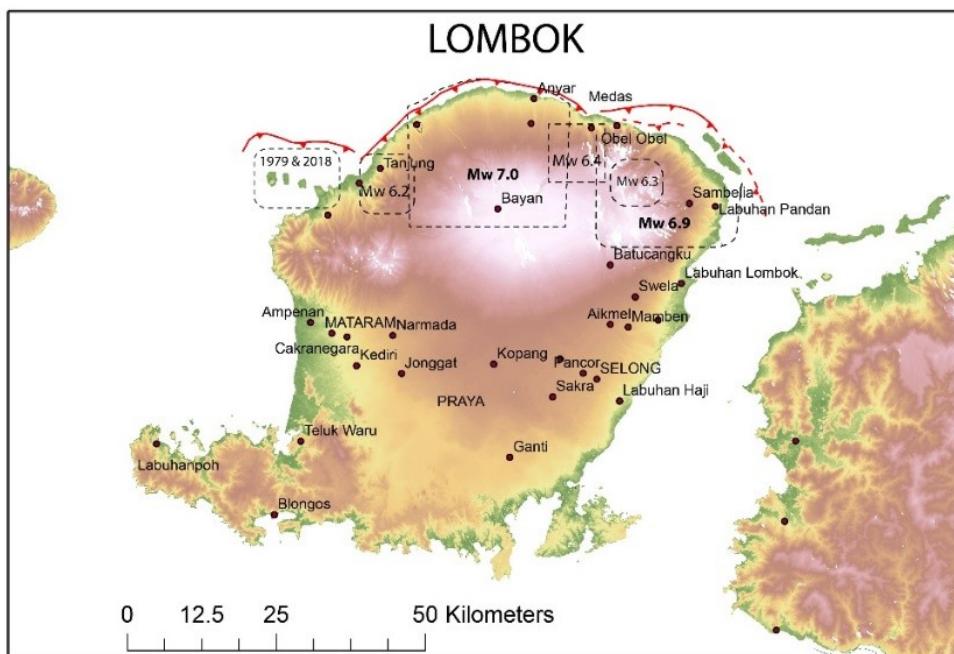
Observasi Lapangan tim PuSGeN-LIPI-ITB-BPPT tanggal 10-12 Agustus 2018. Koral mikrotoll terangkat di wilayah pesisir Lombok Utara daerah Kayangan-Bayan. Subsidence disertai likuifaksi terobservasi di daerah Pemengan, Kab. Lombok utara di pesisir timur.



Observasi lapangan tim PuSGeN-LIPI-BPPT tanggal 5 September 2018. Koral mikrotoll di ujung timur Lombok utara terangkat min. 37 cm akibat gempa M6.3 dan 6.9 tanggal 19 Agustus 2018. Tim berfoto bersama Pak Camat dan Kapolers Sambelia yang ikut survei.

Gambar 5.2 Kenaikan daratan (*uplift*) dan penurunan (*subsidence*) akibat gempa tanggal 5 Agustus dan 19 Agustus 2018 yang terobservasi dari data INSAR dan observasi lapangan.

Observasi lapangan dilakukan oleh tim PuSGeN-LIPI-ITB-BPPT pada tanggal 10-12 Agustus 2018 dan ditemukan Koral mikroatoll yang terangkat di wilayah pesisir Lombok Utara daerah Kayangan-Bayan, serta penurunan (subsidence) disertai likuifikasi terobservasi di daerah Pemenang, Kab. Lombok utara di pesisir timur. (Gambar 5.2 atas). Observasi lapangan kedua dilakukan pada tanggal 5 September 2018, menemukan koral mikroatoll yang terangkat di pesisir utara Lombok sisi paling timur (Gambar 5.2 bawah). Observasi lapangan ini sesuai dengan observasi deformasi dari data INSAR.



Gambar 5.3 Indikasi *Back Arc Thrust* (warna merah) penyebab rangkaian Gempa Lombok 2018 (Pokja Geologi PuSGeN)

Hasil analisa sementara menunjukkan bahwa jalur muka sesar naik yang menjadi sumber gempa Lombok lebih dekat dengan daratan Lombok dibandingkan perkiraan sebelumnya, seperti yang sudah dipetakan pada peta gempa nasional 2017 (Gambar 5.3), sehingga kejadian ini akan menjadi bahan masukan untuk revisi peta berikutnya. Untuk itu maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendetailkan sumber gempa ini serta implikasinya pada area yang berdekatan. Jalur sesar naik busur belakang ini sering disebut sebagai sesar Flores karena dikaitkan dengan kejadian gempa-tsunami di Flores tahun 1992 yang mengakibatkan korban sampai sekitar 2000 orang. Namun karena jalur sesar ini membentang mulai dari Pulau Alor-Wetar, Flores,

Sumbawa, Lombok, sampai Bali; maka mungkin dapat diusulkan untuk dinamakan sebagai Zona Sesar Busur Belakang Nusa Tenggara yang terdiri dari banyak segmen, termasuk segmen Lombok yang menjadi sumber gempa Lombok baru-baru ini. Ilustrasi sumber gempa di Lombok diberikan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Ilustrasi *Cross Section* sumber gempa di Lombok (grafis oleh Box Breaker dengan diskusi substansi bersama tim PuSGeN).

6. PENYELIDIKAN GEOLOGI PASCA GEMPA LOMBOK 5 AGUSTUS 2018

Astyka Pamumpuni¹, Benjamin Sapiie¹, M. Edo Marshal¹, Derry Apriansyah¹, Adycipta Anisprawoto¹

¹ITB

6.1 Kondisi geologi

Pulau Lombok adalah pulau yang terbentuk oleh adanya gunung api hasil subduksi lempeng Australia (yang menunjam ke arah utara, di bawah lempeng Eurasia). Batuan di P. Lombok didominasi oleh batuan produk gunung api. Salah satunya adalah breksi -yaitu batuan dengan tekstur kasar berupa fragmen-fragmen lebih dari 2mm dan menyudut, tuff -batuan hasil jatuh atau aliran piroklastik dengan butiran fragmen kurang dari 2mm, dan lava - batuan yang merupakan pembekuan aliran magma yang telah keluar ke permukaan bumi. Terdapat juga batuan karbonat yang merupakan terumbu karang yang telah terangkat ke permukaan.

Lombok bagian selatan tersusun oleh batuan berupa breksi volkanik (materialnya berupa batuan volkanik) dan lava dengan umur batuan Miosen Awal (20 juta tahun lalu) hingga Pliosen-Plistosen (3.6-1.8 juta tahun yang lalu). Batuan di lombok bagian utara umumnya berupa batuan volkanik yang berumur Kuarter (2.6 juta tahun yang lalu - hari ini).

Morfologi P.Lombok khas gunung api, berupa kerucut gunung api dengan beberapa sisa kerucut, kaldera. Dataran aluvial terdapat di beberapa bagian, salah satunya yaitu Kota Mataram dan sekitarnya. Dataran aluvial ini disusun oleh material lepas-lepas hasil erosi batuan yang ada.

6.2 Fenomena pasca gempa yang ditemui

Fenomena geologi yang muncul pasca gempa 6.4 (29 Juli 2018) dan 7.0 (5 Agustus 2018) didominasi oleh deformasi permukaan tanah berupa tanah longsor dan likuifaksi.

6.2.1 Tanah longsor

Tanah longsor yang diterjadi di Lombok pasca gempa adalah longsor yang dipicu oleh gempa. Tipe longsoran yang ada adalah rock fall dan debri kombinasi sliding.

- a. **Rock fall** adalah tanah longsor berupa jatuhnya batuan dari tebing atau lereng. Rock fall banyak terjadi di batuan dengan fragmen yang besar dan lereng. Jalan Mataram – Senggigi dan Mataram – Pusuk – Bangsal, adalah lokasi banyak terjadi rock fall (Gambar 6.1). Batuan yang jatuh berupa bongkah fragmen batuan dan pecahan batauan. Fragmen yang jatuh berupa batuan yang sebelumnya menempel sebagai fragmen breksi, atau bongkah batuan yang berada di puncak bukit yang menggelinding saat terjadi gempa. Pecahan batuan longsor sebagai rock fall berupa batuan beku yang memiliki banyak rekanan sebelumnya. Rock fall pasca gempa Lombok ini terjadi umumnya pada batuan breksi dan lava Formasi Kalibabak pada potongan jalan. Sedangkan gelindingan bongkah terjadi pada lereng bukit.



Gambar 6.1 Rock fall di tepi Jalan Raya Mataram – Senggigi (kiri) dan di daerah Bayan (kanan).

- b. **Debris fall and debris slide** adalah longsoran dengan material lepas-lepas dengan mekanisme jatuh (debris fall) atau gelinciran (debris slide). Debris fall dan debris slide terjadi di banyak lokasi di Lombok Utara. Sepanjang jalan pantai barat-utara P. Lombok, longsoran debris banyak terjadi pada tebing potongan jalan (Gambar 6.2). Di bagian utara P. Lombok, longsoran banyak terjadi pada tebing-tebing sungai yang terjal. Longsoran tipe debris ini berupa material lepas-lepas yang jatuh. Batuan yang mengalami longsoran tipe debris ini

adalah batuan tuff batuapung (scoria) dengan karakter yang lepas-lepas yang termasuk pada Formasi Lekopiko. Karakteristik sungai pada batuan formasi Lekopiko ini adalah sungai-sungai dengan erosi vertikal yang dominan, menyebabkan sungai sempit dengan tebing sisi sungai yang tinggi. Karakter batuan yang lepas-lepas dari Formasi Lekopiko sangat mempengaruhi bentukan sungai tersebut. Tebing-tebing curam di sisi sungai tersebut yang banyak mengalami longsor pada saat terjadi gempa. Pada saat terjadi gempa susulan dengan magnitudo 5.9 pada siang hari tanggal 9 Agustus 2018, dari kejauhan terliat debu yang membumbung akibat terjadinya longsoran debri fall/slide di dinding sungai.

- c. **Lateral spread** Lateral spread adalah salah satu tipe gerakan tanah yang berupa rekahan terbuka yang memanjang. Lateral spread umumnya berada pada daerah dengan lereng landai atau datar. Pergerakan tanah pada tipe lateral spread adalah pergerakan horizontal. Pergerakan tanah lateral pasca gempa banyak terjadi di bagian barat-utara P. Lombok. jalan yang berupa timbunan di ujung jembatan merupakan lokasi yang paling sering terjadi lateral spread (Gambar 6.3). Selain itu, bukit dengan lithologi tuff scoria yang lepas-lepas juga teramat mengalami pergerakan lateral (lateral spread).



Gambar 6.2 Longsoran pada tepi Jalan Raya Lombok Utara, Kecamatan Gangga. Debri berupa batuan tuff dari Formasi Lekopiko.



Gambar 6.3 (kiri) Pergerakan tanah pada tepi jembatan daerah Bayan, Lombok Utara dan (kanan) *lateral spread* yang diikuti oleh likuifaksi (kotak merah).

6.2.2 Likuifaksi

Pasca gempa dengan magnitudo 7.0, beberapa fenomena yang muncul adalah adanya rekahan yang mengeluarkan air bersamaan dengan lumpur atau pasir. Rekahan yang terjadi berupa rekahan yang memanjang dan rekahan berupa lubang bundar.

- a. **Retakan tanah dengan disertai air yang keluar** Retakan tanah yang memanjang akibat likuifaksi berupa retakan memanjang dengan lebar 2-10cm. Dari retakan ini, beberapa saat setelah gempa, keluar air bersamaan dengan lumpur dan atau pasir (Gambar 6.4). Keluarnya air ini bisa sangat banyak dan menggenangi daerah tersebut. Daerah yang mengalami liquifikasi ini umumnya daerah pinggir pantai dengan lithologi yang berupa tuff lepas atau aluvial. Selain itu muka air tanah di daerah yang mengalami likuifaksi umumnya cukup dangkal.
- b. **Lubang-lubang besar yang disertai keluarnya air ataupun tidak.** Lubang-lubang hasil likuifaksi ini berupa lubang berdiameter 50cm – 4m dengan kedalaman bervariasi mencapai 3 meter. Lubang ini mengeluarkan air yang cukup banyak pada saat dan setelah gempa terjadi. Setelah air berhenti lubang terlihat menganga dengan kedalaman bervariasi dengan kedalaman maksimal yang teramat adalah 3meter (Gambar 6.5). Beberapa lubang yang terjadi di pantai menyisakan lubang di pasir pantai dengan bentuk seperti kerucut terbalik dan tidak terlihat adanya sisa-sisa lumpur atau pasir yang terbawa air.



Gambar 6.4 Jejak likuifaksi (*liquefaction*), retakan tanah yang disertai dengan keluarnya air bersamaan dengan lumpur.

6.2.3 Subsidence and uplift

Pasca gempa 7.0, terjadi gejala kenaikan dan penurunan permukaan tanah. Pada daerah utara terlihat bukti kenaikan permukaan tanah berupa koral yang berada di atas permukaan air pada saat air surut. Sebelumnya koral berada di bawah permukaan air meskipun pada saat air surut maksimal. Sedangkan pada lokasi di bagian utara dari P. Lombok didapatkan koral yang berada pada 50cm diatas permukaan laut saat air laut surut. Selain kenaikan permukaan tanah, penurunan permukaan tanah juga di identifikasi pada bagian barat P. Lombok. Penurunan permukaan tanah diamati dari tergenangnya permukaan tanah yang sebelumnya tidak terjadi. Genangan air payau yang terjadi menandakan adanya penurunan permukaan tanah sehingga pada saat pasang, air menggenang, sedangkan sebelum terjadi gempa 7.0, air pasang tidak menggenangi daerah tersebut. Penurunan permukaan tanah tersebut mencapai 40cm.



Gambar 6.5 Lubang-lubang hasil likuifikasi yang banyak dijumpai di daerah sekitar pantai. Lubang yang terbentuk di tepi pantai cenderung membentuk kerucut terbalik (kanan).

6.3 Daerah terdampak kaitanya dengan kondisi geologi

Daerah yang terdampak gempa dengan manitudo 6.4 dan 7.0 di P. Lombok adalah daerah sebelah barat dan utara dari P. Lombok. Beberapa daerah yang terdampak signifikan adalah daerah Senggigi, Pemenang, Tanjung, Gangga, Kayangan, Bayan, Sembalun dan sekitarnya. Berdasarkan morfologi yang diamati di lapangan, daerah sekitar Senggigi, Pemenang, dan Gangga adalah daerah dengan morfologi dataran alluvial. Dataran alluvial ini disusun oleh batuan material lepas yang merupakan hasil erosi dari bukit-bukit yang ada di sebelah timur dari area tersebut. Permukaan air tanah di daerah dengan morfologi dataran alluvial ini cukup dangkal. Ketika gelombang gempa melewati material lepas yang jenuh dengan air (muka air tanah yang dangkal), gelombang gempa ini mengalami amplifikasi yang signifikan. Kemungkinan hal tersebut yang menyebabkan banyaknya kerusakan di daerah dengan morfologi dataran alluvial (Gambar 6.6).

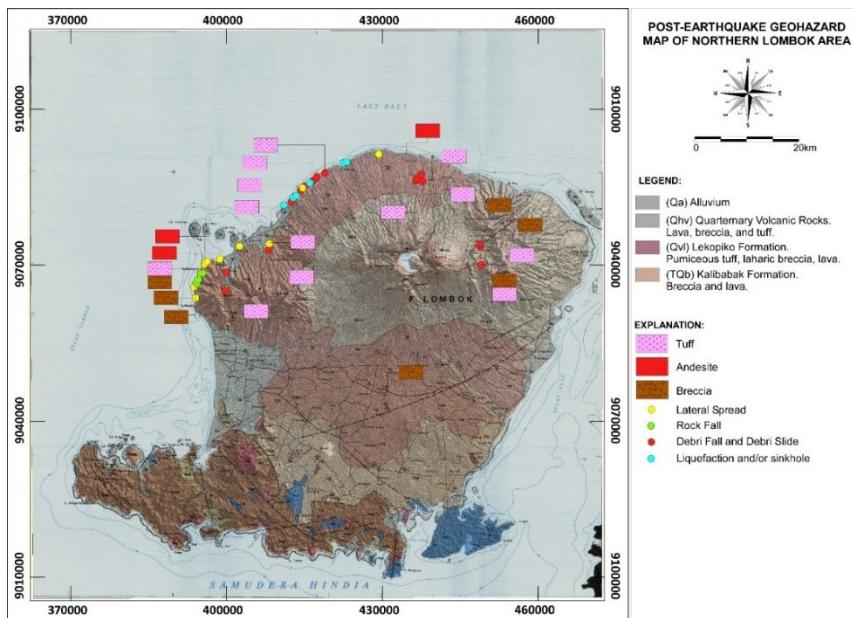
Daerah Kayangan, Bayan, Sembalun, secara morfologi merupakan bukit-bukit dan punggungan lereng gunung api. Perbukitan dan punggungan ini dicirikan dengan sungai-sungai yang radial yang mengerosi cukup dalam. Batuan penyusun dari morfologi ini umumnya adalah tuff, breksi, dan lava. Beberapa daerah yang mengalami kerusakan berat ternyata tersusun oleh batuan tuff dengan karakter yang lepas-lepas, sangat poros, dan tebal. Muka air tanah pada daerah dengan batuan tuff lepas-lepas ini bervariasi, daerah pinggir

pantai umumnya dangkal, bahkan hanya berkisar 50cm. Sedangkan pada daerah perbukitan muka air tanah cukup dalam, mencapai 8m. Daerah dengan batuan tuff lepas-lepas dan muka air tanah yang dangkal umumnya mengalami gejala likuifaksi baik yang berupa lubang-lubang maupun retakan yang memanjang. Sedangkan daerah yang tersusun oleh tuff dan berada pada ketinggian umumnya mengalami longsor, terutama pada dinding sungai yang terjal maupun pada lereng-lereng bukit yang terjal.

Pada daerah yang mengalami kerusakan cukup parah tersebut terkadang ada beberapa lokasi yang tidak mengalami kerusakan walaupun bangunan yang ada tidak berbeda secara kualitas dengan lokasi yang lain. Dari pengamatan lapangan, ternyata bangunan yang masih baik tidak terdampak, gempa walaupun dengan kualitas bangunan yang sama, berada pada batuan yang berupa breksi maupun lava dengan lapisan tanah (lapukan) yang tipis (Gambar 6.7).



Gambar 6.6 Dampak gempa pada rumah penduduk yang dibangun di atas dataran alluvial (kiri) dan pada batuan breksi dan lava (kanan).



Gambar 6.7 Dampak gempa pada rumah penduduk yang dibangun di atas dataran alluvial (kiri) dan pada batuan breksi dan lava (kanan).

7. GEMPA LOMBOK TANGGAL 29 JULI 2018 DAN DAMPAKNYA

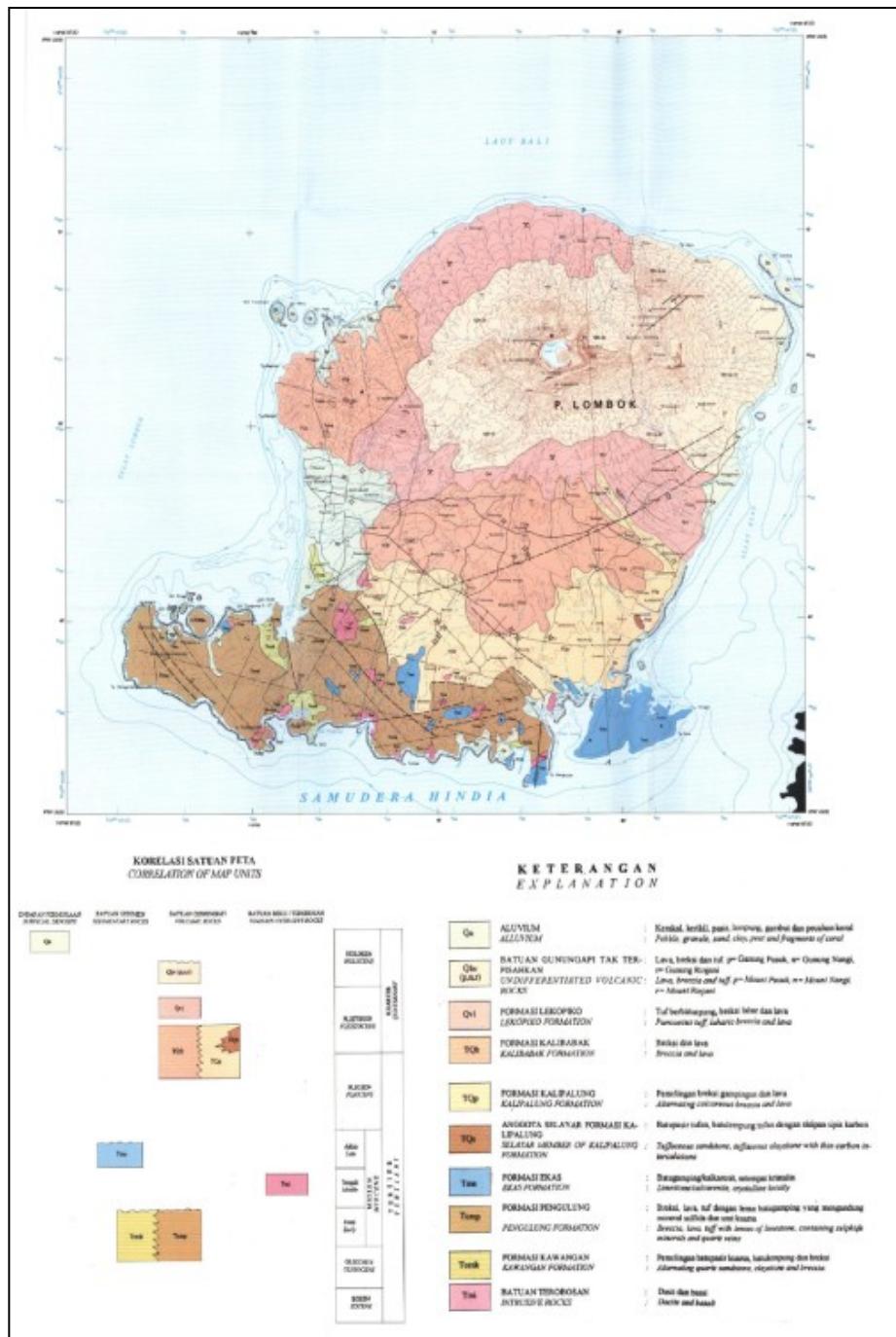
Rahayu Robiana¹, Pandu Adi Minarno¹, Sri Hidayati¹, Supartoyo¹, Fadlianto Nurfalah¹

¹Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, KESDM

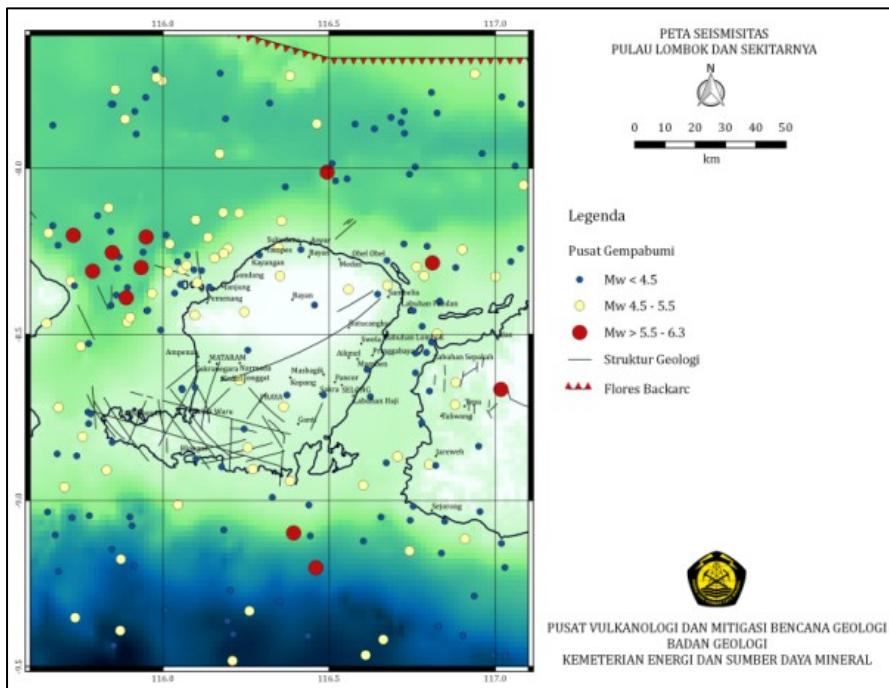
7.1 Latar Belakang

Pulau Lombok merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan dan berpotensi terhadap terjadinya bencana gempa. Sumber gempa yang mengancam wilayah ini terdapat di laut yang berasal dari sesar aktif di sebelah barat dan timur, zona subduksi di selatan dan sesar naik aktif di utara serta di darat yang diakibatkan oleh adanya aktivitas pergerakan sistem sesar aktif.

Struktur geologi diindikasikan oleh kelurusan morfologi berdasarkan citra landsat, peta topografi baik kelurusan sungai, punggungan dan juga berdasarkan kepada pengamatan langsung di lapangan dengan ditemukannya indikasi cermin sesar, gores-garis, kekar, off-set litologi, gawir sesar (scarp) dan triangular facet. Berdasarkan peta geologi lembar Lombok (Mangga dkk., 1994) sesar-sesar tersebut dikelompokkan menjadi: sesar pada dinding kaldera Sembalun, kawah Propok, sesar normal Pusuk, Bonduri, Seribu, Tanakiabang, Lantih, sesar Lentih, Orok, Libajalin, Batujang, Grenggengan dan Berenong. Stratigrafi daerah penyelidikan disusun menurut karakteristik batuan yang berdasarkan kepada data lapangan dengan memperhatikan prinsip vulkanastratigrafi, yang dikelompokkan menjadi 10 satuan batuan dengan urutan dari tua ke muda sebagai berikut: Satuan aliran lava Sembalun (Qsal), Satuan aliran lava Rinjani (Qral), Satuan aliran piroklastik Sembalun (Qsmap), Satuan aliran lava Prigi (Qpal), Satuan aliran lava mentar (Qmnal), Satuan aliran lava Monyet (Qmjal), Satuan aliran lava Selong (Qslal), Satuan aliran lava Talaga (Qtal), Satuan jatuhannya piroklastik Rinjani (Qrjp) dan Endapan aluvial (Qal) (Mangga dkk., 1994) (gambar 7.1). Khusus di sekitar Gunungapi Rinjani, batuan yang berada di sini adalah batuan sedimen lepas hasil letusan gunungapi. Material batuan berupa kerikil, lapili, dan bom, bersifat mudah lepas. Tanah penutup adalah pasir dengan fragmen dan matrik batuapung, ketebalan sekitar 2 m yang bersifat lepas.



Gambar 7.1 Peta geologi wilayah Pulau Lombok (Mangga dkk., 1994).

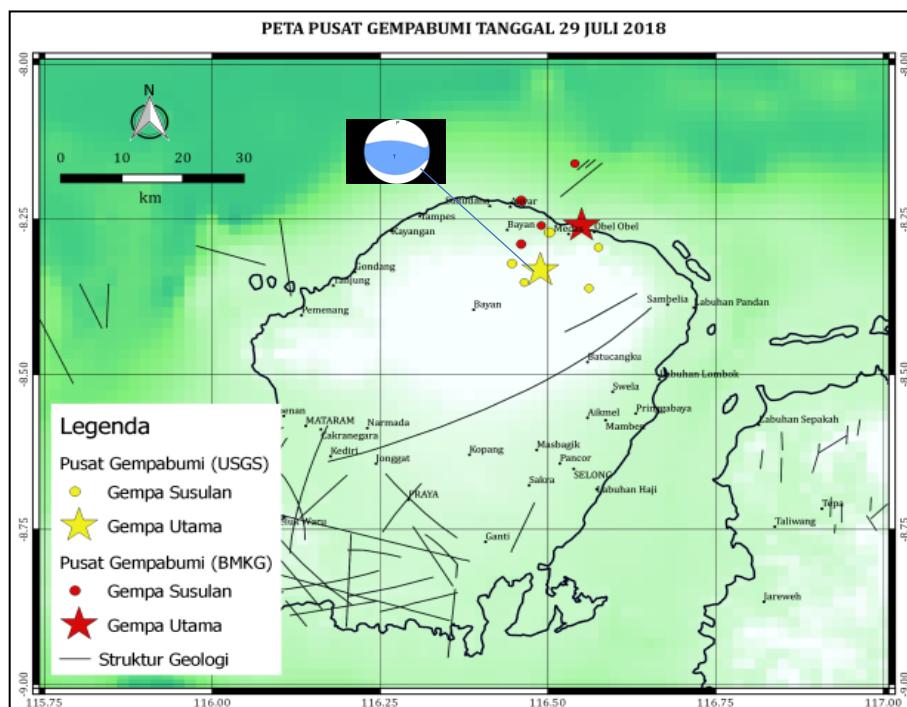


Gambar 7.2 `Peta kejadian gempa disekitar pulau Lombok Perioda 1973 – Juli 2018 (Sumber: USGS, 2018).

Sejarah kegempaan di sekitar wilayah pulau Lombok memiliki aktivitas kegempaan yang cukup tinggi, seperti ditunjukkan pada peta sebaran gempa selama periode 1973 - 2018 (gambar 7.2). Sebagian gempa-gempa tersebut berdampak pada aktivitas manusia dan menyebabkan terjadinya korban jiwa / kerusakan. Berdasarkan data dari Supartoyo dkk. (2014), kejadian gempa merusak diawali pada tanggal 19 Agustus 1977 yang menimbulkan tsunami dan mengakibatkan terjadinya korban jiwa dan kerusakan bangunan di wilayah Pulau Bali, Lombok, Sumbawa dan Sumba. Pusat gempa terletak pada koordinat 11,1 LS dan 119 BT (Samudera Hindia) pada kedalaman 33 km dengan magnitudo 6,1. Penyebab terjadinya gempa ini akibat subduksi antara Lempeng Samudera Hindia-Australia dengan Lempeng Benua Eurasia. Gempa ini mencapai VII skala MMI, menimbulkan terjadinya tsunami melanda Pulau Bali, Lombok, Sumbawa dan Sumba mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Gempa merusak selanjutnya terjadi pada tanggal 30 Mei 1979 dengan magnitudo 6,1 dan kedalaman 25 km. Gempa ini mengakibatkan 29 orang meninggal, 127 orang luka – luka. Pada tanggal 2 Januari 2004 kembali wilayah Lombok Utara terjadi gempa merusak dengan magnitude 6,2 dan kedalaman 33 km. Kejadian tersebut mengakibatkan 32 orang luka-luka dan ribuan

bangunan mengalami kerusakan. Berikutnya terjadi gempa merusak pada tanggal 22 Juni 2013 bersumber di laut, tepatnya di Selat Lombok di sebelah barat laut pulau Lombok, berjarak 14 km sebelah barat laut Lombok Barat, provinsi Nusa Tenggara Barat, dengan magnitudo 5,4, dan kedalaman pusat gempa sekitar 10 km. Gempa ini disebabkan oleh adanya aktivitas sesar aktif laut selat Lombok di sebelah barat laut pulau Lombok, menyebabkan 30 orang luka, 3.087 rusak berat, 1.858 rusak menengah, 425 rusak ringan. Kejadian gempa merusak selengkapnya ditampilkan pada tabel 7.1.

Gempa pada hari Minggu tanggal 29 Juli 2018, pukul 05:47:39 WIB dengan kekuatan 6,4 Mw, merupakan salah satu gempa merusak yang terjadi di wilayah Lombok. Menurut BMKG gempa berada pada koordinat $8,26^\circ$ LS - $116,55^\circ$ BT dengan kedalaman 10 km, sedangkan menurut USGS pusat gempa berada pada $8,27^\circ$ LS – $116,49^\circ$ BT dengan kedalaman 6,4 km (gambar 3). Gempa tersebut terjadi akibat aktivitas sesar naik aktif dari sistem Flores Backarc Thrust yang berada di laut utara Pulau Lombok. Mekanisme pergerakan sumber gempa adalah sesar naik (thrusting) dengan strike N 83° E, dip 28° , dan rake 78° .



Gambar 7.3 Pusat gempa dengan beberapa gempa susulan yang terjadi tanggal 29 Juli 2018 di Lombok Timur.

7.2 Metodologi

Pemeriksaan terhadap dampak yang ditimbulkan oleh kejadian gempa tanggal 29 Juli 2018 dilakukan melalui kegiatan tanggap darurat gempa di instansi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Badan Geologi (BG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). Kegiatan ini bertujuan untuk memetakan distribusi intensitas gempa yang terukur melalui skala MMI (Modified Mercalli Intensity). Rincian dari kegiatan ini meliputi:

- Pemeriksaan kerusakan bangunan pada wilayah-wilayah yang terdampak langsung goncangan gempa tanggal 29 Juli 2018.
- Mencari dan memeriksa kerusakan geologi berupa retakan tanah dan longsoran (gerakan tanah).
- Melakukan wawancara secara langsung dengan masyarakat baik yang berlokasi dekat maupun yang jauh dengan sumber gempa.
- Membuat peta intensitas gempa berdasarkan sebaran kerusakan dan besar goncangan yang dirasakan masyarakat.

Tabel 7.1 Kejadian gempa merusak dan tsunami di Pulau Lombok (Supartoyo dkk., 2014).

NO	NAMA GEMPA	TANGGAL	PUSAT GEMPA	KDLM (KM)	MAG	SKALA MMI	KERUSAKAN
1.	Sumba (Tsunami)	19/08/1977	11,1°LS & 119°BT	33	6,1	VII	Tsunami melanda Pulau Bali, Lombok, Sumbawa & Sumba, di Pulau Lombok : 20 org meninggal, 115 rumah hancur, 132 perahu hilang dan rusak.
2.	Lombok	30/5/1979 16:23:33 WIB	8,2°LS- 115,9°BT	25	6,1	VIII-IX	29 org meninggal, 29 org luka berat, 98 org luka ringan, 2977 rumah penduduk rusak, 295 sarana ibadah rusak, 89 sarana pendidikan rusak. Kerusakan di Tanjung, Bayan, Gangga, Cakranegara, Narmada, Kediri.
3.	Pemenang, Lombok Utara	02/01/2004 04:59'30" WITA	8,4° LS & 115,95°BT	33	6,2	VI	32 orang luka-luka, 2.224 rumah penduduk dan 41 fasilitas umum rusak. Kerusakan di kota Mataram, Sikur, Montong Gading, Pemenang, Sekotong, Selagalar, Pringgarata, Batukliang.
4.	Lombok Utara	22/6/2013 12:42' WITA	8,43° LS & 116,04°BT	10	5,4	V	30 org luka-luka, 5.286 rumah rusak. Bencana terjadi di Kec. Gangga, Tanjung, dan Pemenang, Kab. Lombok Utara.
5.	Lombok Barat	31/3/2016 16:34:43 WIB	8,5° LS 116,06° BT	13	4,7 SR	V	41 bangunan rusak di Desa Malaka, Pemenang, Lombok Utara.
6.	Lombok Timur	9/6/2016 11:13:06 WIB	11,42° LS 116,24° BT	10	6,2 SR	IV	Beberapa rumah penduduk rusak ringan di Desa Pemongkong, Kec. Jero-waru, Lombok Timur.
7.	Lombok Utara dan Lombok Timur	5/8/2018 <u>18:46:35 WIB</u>	8,37° LS 116,48° BT	15	7 SR	VIII	483 orang meninggal, 1.054 orang luka-luka, 81.813 rumah penduduk dan 471 fasilitas umum rusak terbanyak di Lombok Utara.



7.3 Hasil dan Pembahasan

7.3.1 Dampak Gempa

Berdasarkan pemeriksaan Tim Tanggap Darurat (TTD) PVMBG BG di lokasi bencana, kejadian gempa Lombok menghasilkan guncangan yang cukup kuat sehingga menimbulkan korban jiwa, kerusakan bangunan, serta kerusakan geologi. Daerah yang mengalami kerusakan akibat guncangan gempa ini terdapat di wilayah Kabupaten Lombok Timur yaitu Kecamatan Sambelia, Sembalun, Pringgabaya, dan Aikmel serta Kabupaten Lombok Utara yaitu di Kecamatan Bayan, Kayangan, dan Gangga (tabel 7.2).

Tabel 7.2 Dampak kejadian gempa tanggal 29 Juli 2018 bersumber dari data BNPB hingga tanggal 5 Agustus 2018, pukul 09:50 WITA.

No	Daerah	Meninggal dunia	Luka-luka	Rumah Rusak Berat	Rumah rusak Sedang	Rumah Rusak Ringan
1	Kota Mataram	0	0	0	0	0
2	Kab. Lombok Barat	0	0	6	15	8
3	Kab. Lombok Utara	5	12	3151	2478	4168
4	Kab. Lombok Timur	15	353	830	0	1326
5	Kab. Sumbawa Barat	0	0	0	1	0

Dengan korban jiwa antara lain terdapat di Kecamatan Sambelia, Kecamatan Sembalun, dan Kecamatan Bayan. Gempa ini juga berdampak pada 10.982 KK, 47.361 jiwa, 55 tempat ibadah, 60 sarana pendidikan, dan 5 sarana kesehatan.

Kerusakan bangunan terparah terdapat di Dusun Malempo - Desa Obel-obel dan Dusun Ketapang - Desa Madayin, Kecamatan Sambelia, serta Desa Sajang, Kecamatan Sembalun, dengan tingkat kerusakan bangunan mayoritas mengalami rusak berat hingga roboh. Bangunan yang mengalami kerusakan hampir merata di semua wilayah tersebut, sehingga tidak layak ditempati.

Kerusakan bangunan di wilayah Dusun Malempo terutama disebabkan oleh besarnya guncangan gempa yang terasa di wilayah ini (gambar 7.4). Tidak ada kerusakan bangunan yang disebabkan oleh adanya retakan tanah di wilayah ini

walaupun di beberapa lokasi teridentifikasi adanya retakan tanah berarah barat – timur yang membelah jalan-jalan dusun di wilayah Malempo (gambar 7.5).

Korban jiwa terdapat di Kecamatan Sambelia, Kecamatan Sembalun, dan Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Timur. Gempa ini juga berdampak pada 10.982 KK, 47.361 jiwa, 55 tempat ibadah, 60 sarana pendidikan, dan 5 sarana kesehatan.



Gambar 7.4 Kerusakan bangunan di Dusun Malempo, Desa Obel-obel, Kecamatan Sambelia akibat gempa tanggal 29 Juli 2018.



Gambar 7.5 Retakan tanah yang teridentifikasi di wilayah Dusun Malempo, Desa Obel-obel, Kecamatan Sambelia, dengan arah retakan pada N85oE dan N110oE.

Kerusakan juga teramat di wilayah Dusun Ketapang, Desa Madayin, Kecamatan Sambelia, yang berdekatan dengan Dusun Malempo. Jenis kerusakan bangunan hampir merata dengan kategori rusak berat hingga roboh. Kerusakan terutama terjadi pada bangunan dengan dinding semen, sedangkan bangunan kayu dan bambu tidak mengalami kerusakan (gambar 7.6). Kerusakan terutama diakibatkan karena guncangan gempa yang cukup kuat, tanpa adanya indikasi kerusakan akibat retakan tanah yang memotong ke perumahan. Retakan tanah berarah barat - timur terdapat di satu titik di perkebunan warga, serta satu titik gerakan tanah (longsoran) dekat pemukiman (gambar 7.7).



Gambar 7.6 Kerusakan bangunan di Dusun Ketapang, Desa Madayin, Kecamatan Sambelia akibat gempa tanggal 29 Juli 2018. Tidak terjadi kerusakan pada bangunan yang terbuat dari kayu dan bambu.



Gambar 7.7 Gerakan tanah pada jalan setapak di dekat pemukiman yang terjadi akibat guncangan gempa di Dusun Ketapang.

Wilayah lain dengan tingkat kerusakan tinggi adalah Desa Sajang, Kecamatan Sembalun. Kerusakan yang terjadi di wilayah ini masuk kategori rusak berat

dengan mayoritas bangunan sudah tidak layak huni (gambar 7.8). Di wilayah ini juga teridentifikasi adanya retakan tanah baik yang memotong jalan, kebun bahkan memotong lantai dan fondasi bangunan (gambar 7.9). Retakan tanah ini mengontrol kerusakan beberapa rumah penduduk yang dilaluinya. Retakan tanah teridentifikasi menerus dengan panjang sekitar 50 - 100 m pada arah antara N220°E - N295°N.



Gambar 7.8 `Kerusakan bangunan di Desa Sajang, Kecamatan Sembalun akibat gempa 29 Juli 2018.



Gambar 7.9 Retakan tanah yang teridentifikasi di Desa Sajang, Kecamatan Sembalun.

Kejadian gempa tanggal 29 Juli 2018 juga memicu terjadinya gerakan tanah atau tanah longsor pada jalur pendakian gunung Rinjani. Gerakan tanah dimensi kecil teramati di pemukiman warga di Dusun Ketapang, Desa Madayin, Kecamatan Sambelia. Berdasarkan pengamatan tim Tanggap Darurat Gerakan Tanah (TDGT) - PVMBG, ditemukan retakan pada jalur pendakian mulai pos 4 Bukit Penyesalan sampai titik awal Plawangan. Retakan-retakan ditemukan hampir sepanjang jalur dengan arah umum barat daya-timur laut sampai barat – timur (gambar 10). Dijumpai juga beberapa runtuhan baru yang terjadi akibat gempa susulan pada Jumat (3 Agustus 2018) dini hari sekitar pukul 3 dini hari dan pagi hari. Dengan kondisi retakan yang ada, masih terdapat potensi terjadinya longsoran dan runtuhan batu di sekitar jalur pendakian, Plawangan, dan dinding kaldera, serta dinding-dinding yang sudah mengalami retakan (gambar 7.10 dan 7.11).



Gambar 7.10 Retakan tanah pada jalur pendakian mulai pos 4 Bukit Penyesalan sampai titik awal Plawangan (Foto: Tim TDGT - PVMBG).



Gambar 7.11 Retakan dan Potensi Longsor pada sumber mata air (Foto: Tim TDGT - PVMBG).



7.3.2 Intensitas Gempa

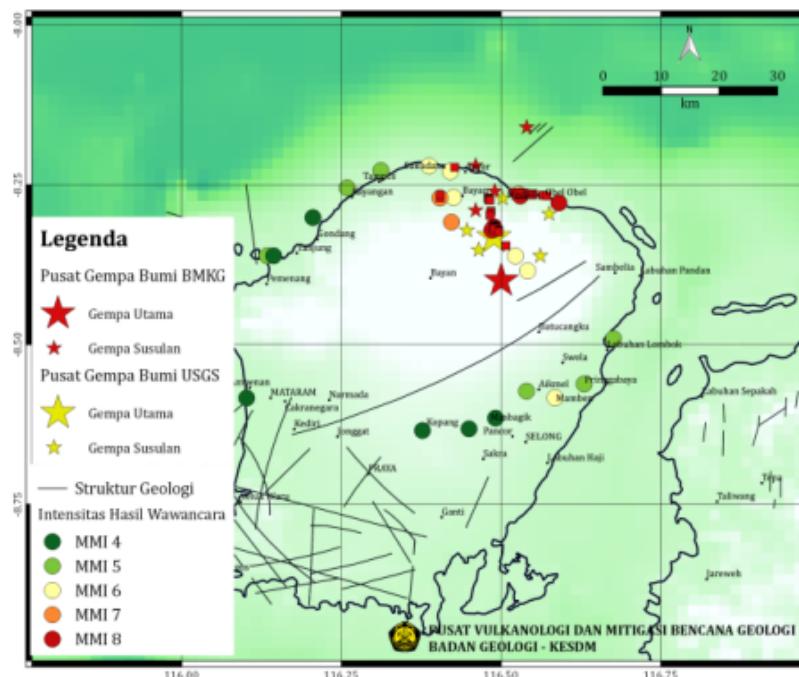
Intensitas merupakan dampak yang diakibatkan oleh guncangan gempa yang terjadi di permukaan. Nilai intensitas dapat diperkirakan berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi, respon yang dirasakan masyarakat, ataupun secara empiris dihitung berdasarkan energi gempa. Skala intensitas yang dipergunakan mengacu skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) yang terbagi menjadi 12 tingkatan. Untuk memetakan tingkat intensitas gempa Lombok tanggal 29 Juli 2018, dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kerusakan bangunan dan kerusakan geologi secara langsung, serta melakukan korespondensi dengan masyarakat di wilayah Lombok mengenai besarnya guncangan yang mereka rasakan. Data yang diperoleh kemudian di gabungkan dengan nilai intensitas empiris yang dirilis oleh USGS, sehingga diperoleh peta sebaran nilai intensitas gempa di pulau Lombok.

Intensitas gempa terbesar berada di wilayah utara pulau Lombok yang mencapai VII - VIII skala MMI, yang teridentifikasi dari tingkat kerusakan bangunan akibat guncangan gempa. Wilayah dengan nilai intensitas tersebut melanda wilayah Sambelia, Sembalun, dan Bayan. Wilayah dengan nilai intensitas V - VI skala MMI teridentifikasi di wilayah pantai barat Lombok Utara dan pantai timur Lombok Timur melalui hasil wawancara terhadap masyarakat sekitar, dan ditandai oleh adanya retakan minor pada rumah penduduk, guncangan gempa dirasakan kuat, serta adanya barang di dalam rumah yang jatuh. Wilayah lain di Lombok Tengah diperkirakan merasakan guncangan gempa pada III - IV skala MMI (tabel 7.3, gambar 7.12 dan 7.13).

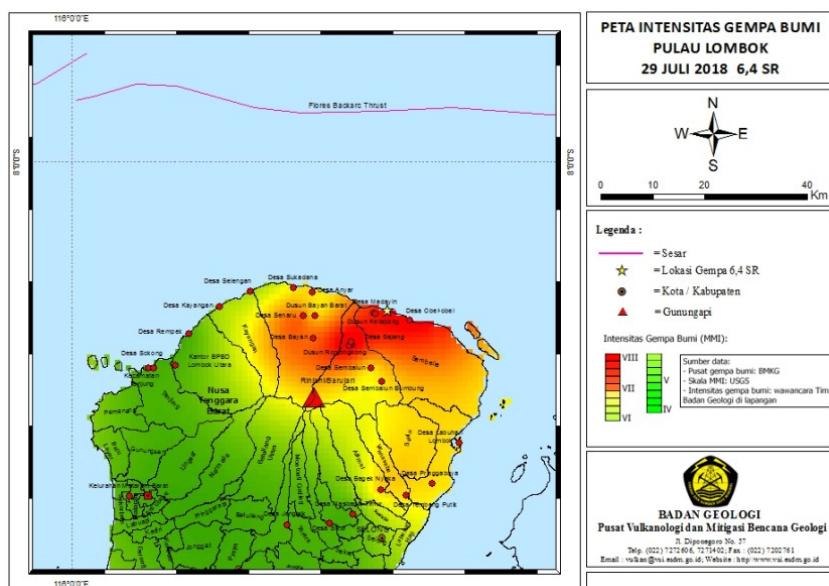
7.4 Kesimpulan

Gempa Lombok tanggal 29 Juli 2018 merupakan salah satu gempa merusak di Indonesia. Kejadian gempa tersebut diakibatkan oleh aktivitas zona sesar naik busur belakang Flores yang berarah barat timur. Gempa ini telah menimbulkan korban jiwa, kerusakan bangunan, retakan tanah, dan gerakan tanah. Hasil pengamatan terhadap kerusakan serta respon masyarakat dalam merasakan guncangan gempa, mempunyai intensitas maksimum sebesar VII - VIII skala MMI. Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa kerusakan bangunan pada kejadian gempa tanggal 29 Juli 2018 diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu : jarak yang dekat dengan sumber gempa, bangunan yang dirancang tidak tahan guncangan gempa (non engineering building), dan

bangunan terletak pada endapan aluvial dan batuan rombakan gunungapi muda yang telah mengalami pelapukan.



Gambar 7.12 Sebaran nilai intensitas gempa berdasarkan hasil pengamatan dampak gempa terhadap bangunan serta wawancara dengan penduduk.



Gambar 7.13 Peta Pusat dan Intensitas gempa tanggal 29 Juli 2018 berdasarkan hasil pemeriksaan sebaran kerusakan dan besaran guncangan yang dirasakan masyarakat.



Tabel 7.3 Hasil wawancara dengan penduduk mengenai guncangan gempa tanggal 29 Juli 2018.

No	Dusun	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kondisi Bangunan	Kondisi Benda	Kondisi Tanah	Keterangan	MMI
1		Sembalun	Sembalun	Retakan besar pada bangunan	Berjatuhan sebagian	Tidak ada retakan tanah		VI
2	Sajang	Sajang	Sembalun	Kebanyakan hancur dan runtuh	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah		VII
3	Ronjongkong	Sajang	Sembalun	Kebanyakan hancur dan runtuh	Berjatuhan	terdapat beberapa retakan yang memotong tegak lurus jalan. Arah retakan N220° E. Lebar retakan 3 mm		VII
4	Sajang Lauk	Sajang	Sembalun	Kebanyakan hancur dan runtuh. Lantai terbelah.	Berjatuhan	terdapat banyak retakan tanah. Arah retakan N200° E. Ada 5 jalur retakan dengan panjangnya sekitar 5 - 10 meter dengan lebar 1- 5 cm	Dusun dengan kerusakan terparah di Kecamatan Sembalun. Ada 1 korban jiwa	VIII
5	Melempo	Obel-obel	Sambelia	Semua rumah di Dusun rusak. Beberapa hancur total.	Berjatuhan	terdapat banyak retakan tanah. Arah retakan rata-rata N110° E di jalan dusun, dan N40° E di jalan raya provinsi	Dusun dengan kerusakan terparah di Kecamatan Sambelia	VIII
6	Madayin	Madayin	Sambelia	Beberapa retak. Tidak ada yang hancur	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah		VI
7	Ketapang	Madayin	Sambelia	Banyak yang hancur, rata dengan tanah. Rumah bambu tidak rusak.	Berjatuhan	Ada retakan tanah dengan arah N225° E	2 korban jiwa	VII
8	Jorong	Sembalun Bumbung	Sembalun	Ada kerusakan tapi tidak ada yang runtuh	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah		VI

9	Tembeng Putik	Wanasaba	Retak-retak	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah	Sumber air keruh, ada pipa air yang putus	VI
10	Bayan Barat	Bayan	Rusak sedang	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah		VI
11	Nanga Rempah	Bayan	Bayan	Ada rumah yang rusak parah	Berjatuhan	Ada retakan tanah N270°E, panjang 20 m, lebar 5 mm (menurut warga, setelah gempa lebarnya 10 cm), lokasi retakan di perbukitan, arah retakan tegak lurus kemiringan bukit	VII
12	Tanjung	Tanjung	rumah retak	Tidak jatuh	Tidak ada retakan tanah	Air masih macet	V
13	Anyar	Bayan	rumah retak	Tidak jatuh, TV bergeser	Tidak ada retakan tanah		VI
14	Telaga Lenggundi	Senaru	Bayan	Terdapat rumah yang hancur	Berjatuhan	2 Korban jiwa tertimpa bangunan	VII
15	Lekok Buak	Sukadana	Bayan	rumah retak	Berjatuhan, motor jatuh	Tidak ada retakan tanah	VI
16	Dusun Panggung Timur	Selengan	Kayangan	rumah retak	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah	V
17	Lokok Ranggan	Kayangan	Kayangan	rumah retak	Berjatuhan	Tidak ada retakan tanah	V
18	Lempenge	Rempek	Gangga	tidak ada kerusakan	tidak ada yang jatuh	Litologi daerah tanah penutup berupa pasir pantai, banyak muncul mata air	IV



19	Sokong	Tanjung	tidak ada kerusakan	tidak ada yang jatuh	Tidak ada retakan tanah		IV
20	Jenggik	Terara	tidak ada kerusakan, jendela rumah berbunyi	tidak ada yang jatuh	Tidak ada retakan tanah		IV
21	Sikur	Sikur	tidak ada kerusakan	tidak ada yang jatuh	Tidak ada retakan tanah		IV
22	Labuhan Lombok	Pringgabaya	rumah retak	berjatuhan, motor tidak jatuh	Tidak ada retakan tanah		V
23	Pringgabaya	Pringgabaya	rumah retak	berjatuhan, motor tidak jatuh	Tidak ada retakan tanah		V
24	Bagek Nyaka	Aikmel	retak di beberapa bangunan, kubah masjid rusak	lampa gantung bergoyang, motor tidak jatuh	Tidak ada retakan tanah		V
25	Ambung	Masbagik Timur	Masbagik	tidak ada kerusakan	gelas jatuh	Tidak ada retakan tanah	IV
26	Mataram Barat	Selaparang	tidak ada kerusakan	tiduh, lampu gantung bergoyang	Tidak ada retakan tanah		IV

8. DAMPAK PERMUKAAN GEMPA LOMBOK TANGGAL 5 AGUSTUS 2018

Supartoyo¹, Sri Hidayati¹, Amalfi Omang¹

¹Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

8.1 Latar Belakang

Pulau Lombok merupakan bagian dari Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) yang letaknya diapit oleh Pulau Bali pada bagian barat dan Pulau Sumbawa pada bagian timurnya. Pulau Lombok disamping terkenal keindahan alamnya sehingga dijadikan sebagai salah satu tujuan wisata, merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan dan berpotensi terjadinya bencana gempabumi dan tsunami. Sumber gempa yang mengancam Pulau Lombok terdapat di laut, yang berasal dari zona subduksi yang terbentuk akibat interaksi antara Lempeng Samudera Hindia-Australia dan Lempeng Benua Eurasia pada bagian selatan dan sistem sesar naik busur belakang Flores (Flores back arc thrust) yang terdapat di laut Flores pada bagian utara. Kedua sumber gempa tersebut berpotensi memicu terjadinya tsunami, sedangkan sumber gempa di darat diperkirakan berasal dari sesar aktif. Disamping itu juga terdapat sumber gempa lainnya yang terletak di selat Lombok yang memisahkan Pulau Bali dan Lombok, serta di selat Alas yang memisahkan Pulau Sumbawa dan Lombok.

Pada hari Minggu tanggal 5 Agustus 2018, pukul 18:46:35 WIB pulau Lombok diguncang gempa kuat dengan magnitudo 7 Mw (moment magnitude). Sebelumnya pada hari Minggu tanggal 29 Juli 2018, terjadi gempa awal dengan kekuatan atau magnitudo 6,4 Mw. Menurut data BMKG lokasi pusat gempa tanggal 5 Agustus 2018 terletak di darat pada koordinat 8,37° LS - 116,48° BT sekitar 44,48 km arah timur laut Kota Mataram atau sekitar 33,37 km timur Kota Tanjung (ibu kota Kabupaten Lombok Utara), pada kedalaman 15 km. Kejadian gempa tersebut telah mengakibatkan bencana di Pulau Lombok, tercatat lebih dari 468 orang meninggal dan lebih dari 1.416 orang mengalami luka-luka berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) hingga tanggal 17 Agustus 2018. Kejadian gempa ini bersumber dari zona sesar naik busur belakang Flores. Sebelumnya menurut data dari Supartoyo dkk,

(2004), aktivitas sesar naik busur belakang Flores pernah mengakibatkan kejadian gempa merusak (*destructive earthquake*) yaitu : tahun 1979 mengakibatkan 29 orang meninggal dan 127 orang luka-luka, tahun 2004 mengakibatkan 32 orang meninggal, tahun 2013 mengakibatkan 30 orang luka-luka, tahun 2016 mengakibatkan 41 bangunan rusak, dan terakhir tahun 2018 merupakan serangkaian gempabumi dahsyat yang mengakibatkan bencana parah.

Hingga saat ini belum ditemukan ilmu dan teknologi yang tepat untuk memprediksi kapan, dimana dan berapa besar kekuatan gempabumi yang akan terjadi. Namun demikian berdasarkan pengetahuan kebumian telah dapat didentifikasi sumber gempabumi dan wilayah rawan gempa. Identifikasi sumber gempa terutama yang terletak di darat sangatlah penting, karena wilayah rawan gempa pada umumnya terletak dekat dengan sumber gempa. Identifikasi tersebut sangat bagus dilakukan setelah kejadian gempa dengan kekuatan besar dan pusat gempa terletak di darat, sehingga memungkinkan untuk terbentuknya sesar permukaan (*surface rupture*).

Sehubungan dengan hal tersebut dan untuk membantu Pemerintah Provinsi NTB dalam upaya mitigasi gempabumi terutama untuk mengidentifikasi dampak kejadian gempai tanggal 5 Agustus 2018, maka Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Badan Geologi (BG) mengirim Tim Tanggap Darurat Gempabumi (TTD) ke lokasi bencana. TTD BG bertugas untuk melakukan pemeriksaan dampak dari kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018, menenangkan masyarakat dari isu-isu seputar gempabumi yang tidak jelas sumbernya, sosialisasi langsung kepada aparat Pemerintah Provinsi NTB dan masyarakat di wilayah bencana, serta membantu Pemerintah Daerah setempat sebagai tahapan pekerjaan mitigasi bencana gempa.

8.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan ini menghimpun data di permukaan tanah sebagai dampak dari kejadian gempa Lombok tanggal 5 Agustus 2018. Data yang dihimpun bersumber dari kegiatan TTD BG yang melaksanakan survei di Pulau Lombok pada tanggal 6 s/d 12 Agustus 2018. Adapun tujuannya adalah memberikan informasi teknis terkait tahapan mitigasi gempa selanjutnya, yaitu tahapan rehabilitasi dan rekonstruksi kepada pihak-pihak terkait.

8.3 Metodologi

Metodologi kegiatan pemeriksaan terhadap dampak yang ditimbulkan oleh kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 adalah :

- Pemeriksaan dampak guncangan gempa berupa kerusakan bangunan pada wilayah-wilayah yang terdampak langsung guncangan gempa.
- Pemeriksaan dampak pensesaran permukaan dan sesar minor permukaan akibat kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018.
- Pemeriksaan dampak bahaya ikutan (collateral hazard) akibat kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 meliputi retakan tanah, likuifikasi dan gerakan tanah atau longsoran.
- Melakukan wawancara secara langsung dengan masyarakat untuk mengetahui besarnya guncangan kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 yang merasakan kejadian gempabumi tersebut dan berlokasi dekat maupun jauh dari lokasi pusat gempa.
- Membuat peta isoseismal atau peta intensitas gempa dalam skala skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) berdasarkan dampak guncangan gempa, sebaran kerusakan bangunan dan pensesaran permukaan serta bahaya ikutan.

8.4 Hasil

8.4.1 Geologi Pulau Lombok

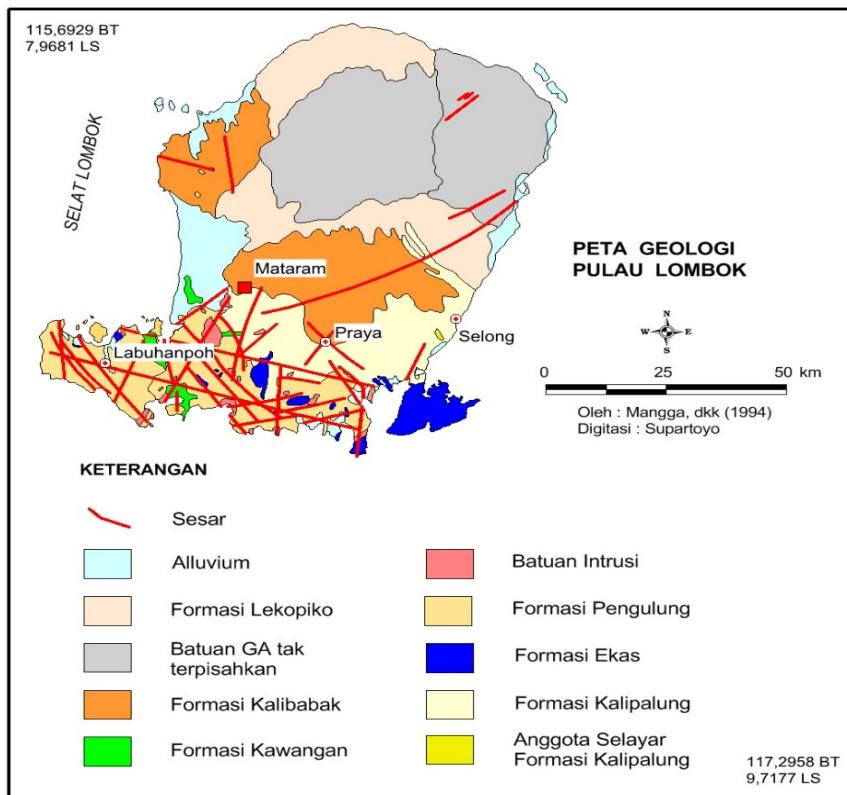
Pulau Lombok merupakan busur vulkanik berkaitan dengan subduksi antara Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara dengan kecepatan sekitar 7 cm/tahun dan Lempeng Eurasia yang bergerak ke tenggara dengan kecepatan sekitar sekitar 0,4 cm/ tahun (Minster dan Jordan, 1978 dalam Yeats, 1997). Zona subduksi tersebut telah berlangsung sejak Jaman Kapur Akhir (sekitar 65 juta tahun yang lalu) dan masih berlangsung hingga kini yang mengakibatkan terbentuknya zona subduksi di bagian selatan Nusa Tenggara dan kompresi di bagian utaranya. Kompresi belakang busur pada bagian utara mengakibatkan orogenesa Sunda mulai dari Jawa hingga Nusa Tenggara dan mengakibatkan terbentuknya sesar naik Flores (Simandjuntak, 2004). Subduksi pada bagian selatan Pulau Lombok dan kompresi belakang busur pada bagian utara masih aktif hingga kini, dibuktikan tingginya kegempaan di zona – zona tersebut.



Pulau Lombok pada bagian utara merupakan tubuh Gunungapi Rinjani yang tergolong sebagai gunungapi tipe A, yaitu gunungapi tersebut pernah meletus setelah tahun 1.600. Morfologi Pulau Lombok pada umumnya merupakan morfologi tubuh gunungapi. Batuan rombakan gunungapi terdiri-dari lava, breksi gunungapi, lapilli, tuff, batuapung merupakan batuan dominan di Pulau Lombok. Berdasarkan pengamatan lapangan dan kenampakan peta topografi, Pulau Lombok dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) satuan morfologi, yaitu : dataran, gunungapi dan perbukitan bergelombang sedang hingga terjal. Morfologi dataran terdapat pada pantai landai dan sekitar Kota Mataram. Morfologi dataran tersusun oleh endapan Kuarter berupa endapan aluvial pantai, aluvial sungai dan batuan rombakan gunungapi muda. Morfologi gunungapi terdiri-dari bagian puncak, tubuh gunungapi, kaki gunungapi dan terdapat di sekitar gunungapi Rinjani maupun gunungapi lainnya. Litologinya berupa batuan rombakan gunungapi dan sebagian telah mengalami pelapukan. Tanah pelapukan ini ditunjang dengan keberadaan air permukaan yang melimpah menjadikan tanah subur. Morfologi perbukitan bergelombang sedang hingga terjal tersebar setempat-setempat di bagian barat, barat daya dan sebagian di selatan Pulau Lombok. Batuan rombakan gunungapi yang telah mengalami pelapukan dan endapan Kuarter pada umumnya bersifat lepas, urai, lunak, belum kompak dan memperkuat efek guncangan, mudah berubah susunannya bila terkena guncangan gempa, sehingga rawan guncangan gempa.

8.4.2 Dampak Gempa Lombok Tanggal 5 Agustus 2018

Kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 tersebut telah mengakibatkan terjadinya bencana di Pulau Lombok, meliputi Kabupaten Lombok Utara, Lombok Timur, Lombok Barat, Lombok Tengah dan Kota Mataram. Selain itu bencana juga terjadi di Pulau Bali dan Sumbawa. Bencana terparah terjadi di Kabupaten Lombok Utara, sehingga kejadian gempa tanggal 15 Agustus 2018 dapat disebut gempabumi Lombok Utara. Berdasarkan data BNPB dan hasil pemeriksaan lapangan dampak dari kejadian gempabumi Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 telah mengakibatkan 468 orang meninggal, 1.416 orang luka-luka, 81.813 rumah penduduk rusak, dan ribuan orang mengalami trauma. Data dampak selengkapnya tercantum pada tabel 8.1.



Gambar 8.1 Peta geologi wilayah Pulau Lombok (Mangga dkk., 1994).



Gambar 8.2 Batuan rombakan gunungapi muda berupa tuff dan breksi gunungapi mengalami retakan tanah akibat gempabumi tanggal 5 Agustus 2018 di daerah Gangga.



Tabel 8.1 Dampak kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 menurut data dari BNPB (15 Agustus 2018, 21:50 WITA).

No	Daerah	Meninggal dunia	Luka-luka	Rumah Rusak	Pengungsi
1	Kota Mataram	9	63	754	18.894
2	Kab. Lombok Barat	39	399	25.540	116.453
3	Kab. Lombok Utara	405	829	24.989	178.122
4	Kab. Lombok Timur	12	122	25.540	104.060
5	Kab. Lombok Tengah	2	0	4.767	0
	Jumlah	466	1054	71.937	417.529

Hasil pemeriksaan lapangan memperlihatkan bahwa kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 tidak memperlihatkan adanya jejak tsunami di pantai Lombok Utara dan Lombok Timur. Kejadian gempabumi tersebut telah mengakibatkan adanya fenomena geologi permukaan berupa sesar minor permukaan (minor surface rupture), retakan tanah, likuifaksi (liquefaction) dan gerakan tanah atau longsoran. Fenomena tersebut merupakan manifestasi dari bahaya gempa yaitu efek goncangan, pensesaran permukaan dan bahaya ikutan (*collateral hazard*) berupa likuifaksi, retakan tanah dan gerakan tanah atau longsoran. Sesar minor permukaan ditemukan di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga; Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan; dan Desa Selengan, Kecamatan Kayangan. Sesar minor permukaan yang ditemukan pada ketiga daerah tersebut secara umum berarah barat – timur dan mengakibatkan bangunan mengalami rusak berat/ roboh. Kenampakan sesar minor permukaan tersebut berupa pergeseran tanah dengan dengan off set vertikal di Desa Sambik Bengkol, Kayangan dan Selengan bervariasi antara 2 cm hingga maksimal 50 cm. Pergeseran tanah tersebut membentuk suatu zona, dan panjangnya bervariasi sekitar 300 m hingga 1 km.

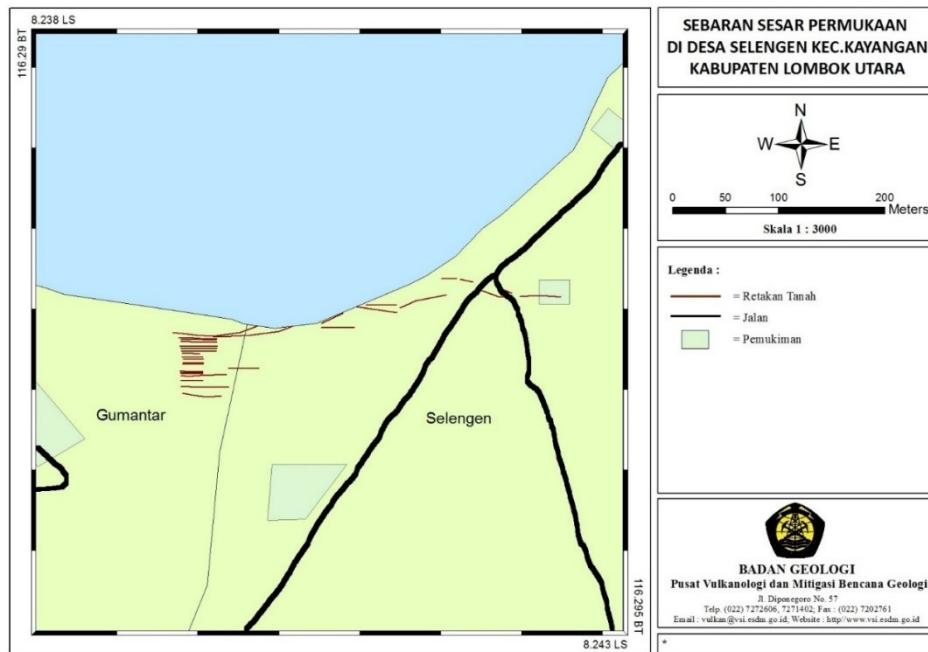
Retakan tanah ditemukan di Kecamatan Pemenang, Tanjung, Gangga, dan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara. Arah retakan tanah tersebut bervariasi, yaitu barat-timur, utara-selatan, barat laut-tenggara dan barat daya-timur laut. Retakan tanah tersebut mengakibatkan kerusakan jalan yaitu di daerah Gangga dan Kayangan. Selain itu juga mengakibatkan terjadinya kerusakan rumah penduduk.

Fenomena likuifaksi dicirikan munculnya pasir dan material halus yang berasal dari dalam tanah ke permukaan. Likuifaksi terjadi akibat guncangan gempa kuat dengan kondisi daerah terlanda berupa endapan aluvial dengan susunan ukuran butir halus, jenuh air dan mempunyai muka air tanah dangkal. Lokasi likuifaksi tersebar di Kecamatan Gangga, Kayangan dan Bayan. Likuifaksi yang ditemukan mempunyai 2 jenis yaitu sand boil dicirikan adanya gundukan atau bukit pasir kecil dan spreading lateral dicirikan munculnya pasir dan material halus yang berasal dari dalam tanah ke permukaan melalui retakan tanah yang terbentuk. Likuifaksi jenis spreading lateral umum ditemukan di Kecamatan Gangga dan Kayangan. Fenomena likuifaksi ini mengakibatkan kerusakan jalan dan rusaknya rumah penduduk.

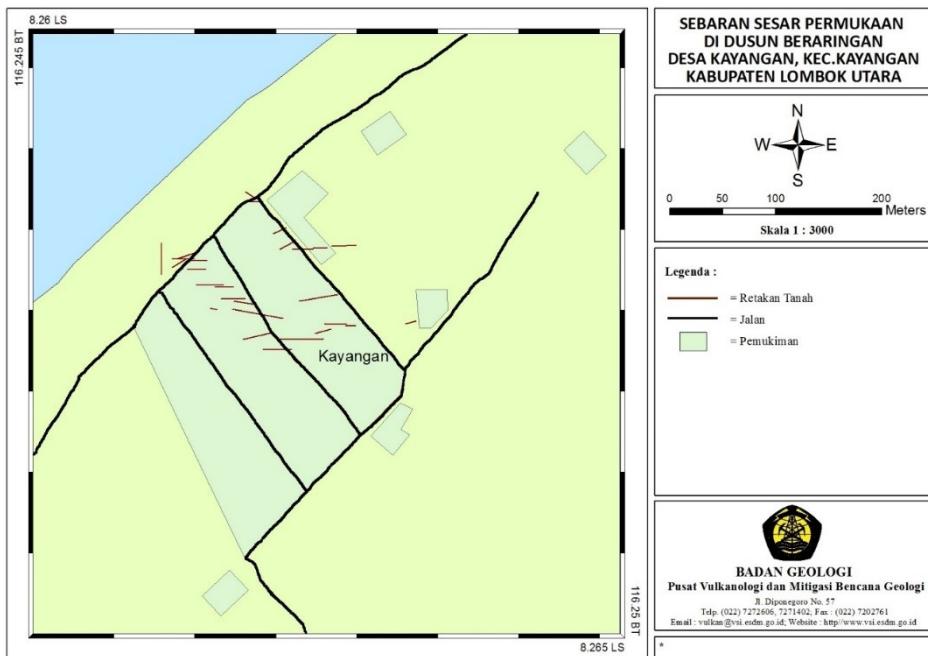
Bahaya ikutan lainnya adalah gerakan tanah dan ditemukan di Kecamatan Gangga, Kayangan dan Bayan. Gerakan tanah telah terjadi akibat guncangan gempa sebelumnya yaitu tanggal 29 Juli 2018, terutama yang terdapat di sepanjang jalur pendakian Gunungapi Rinjani mulai dari pos 4 Bukit Penyesalan hingga titik awal Pelawangan, dengan arah umum barat daya-timur laut sampai barat – timur. Adapun gerakan tanah akibat gempa tanggal 5 Agustus 2018 terdapat di pinggir jalan dan materialnya menutupi jalan seperti yang terdapat di Kecamatan Gangga dan Kayangan. Jenis gerakan tanah di jalan raya antara Gangga dan Kayangan adalah longsoran jenis bidang gelincir planar. Materialnya adalah lapilli dan tuff yang bersifat lepas, sehingga apabila terkena guncangan gempa rentan untuk terjadi gerakan tanah. Berdasarkan pengamatan lapangan terlihat bahwa masih terjadi longsoran-longsoran kecil di sepanjang jalur jalan antara Gangga dan Kayangan. Pada daerah perbukitan bergelombang hingga terjal yang telah terbentuk retakan tanah terutama yang mengarah ke lembah dan berbentuk tapal kuda, maka harus diwaspadai. Apabila dipicu oleh curah hujan, maka tentu akan berpotensi terjadinya gerakan tanah. Gerakan tanah yang terjadi di daerah perbukitan tersebut, diperkirakan berpotensi untuk berkembang menjadi aliran bahan rombakan terutama pada musim hujan. Oleh karena itu bagi masyarakat yang bermukim dan beraktivitas di bawah lereng terjal harus mewaspadai akan potensi terjadinya gerakan tanah.



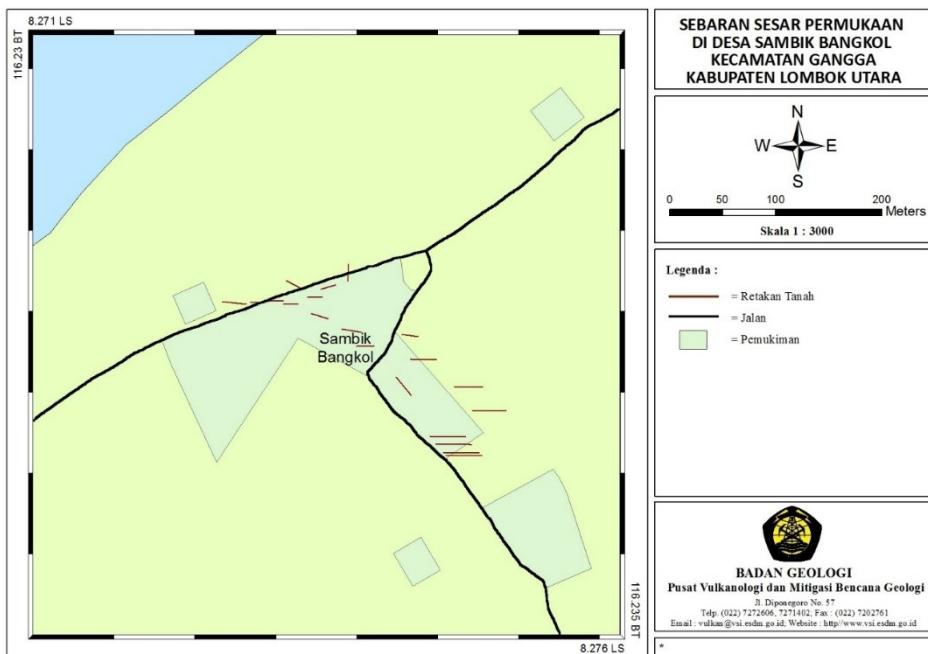
Gambar 8.3 Tidak terlihat adanya jejak tsunami di Pantai Tampes, Desa Selengan, Kecamatan Kayangan akibat gempa tanggal 5 Agustus 2018. Terlihat adanya retakan tanah berarah NW-SE



Gambar 8.4 Sebaran sesar minor permukaan di Desa Selengan, Kecamatan Kayangan.



Gambar 8.5 Sebaran sesar minor permukaan di Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan.



Gambar 8.6 Sebaran sesar minor permukaan di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.7 Off set vertikal setinggi 44 cm akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Desa Selengan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.8 Sesar minor permukaan (minor surface rupture) berarah barat – timur akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.9 Sesar minor permukaan berarah barat – timur akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.10 Sesar minor permukaan akibat kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 dengan off set vertikal sekitar 10 cm dan mengakibatkan kerusakan rumah penduduk di Desa Sambik Bengkol, Kecamatan Gangga, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.11 Kenampakan likuifaksi tipe sand boil akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.12 Kenampakan likuifaksi jenis spreading lateral akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 di Kecamatan Gangga.



Gambar 8.13 Likuifaksi akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 mengakibatkan kerusakan rumah penduduk dan sumur menjadi miring di Dusun Beraringan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.14 Retakan tanah akibat kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 mengakibatkan kerusakan jalan di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.15 Gerakan tanah dipicu kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 menutup jalan raya di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 8.16 Retakan tanah mengarah ke lembah akibat kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018. Retakan tanah ini berpotensi menjadi bidang gelincir gerakan tanah bila dipicu curah hujan melalui retakan tanah yang terbentuk.

8.4.3 Skala Intensitas Gempa Lombok Tanggal 5 Agustus 2018

Berdasarkan hasil pemeriksaan lapangan, skala intensitas maksimum kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018 melanda daerah Lombok Utara terutama daerah Gangga dan Kayangan yang mencapai skala intensitas VIII MMI (Modified Mercally Intensity). Hal ini dicirikan oleh orang mengemudi mobil terganggu, terjadi kerusakan pada bangunan-bangunan yang kuat karena terdapat bagian-bagian yang runtuh, tangki air yang berada di atas berputar hingga terjatuh, rangka rumah berpindah dari fondasinya, dinding-dinding yang tidak terikat dengan baik jatuh atau terlempar, ranting pohon patah dari dahannya, tanah yang basah dan lereng yang curam terbelah, terjadi retakan tanah, pergeseran tanah, likuifikasi dan gerakan tanah/ longsoran. Daerah Gangga dan Kayangan yang terdapat fenomena sesar minor permukaan, likuifikasi, retakan tanah dan gerakan tanah terletak pada skala intensitas VIII MMI. Permukiman penduduk dan bangunan yang terdapat di daerah tersebut hampir sekitar 75% mengalami rusak berat hingga roboh.

Daerah Tanjung, Pemenang dan Bayan berada pada skala intensitas VII MMI. Adapun daerah Ampenan dan Kota Mataram berada pada skala intensitas VI MMI. Beberapa bangunan yang mengalami kerusakan hingga roboh masih dapat dijumpai di daerah tersebut, misalnya gedung karantina di jalan Adisucipto Kota Mataram dan bangunan Alfa Mart di daerah Karang Bedil Kota Mataram. Menurut peta kawasan rawan bencana gempa yang diterbitkan oleh PVMBG, BG tahun 2012 terlihat bahwa daerah Lombok Utara yang mengalami kerusakan parah terletak pada kawasan rawan bencana gempa menengah yang berpotensi terlanda guncangan gempa pada skala VII hingga VIII MMI.

8.5 Penutup

Berdasarkan uraian di atas berkaitan dengan kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Pulau Lombok merupakan wilayah rawan gempa, karena terletak dekat dengan sumber gempa berupa zona penunjaman, sesar naik busur belakang Flores, sesar di Selat Lombok dan Alas.
- Gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 diakibatkan oleh aktivitas zona sesar naik busur belakang Flores yang berarah barat timur.

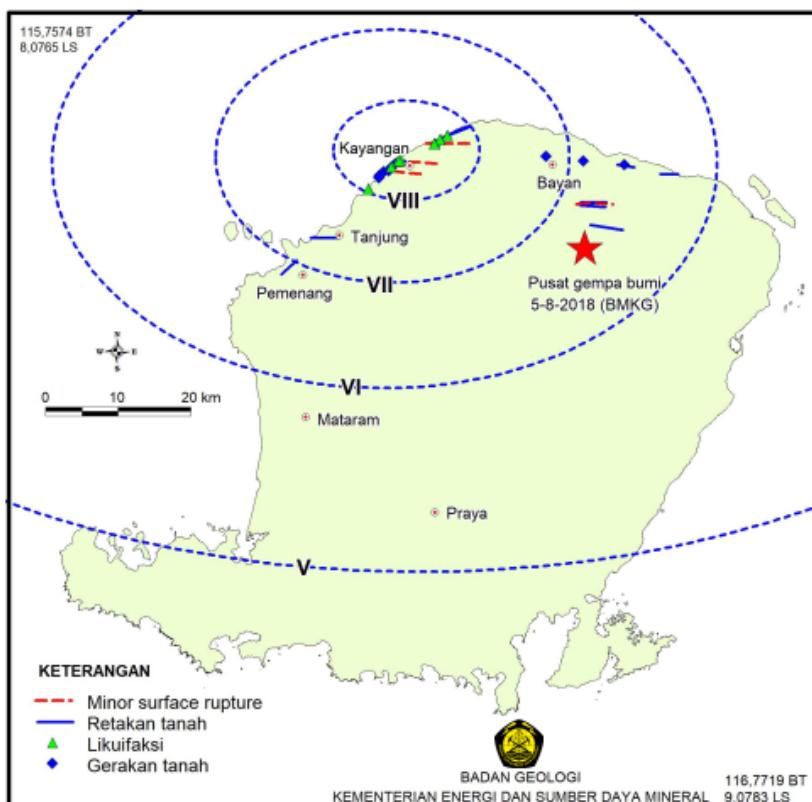
- Semua jenis – jenis bahaya gempa muncul pada kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018, yaitu goncangan gempa, pensesaran permukaan, bahaya ikutan meliputi retakan tanah, likuifaksi dan gerakan tanah.
- Skala intensitas gempa maksimum terjadi di daerah Gangga dan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara yang mencapai skala VIII MMI.
- Kerusakan bangunan pada kejadian gempa Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018 diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu: jarak yang dekat dengan sumber gempa, bangunan yang dirancang tidak tahan gempa (*non engineering building*), terletak pada endapan aluvial dan batuan rombakan gunungapi muda yang telah mengalami pelapukan, terletak pada zona besar permukaan, retakan tanah dan lokasi likuifaksi.



Gambar 8.17 Gedung Alfa Mart di daerah Karang Bedil Kota Mataram roboh akibat kejadian gempa susulan setelah kejadian gempa tanggal 5 Agustus 2018.



Gambar 8.18 Kerusakan gedung karantina di jalan Adisucipto Kota Mataram kejadian gempa bumi Lombok Utara tanggal 5 Agustus 2018.



Gambar 8.19 Peta intensitas gempa Lombok Utara tanggal 15 Agustus 2018.



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

9. OBSERVASI DAMPAK DAN KAJIAN MIKROTREMOR DI LOMBOK TIMUR PASCA GEMPA LOMBOK 19 AGUSTUS 2018

Merry Christina Natalia¹, Athanasius Tjipta¹, Akhmad Solikhin¹, Rahayu Robiana¹, Heri Isep¹, Fadlianto Nurfa'lah¹

¹ Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

9.1 Latar Belakang

Pulau Lombok dan sekitarnya merupakan salah satu kawasan dengan tingkat aktivitas kegempaan yang tinggi di Indonesia karena letaknya yang merupakan bagian dari busur sunda bagian timur. Secara tektonik, busur kepulauan Bali dan Nusa Tenggara berada di antara zona tumbukan lempeng Indo-Australia dengan Eurasia di bagian selatan dan patahan naik busur belakang Bali-Flores di bagian utara.

Salah satu kejadian gempa merusak pada tahun 2018 melanda pulau Lombok yang terjadi pada hari Minggu tanggal 19 Agustus 2018, pukul 21:56:27 WITA waktu setempat, telah terjadi gempa besar dengan magnitudo 6.9 Mw (*moment magnitude*) dengan kedalaman 25.6 km pada posisi 8.324° LS – 116.626° BT, sekitar 2 km Selatan Belanting (Sumber: USGS). Gempa utama ini diawali dengan gempa awal pada pukul 12:06:13 WITA dengan magnitudo 5.4 Mw dan pukul 12:10:23 WITA dengan magnitudo 6.3 Mw. Kejadian gempa ini (19/8) merupakan gempa merusak ketiga yang terjadi di Pulau Lombok.

Lokasi penelitian ini difokuskan pada daerah yang mengalami dampak gempa terbesar yaitu Kecamatan Sambelia dan Kecamatan Pringgabaya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemeriksaan dampak guncangan gempa serta melakukan penyelidikan terkait sumber gempa dan kondisi tanah permukaan di daerah bencana. Metode untuk menganalisis kejadian gempa Lombok ini adalah mengumpulkan parameter kejadian gempa, gempa susulan, pemeriksaan lapangan untuk mengetahui dampaknya, pembuatan peta intensitas gempa dan pengukuran data mikrotremor untuk mengestimasi

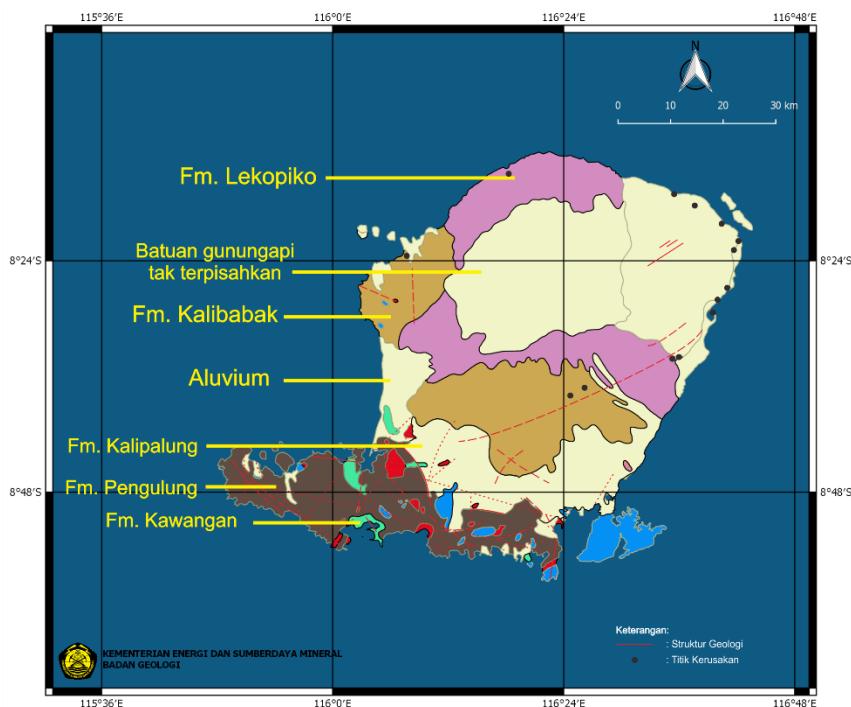


respon dari lapisan tanah terhadap eksitasi gempa, dimana variasi karakteristik gempa diwakili di permukaan tanah.

9.2 Kondisi Geologi Pulau Lombok

Pulau Lombok adalah salah satu pulau pada gugusan kepulauan Nusa Tenggara. Secara geologi Pulau Lombok mempunyai batuan yang tergolong relatif muda, didominasi oleh batuan gunung api: breksi volkanik, lava dan batupasir (Agustawijaya, dkk., 2005, 2006). Batuan yang tertua di Pulau Lombok adalah batuan dari Formasi Pengulung dan Kawangan, berumur Oligosen yang terbentuk dari kegiatan gunungapi bawah laut akibat adanya gejala tektonik (Andi Mangga, 1994). Gejala tektonik ini menyebabkan sesar normal dan sesar geser jurus yang berarah barat laut-tenggara (Andi Mangga, 1994). Selain sesar atau kelurusan, kekar juga banyak dijumpai di Pulau Lombok (Agustawijaya, dkk., 2005, 2006). Formasi Pengulung dan Formasi Kawangan berada di bagian selatan Pulau Lombok, yang secara tektonik berada di bagian depan (*fore arc*). Batuan breksi volkanik dan batupasir dari Formasi Pengulung dan Formasi Kawangan di beberapa tempat diterobos oleh batuan beku basal. Bagian utara Pulau Lombok, yaitu di sekitar Gunungapi Rinjani, batuan terdiri dari batuan gunungapi tak terpisahkan yang terdiri dari lava, breksi, tuf bersifat lepas dan berumur Kuarter. Lapisan batuan ini cukup tebal, dan menutupi hampir dua per tiga bagian Pulau Lombok. Bagian utara ini secara tektonik termasuk ke dalam bagian tengah (*volcanic arc*). Kaitannya dengan kegempaan, batuan-batuan ini memberi andil kepada potensi bencana, terutama dalam merambatkan getaran gempa.

Berdasarkan peta geologi pulau Lombok, daerah yang berdekatan dengan pusat gempa, yaitu 2 km selatan Belanting (sumber: USGS) pada umumnya disusun batuan rombakan gunungapi berumur kuarter dan aluvium (Gambar 9.1). Berdasarkan hasil pemeriksaan lapangan, kerusakan bangunan dan kerusakan geologi (seperti retakan tanah dan likuifikasi) terjadi di daerah yang disusun oleh endapan muda (batuan rombakan gunungapi dan aluvium) yang berumur kuarter. Batuan aluvium di pesisir Kabupaten Lombok Timur berada di atas batuan muda sehingga di daerah tersebut mempunyai batuan lunak yang lebih tebal. Hal ini dapat memperkuat efek goncangan gempa.

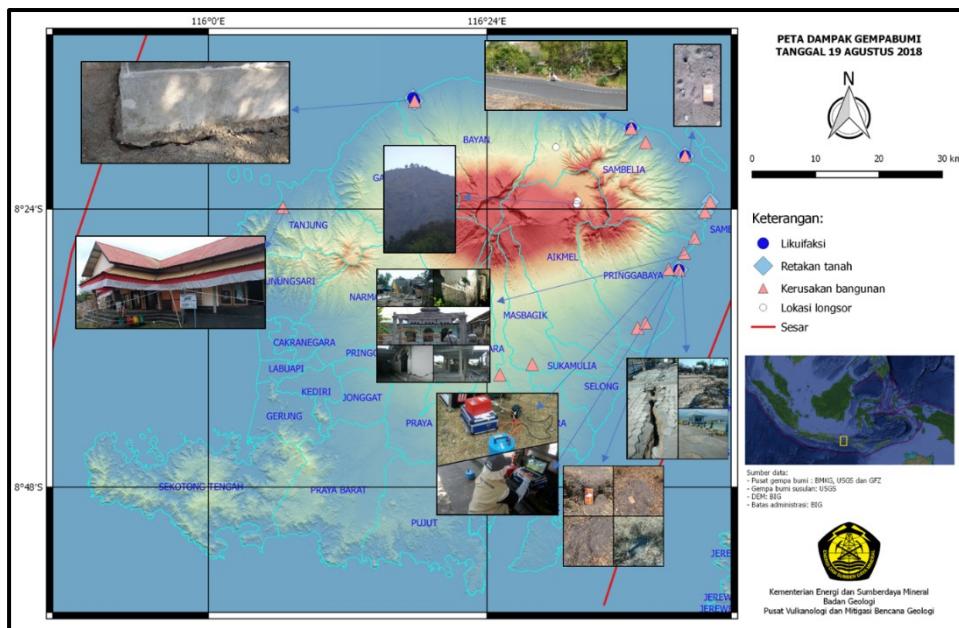


Gambar 9.1 Peta geologi pulau Lombok dimodifikasi dari peta geologi lembar Lombok skala 1:250.000 (Andi Mangga, dkk., 1994) serta lokasi kerusakan hasil pemeriksaan lapangan.

9.3 Dampak Gempa Lombok 19 Agustus 2018

Dampak dari gempa tergantung dari magnitudo, jarak pusat gempa terhadap lokasi pemukiman dan kedalaman pusat gempa. Kejadian gempa yang terletak di darat dengan kedalaman dangkal dan dekat dengan permukiman berpotensi mengakibatkan bencana meskipun magnitudonya tidak besar. Kejadian gempa pada tanggal 19 Agustus 2018 telah mengakibatkan bencana di pulau Lombok dan pulau Sumbawa khususnya di Kabupaten Lombok Timur dan Kabupaten Sumbawa Barat. Berdasarkan data BMKG telah tercatat sebanyak 302 kejadian gempa susulan (sampai tanggal 24 agustus 2018 pukul 23:00 WITA) setelah gempa yang terjadi pada tanggal 19 Agustus 2018. Jumlah dan kekuatan gempa susulan yang terjadi akan terus menurun, hal ini mengindikasikan bahwa blok batuan yang telah terpatahkan dan mengakibatkan terjadinya gempa sedang menuju proses keseimbangan.

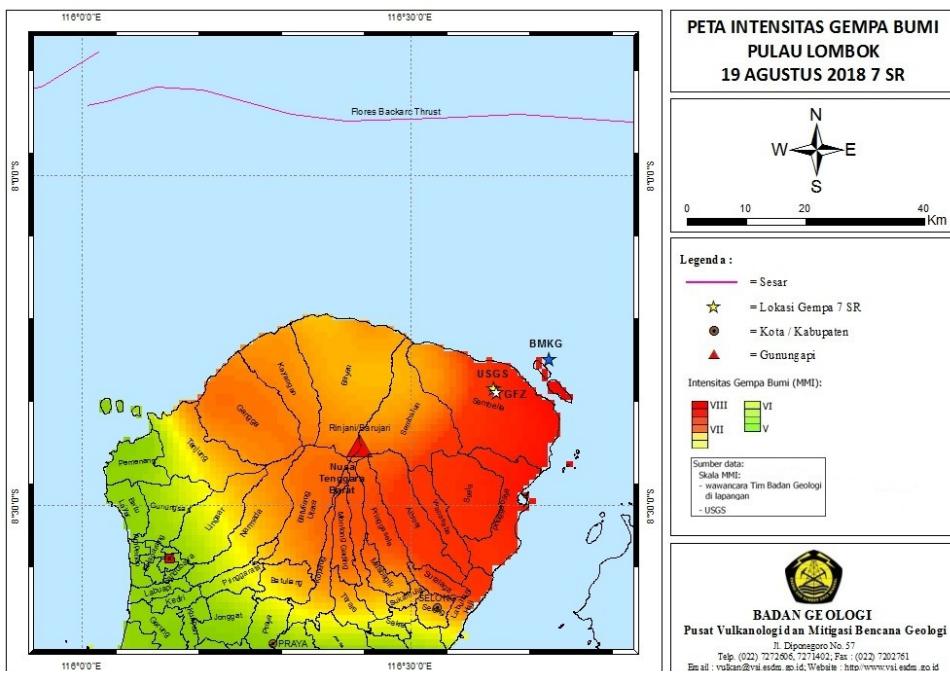
Kejadian gempa di Lombok ini merupakan peristiwa alam yang dampaknya tidak hanya terlihat pada kerusakan struktur bangunan, namun juga berdampak pada keberlangsungan hidup para korban. Menurut data dari BNPB rentetan gempa dari tanggal 29 Juli hingga 24 Agustus 2018 tercatat telah menyebabkan 559 korban meninggal dunia dan sedikitnya 1.478 orang mengalami luka berat dan ringan. Kejadian gempa tersebut juga mengakibatkan kerusakan geologi berupa retakan tanah, likuifaksi dan gerakan tanah. Retakan tanah dan likuifaksi yang disebabkan oleh gempa ini ditemukan di Pelabuhan Kayangan (Desa Labuan Lombok, Kecamatan Pringgabaya), Desa Labuan Pandan (Kecamatan Sambelia) dan Desa Sugian (Kecamatan Sambelia). Sebagian besar bangunan yang dilalui oleh retakan tanah dan likuifaksi mengalami kerusakan berat hingga roboh. Kejadian gempa ini juga memicu terjadinya gerakan tanah di bukit Dandaun rinjani dan di Kokok putih (Kecamatan Sambelia). Sebaran kerusakan akibat gempa Lombok 19 Juli 2018 dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2 Peta dampak gempa tanggal 19 Agustus 2018.

Gambar 9.3 memperlihatkan peta intensitas gempa Lombok 19 Juli 2019 berdasarkan pemeriksaan lapangan di tambah informasi lain dari berbagai sumber termasuk hasil wawancara dengan masyarakat terkait intensitas guncangan gempa. Intensitas maksimum guncangan gempa melanda

Kabupaten Lombok Timur yang mencapai skala intensitas VIII MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Hal ini dicirikan oleh kerusakan pada bangunan berkonstruksi baik, rumah kayu yang bergeser maupun jatuh dari dudukannya, dinding-dinding yang tidak terikat dengan baik jatuh serta terjadinya retakan tanah, likuifaksi dan gerakan tanah.



Gambar 9.3 Peta intensitas gempa Lombok 19 Agustus 2018.



Gambar 9.4 Retakan tanah berarah N050°E mengakibatkan kerusakan jalan di Pelabuhan Kayangan, Desa Labuhan Lombok, akibat gempa 19 Agustus 2018.



Gambar 9.5 Retakan tanah berarah N 45°E mengakibatkan kerusakan jalan di Pelabuhan Kayangan, Desa Labuhan Lombok, akibat gempa 19 Agustus 2018.



Gambar 9.6 Kenampakan likuifaksi di Pelabuhan Kayangan, Desa Labuhan, Kecamatan Sambelia, akibat gempa 19 Agustus 2018.



Gambar 9.7 Kerusakan rumah dan retakan tanah di Desa Padak Guar, Kecamatan Sambelia.

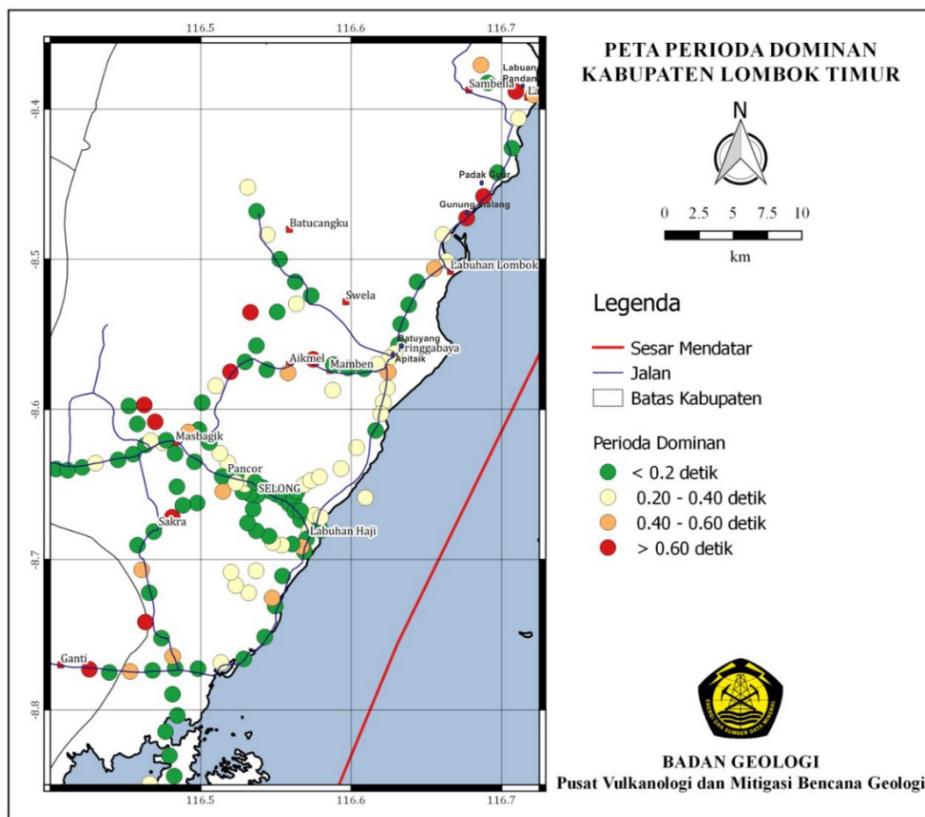


Gambar 9.8 Kerusakan jalan akibat likuifaksi dan retakan tanah berarah N195°E di Desa Belanting, Kecamatan Sambelia.

9.4 Analisis Kondisi Bencana Berdasarkan Data Mikrometer

Pengukuran dan analisis data mikrotremor bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi dan klasifikasi tanah berdasarkan gelombang seismik permukaan dari getaran-getaran alami yang direkam oleh seismograf. Pada tahun 2013 Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) telah melaksanakan pengukuran mikrotremor di wilayah Kabupaten Lombok Timur. Berdasarkan analisis data mikrotremor tersebut memperlihatkan

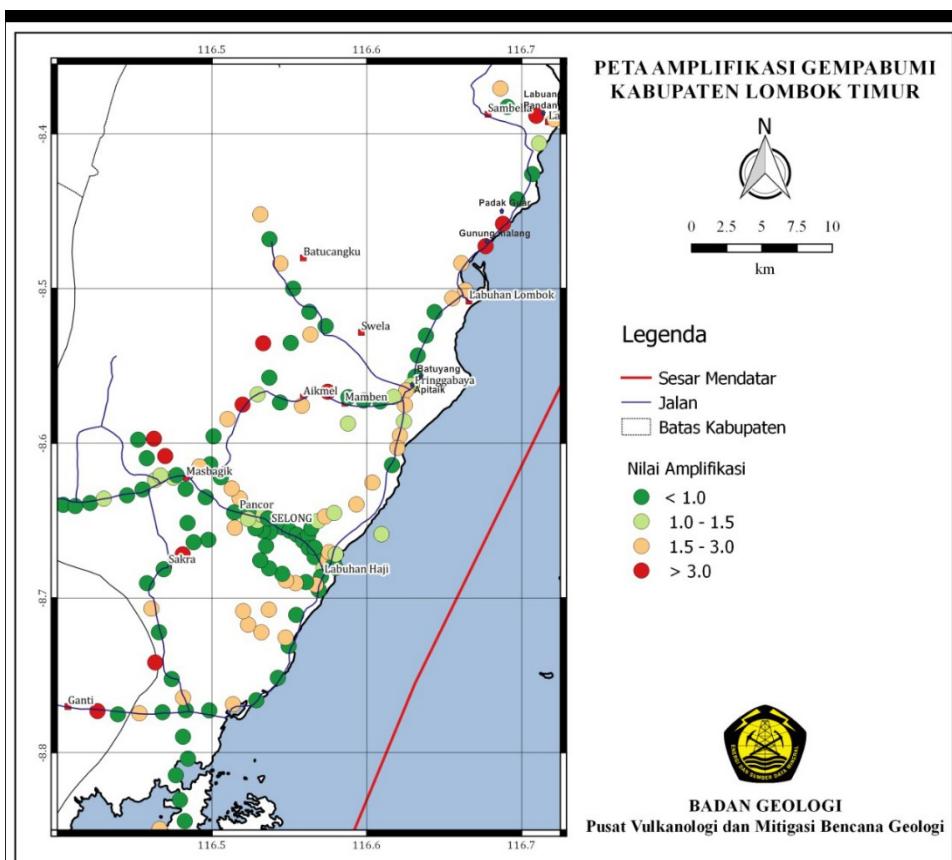
bahwa wilayah yang mengalami kerusakan parah seperti di Desa Padak Guar dan desa Gunung Malang, Kecamatan Pringgabaya mempunyai periode dominan lebih besar dari 0,6 detik (Gambar 9.9). Periode dominan memiliki keterkaitan yang sangat dekat dengan kedalaman lapisan sedimen lunak (Nakamura, 1989). Hal ini dapat diartikan bahwa daerah tersebut mempunyai lapisan tanah sangat lunak dan tebal (Berdasarkan klasifikasi tanah Kanai-Omote-Nakajima, 1998). Berdasarkan Zhao, dkk. (2004), lapisan tanah dengan periode natural lebih besar dari 0,6 detik mempunyai kecepatan gelombang geser (gelombang-S) rata-rata pada kedalaman 0 hingga 30 m (V_{s30}) lebih kecil dari 180 m/s atau termasuk ke dalam kelas E (*soft soil*) berdasarkan klasifikasi tanah dari National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP).



Gambar 9.9 Peta periode dominan berdasarkan pengukuran mikrotremor daerah Kabupaten Lombok Timur.

Wilayah yang tidak mengalami kerusakan parah seperti di desa Batuyang dan Apitaik sebagian besar wilayah ini mempunyai periode dominan kurang dari 0,2 detik. Hal ini dapat diartikan bahwa daerah tersebut mempunyai lapisan

tanah lunak yang tipis. Daerah yang memiliki periode dominan tinggi (lebih dari 0.6 detik) umumnya memiliki kerentanan untuk mengalami kerusakan wilayah yang cukup tinggi jika terlanda gempa. Hal ini dikarenakan periode dominan berbanding lurus dengan nilai penguatannya/goncangan/amplifikasi (Nakamura, 2000). Selain itu, terdapat juga faktor amplifikasi (penguatannya efek goncangan gempa) karena sifat fisis tanah yang lebih lunak dibandingkan batuan dasarnya. Pada umumnya, kondisi tanah di wilayah yang mengalami kerusakan mempunyai faktor amplifikasi gempa sebesar 3 kali (Gambar 9.10).



Gambar 9.10 Peta amplifikasi gempa berdasarkan pengukuran mikrotremor daerah Kabupaten Lombok Timur.

9.5 Kesimpulan

Gempa Lombok yang terjadi pada 19 Agustus 2018 dengan Magnitudo 6.9 Mw (USGS) telah menyebabkan banyak korban jiwa dan kerusakan infrastruktur.



Gempa ini diikuti oleh ratusan *aftershock*. Kejadian gempa tersebut juga mengakibatkan kerusakan geologi berupa retakan tanah, likuifikasi dan gerakan tanah. Daerah yang mengalami kerusakan parah adalah di Kecamatan Sambelia dan Kecamatan Pringgabaya. Skala intensitas maksimum guncangan gempa melanda Kabupaten Lombok Timur yang mencapai skala intensitas VIII MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Berdasarkan analisis data mikrotremor yang telah dilaksanakan oleh PVMBG pada tahun 2013 memperlihatkan bahwa wilayah yang mengalami kerusakan parah seperti di Desa Padak Guar dan desa Gunung Malang, Kecamatan Pringgabaya mempunyai periode dominan lebih besar dari 0,6 detik. Hal ini dapat diartikan bahwa daerah tersebut mempunyai lapisan tanah sangat lunak dan tebal (berdasarkan klasifikasi tanah Kanai-Omote-Nakajima, 1998). Berdasarkan Zhao, dkk. (2004), lapisan tanah dengan periode natural lebih besar dari 0,6 detik mempunyai kecepatan gelombang geser (gelombang-S) rata-rata pada kedalaman 0 hingga 30 m (V_{s30}) lebih kecil dari 180 m/s atau termasuk ke dalam kelas E (*soft soil*) berdasarkan klasifikasi tanah dari National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP).

10. IDENTIFIKASI GERAKAN TANAH DIPICU GEMPA DI PULAU LOMBOK, PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Yunara Dasa Triana¹, Iqbal Eras Putra¹, Yohandi Kristiawan¹, M. Nizar Firmansyah¹

¹Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Gempa mengguncang Pulau Lombok pada tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo 6,4 SR. Gempa tersebut merupakan gempa awal yang terjadi sebelum disusul dengan gempa utama magnitudo 7.0 SR pada tanggal 5 Agustus 2018 dan magnitudo 6,2 SR pada tanggal 9 Agustus 2019. Gempa tersebut memicu terjadinya gerakan tanah pada beberapa wilayah di Pulau Lombok. Longsor yang paling menyita perhatian adalah gerakan tanah yang terjadi di area Taman Nasional Gunung Rinjani paska Gempa 6,4 SR. Akibatnya pendakian Gunung Rinjani terpaksa ditutup hingga batas waktu yang tidak ditentukan. Gempa besar tanggal 5 Agustus menyebabkan jalur poros Tanjung Kahayan terhambat karena terdapat beberapa material longsor yang menutupi jalur tersebut. Gempa tanggal 9 Agustus memicu terjadinya longsor di wilayah Kecamatan Bayan dan sekitarnya.

10.1 Gerakan Tanah Pasca Gempa 6,4 SR 29 Juli 2018

Gerakan tanah di wilayah Kecamatan Sembalun Kabupaten Lombok Timur terjadi di jalur pendakian Gunung Rinjani pada hari Minggu 30 Juli 2018 sekitar pukul 6.30 WITA dipicu gempa di Pulau Lombok dengan Magnitudo 6,4. Gerakan tanah juga terjadi di Kecamatan Sambelia terjadi tanggal 4 Agustus 2018 akibat gempa susulan yang terjadi pada siang hari sekitar pukul 14.30 WITA.

Berdasarkan pengamatan langsung dan visual udara menggunakan drone pada jalur pendakian Sembalun, jenis gerakan tanah yang terjadi adalah retakan dan nendutan pada permukaan tanah. Pengamatan menggunakan drone didapatkan visual untuk area Plawangan dan sekitarnya (Gambar 10.1). Retakan dijumpai pada hampir sepanjang jalur pendakian Pelawangan



Sembalun mulai Pos 4 Bukit Penyesalan sampai titik awal Plawangan (Gambar 2). Retakan-retakan yang dijumpai memiliki lebar antara 5 – 25 cm dengan arah umum barat daya-timur laut sampai barat-timur. Selain retakan, pada jalur pendakian menuju Pelawangan Sembalun juga dijumpai nendatan akibat tarikan longsoran yang terjadi ke lereng di bawahnya dengan arah timur laut. Longsoran ini mengakibatkan berkembangnya retakan dan nendatan ke arah punggungan pada jalur pendakian (Gambar 1, Blok A). Longsoran juga terjadi pada tebing-tebing di sekitar jalur pendakian Pelawangan Sembalun. Terdapat beberapa tubuh longsoran dengan arah umum gerakan barat daya-timur laut (Gambar 10.1, Blok B).

Pada jalur Pelawangan Sembalun, retakan dijumpai mulai awal Pelawangan sampai persimpangan menuju danau kawah dan puncak G. Rinjani. Arah retakan di Pelawangan Sembalun ini relatif barat-timur dan memotong jalur pendakian, sehingga berpotensi memutus jalur pendakian jika retakan terus berkembang menjadi longsoran.

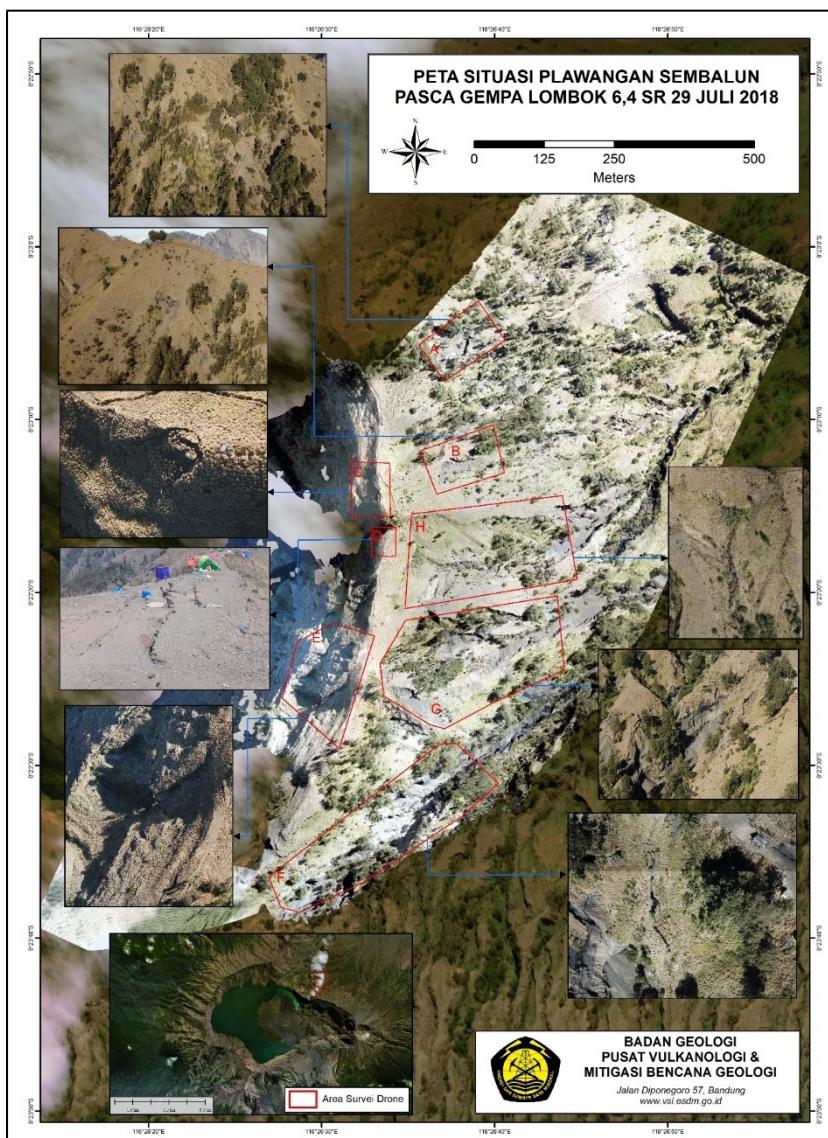
Gambar 10.1, Blok C memperlihatkan situasi gerakan tanah berupa longsoran dengan arah gerakan tenggara-barat laut dan retakan-retakan dengan arah umum gerakan timur laut-barat daya. Longsoran ini mengakibatkan tarikan pada permukaan tanah di sebelah timur sehingga terbentuk retakan dengan arah umum relatif utara-selatan. Jika longsoran dan retakan akibat tarikan ini terus berkembang akan mengancam jalur pendakian yang berada di sebelah timur tubuh longsoran.

Retakan yang intensif terjadi pada jalur pendakian Pelawangan Dua. Terlihat retakan-retakan yang membentuk kompleks retakan berarah umum utara-selatan dengan lebar mencapai 15 meter dan panjang 50 meter. Lebar retakan antara 5-35 cm dengan panjang retakan antara 50 cm sampai 15 m (Gambar 10.1, Blok D). Kondisi saat ini retakan masih berpotensi bertambah dan berkembang jika dipicu goncangan gempa atau curah hujan yang tinggi sehingga sangat membahayakan.

Gerakan tanah atau runtuhan batu juga terjadi pada jalur pendakian menuju ke danau Segara Anak (Gambar 10.1, Blok E). Runtuhan batu ini mengancam pengguna jalur menuju ke arah danau yang berada di bawahnya (sebelah barat). Terdapat dua sistem longsoran dengan lebar mahkota antara 15 sampai 40 meter, arah gerakan relatif timur laut-barat daya dan tenggara-barat laut. Selain runtuhan batu, jalur ini juga terancam oleh retakan yang terbentuk di tenggara dengan arah retakan timur laut-barat daya dan potensi arah gerakan

tenggara–barat laut. Kondisi saat ini, lokasi ini masih berpotensi tejadi runtuhan jika diguncang gempa susulan.

Pada Blok F, G, dan H memperlihatkan retakan dan longsoran pada perbukitan di sekitar jalur pendakian. Tubuh-tubuh longsoran umumnya berarah tenggara–barat laut dan barat daya–timur laut ke arah lembah yang berada di bawah tebing yang longsor. Longsoran-longsoran ini merupakan longsoran lama yang aktif kembali dipicu guncangan gempa.



Gambar 10.1 Peta situasi gerakan tanah di area Plawangan dan sekitarnya paska gempa Lombok 6,4 SR tanggal 29 Juli 2018.



Gambar 10.2 Retakan pada jalur pendakian mulai pos 4 Bukit Penyesalan sampai titik awal Pelawangan. Retakan-retakan ditemukan hampir sepanjang jalur dengan arah umum barat daya-timur laut sampai barat – timur.



Gambar 10.3 Foto-foto longsoran / runtuh batu yang terjadi ketika gempa susulan. Longsoran pada dinding kawah yang terjadi saat terjadi gempa pada hari jumat pagi (Kiri bawah). Kiri atas longsoran pada lereng Gunung Sangkareang. Kanan runtuh batu pada lereng di sekitar jalur pendakian menuju Pelawangan Sembalun.

Menurut informasi, retakan juga terjadi pada jalur pendakian menuju puncak G. Rinjani. Lokasi ini tidak terjangkau oleh drone dan tidak dapat di tempuh karena masih berbahaya akibat masih seringnya terjadi gempa susulan.

Runtuhan batu juga terjadi pada dinding kaldera dan perbukitan di sekitar Gunung Rinjani. Runtuhan batu yang teramat di antaranya terjadi pada lereng Gunung Sangkareang yang masih terjadi ketika pada saat pemeriksaan lapangan ketika terjadi gempa susulan. Runtuhan batu ini bersamaan dengan terjadinya runtuhan batu pada dinding kaldera (Gambar 10.3).

Berdasarkan data di Posko Sembalun dan hasil identifikasi lapangan, dampak gerakan tanah menyebabkan terisolirnya ratusan pendaki di Plawangan dan Segara Anak. Satu orang pendaki meninggal dunia tertimpa runtuhan batu. Alat pemantau Gunungapi Rinjani rusak akibat tanah permukaan tempat alat tersebut retak. Longsor juga menyebabkan potensi banjir bandang akibat penumpukan material longsoran di hulu Kokok Belanting.

Faktor penyebab gerakan tanah di lokasi tersebut secara umum adalah interaksi kondisi geologi dan dipicu oleh gempa. Tanah penutup pada jalur pendakian hingga Pelawangan Sembalun berupa endapan piroklastik dominan tephra yang bersifat lepas yang merupakan bagian dari Batuan Gunungapi tak terpisahkan yang berasal dari G. Rinjani (Qvhr) (Andi Mangga dkk, 1994). Lava pada dinding-dinding tebing juga telah mengalami pengkekar intensif. Kemiringan lereng yang sangat curam bahkan tegak pada beberapa tempat terutama pada lereng ke arah Segara Anak.

Gerakan tanah juga terjadi di wilayah Kecamatan Sambelia di sekitar Desa Madayin dan Obel-obel. Gerakan tanah berupa longsoran pada dinding Gunung Mentareng terjadi ketika gempa susulan pada tanggal 4 Agustus 2018. Menurut keterangan penduduk, longsoran kembali terjadi ketika gempa dengan Magnitude 7 melanda Pulau Lombok pada 5 Agustus 2018 (Gambar 10.4 dan 10.5). Material dari longsoran yang berarah N 355° E ini menimpa lembah yang merupakan hulu Sungai Kokok Belanting. Material longsoran yang jatuh ke alur alir sungai berpotensi berkembang menjadi banjir bandang ketika curah hujan tinggi.



Gambar 10.4 Longsor pada Bukit di atas Posko Madayin, Sambelia paska gempa susulan 4 Agustus 2018. Endapan longsor tersebut berpotensi berkembang menjadi aliran bahan rombakan pada musim penghujan (atas). Longsor pada Bukit Mentareng, Obel-Obel, Sambelia paska gempa susulan 4 Agustus 2018 (bawah). Endapan longsor tersebut berpotensi berkembang menjadi aliran bahan rombakan pada musim penghujan.

10.2 Gerakan Tanah Pasca Gempa 7.0 SR 5 Agustus 2018

Gempa melanda Pulau Lombok dengan Magnitudo 7,0 pada hari Minggu 5 Agustus 2018 sekitar pukul 18.46 WITA. Akibat gempa tersebut memicu terjadinya gerakan tanah terutama di daerah Kabupaten Lombok Utara, tepatnya di Kecamatan Pemenang, Tanjung, Gangga, dan Bayan.

Gerakan tanah yang terjadi pada jalur Mataram-Senggi-Pemenang adalah runtuhan batu pada tebing jalan. Tebing jalan tersusun oleh breksi yang telah

terkekarkan dengan kuat. Pada jalur ini banyak dijumpai tebing-tebing lereng yang telah terkekarkan dan berpotensi terjadi runtuhan batu (Gambar 10.5). Pada jalur ini dijumpai kendaraan roda dua yang mengalami kecelakaan akibat terkena bongkahan batu yang meluncur dari atas tebing. Runtuhan batu juga terjadi di Gunungsari pada jalur Pemenang-Gunungsari-Mataram. Selain runtuhan batu, pada jalur ini juga terjadi longsoran-longsoran tanah dengan dimensi kecil (Gambar 10.6).



Gambar 10.5 Runtuhan batuan dan dinding tebing yang telah terkekarkan pada jalur jalan Mataram-Senggigi-Pemenang yang dapat membahayakan pengguna jalan (kiri). Sepeda motor mengalami kecelakaan akibat menabrak bongkah batu yang jatuh dari tebing (kanan).



Gambar 10.6 Longsoran di daerah Gunung Sari pada jalur jalan Pemenang-Gunungsari-Mataram.

Gerakan tanah pada jalur jalan antara Pemenang-Tanjung-Gangga-Kayangan adalah longsoran pada tebing jalan dan retakan pada permukaan tanah dan jalan. Gerakan tanah berupa retakan-retakan pada badan jalan terjadi dengan arah umum barat daya-timur laut searah dengan jalur jalan. Lebar retakan antara 5 cm sampai 25 cm dengan panjang antara 20 cm sampai lebih dari 1 m.

Retakan pada badan jalan di Lokok Piko, Dusun Jugil Barat yang secara geografis berada pada koordinat $8^{\circ} 16' 24,7''$ LS dan $116^{\circ} 13' 54,9''$ BT telah membentuk mahkota dengan nendatan mencapai 20 cm, arah gerakan antara N 305° E - N 345° E atau relatif barat laut-tenggara dengan lebar mahkota

mencapai 60 m (Gambar 7). Retakan pada badan jalan juga terjadi di Jugil Timur yang secara geografis berada pada koordinat $8^{\circ} 16' 11,4''$ LS dan $116^{\circ} 14' 16,52''$ BT dengan arah relative barat daya-timur laut atau searah jalan. Di lokasi ini juga ditemukan jejak likuifaksi yang terletak di sebelah barat badan jalan (Gambar 7).



Gambar 10.7 Retakan dan nendatan di Lokok Piko, Dusun Jugil Barat pada badan jalan antara Pemenang – Kayangan (atas). Jejak likuifaksi yang dijumpai disebelah barat retakan pada badan jalan (bawah).

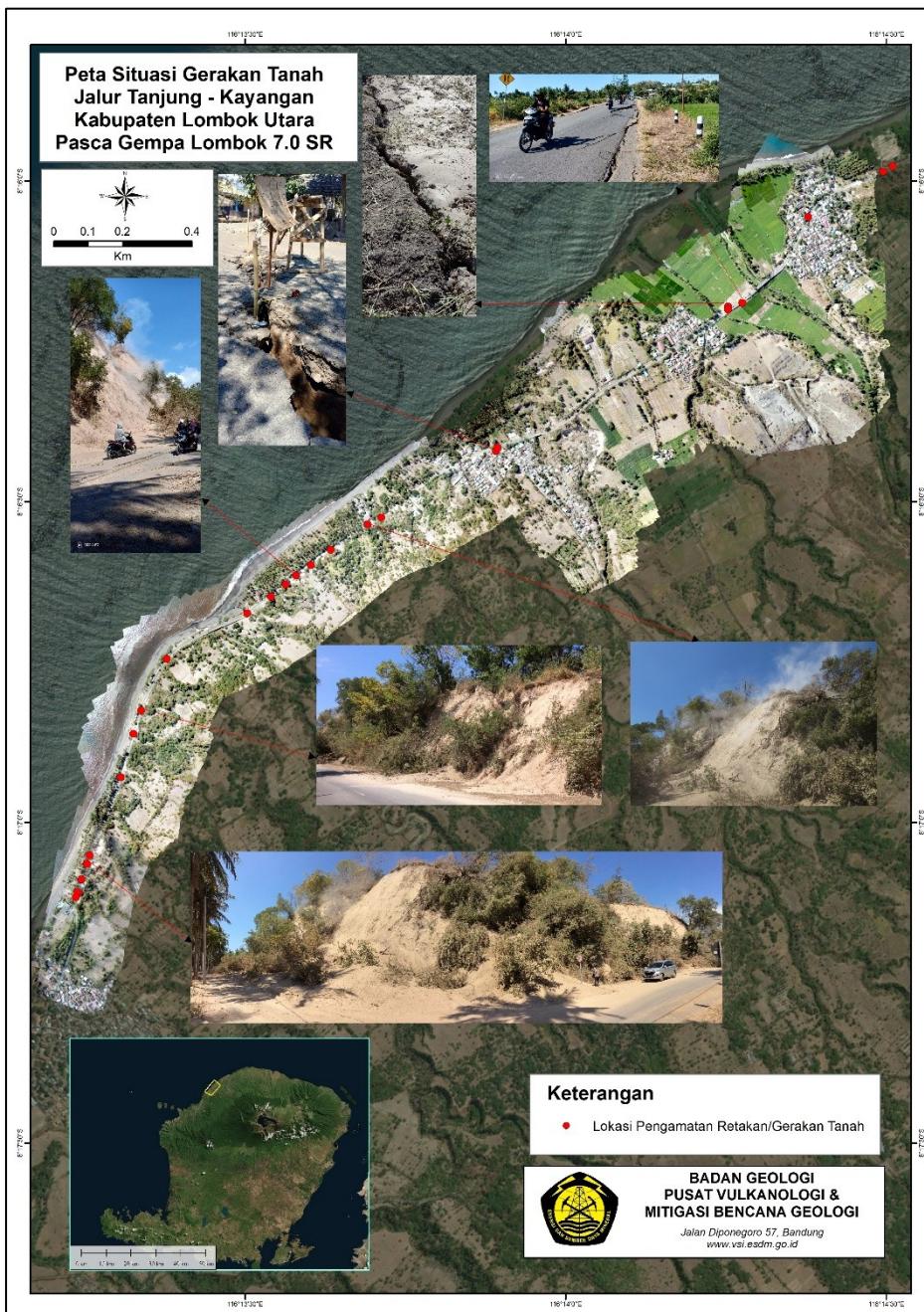
Longsoran dinding tebing jalan terjadi pada jalur jalan antara Menangacangkring dan Kali Penggolong pada koordinat $8^{\circ} 17' 07,8''$ LS dan $116^{\circ} 13' 13,8''$ BT sampai $8^{\circ} 17' 00,8''$ LS dan $116^{\circ} 13' 16,2''$ BT atau sepanjang sekitar 230 m. Tinggi yebing yang longsor antara 12 – 25 meter dengan arah gerakan N 305° E atau relative tenggara-barat laut searah badan jalan (Gambar 8). Longsoran ini masih aktif bergerak ketika terjadi gempa susulan dirasakan. Longsoran juga terjadi pada tebing jalan antara Siduran dan Beraringan pada jalur Jalan Pemenang-Kayangan. Longsoran ini berada pada koordinat $8^{\circ} 15'$

59.1156" LS dan 116° 14' 29.7204" BT. Tebing jalan dengan tinggi antara 10–20 meter longsor sepanjang 130 m dengan arah gerakan relative tenggara-barat laut searah badan jalan (Gambar 8).

Selain pada tebing jalan, gerakan tanah berupa longsoran juga terjadi pada dinding perbukitan di sebelah selatan Kantor Bupati Lombok Utara di sekitar lereng G. Muterun. Jejak-jejak longsoran berupa terehan pada dinding tebing terlihat jelas dari kantor Bupati Lombok Utara (Gambar 9). Gerakan tanah yang terjadi menyebabkan terganggunya arus lalu lintas dari Mataram menuju wilayah Kabupaten Lombok Utara dan Lombok Timur. Longsor juga memberikan ancaman bagi pengguna jalan karena potensi runtuhnya batu dan longsoran masih terjadi ketika ada gempa susulan serta debu yang mengakibatkan gangguan jarak pandang.



Gambar 10.8 Longsoran pada tebing antara Menangacangkring dan Kali Penggolong pada jalur Pemenang – Kayangan yang menghambat kelancaran lalu lintas dan membahayakan pengguna jalan karena longsoran masih aktif. Kanan, longsoran yang terjadi pada saat pemeriksaan. Kepulan asap berasal dari material yang bergerak turun ketika dirasakan gempa susulan (kiri). Longsoran pada tebing jalan antara Siduran dan Beraringan pada jalur Jalan Pemenang-Kayangan (kanan).



Gambar 10.9 Peta situasi gerakan tanah pada jalur jalan Gangga-Kayangan Kab.Lombok Utara, NTB

Gerakan tanah menimbulkan korban jiwa terjadi di Dusun Dompu Indah, Desa Selengen, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara. Gerakan tanah yang terjadi berupa longsoran bahan rombakan yang terjadi di 3 titik.

Longsoran pertama terjadi pada lereng di antara permukaan dan jalan desa dengan tinggi lereng 10 meter, kemiringan lereng 60° dan longsor ke arah barat. Longsoran kedua terjadi pada lereng di antara permukiman dan Sungai Amoramor dengan tinggi lereng 40 meter, lebar gawir 120 meter, kemiringan lereng rata-rata 62° dan arah landaan N 306° E. Material longsor di lokasi kedua ini membendung aliran sungai di dekat kelokan sungai sehingga alirannya melimpah memotong kelokan. Longsoran ketiga terjadi pada lereng di antara jalan dan Sungai Amoramor, dengan tinggi lereng 16 meter, kemiringan lereng tegak dan arah landaan ke timur atau masuk ke lembah sungai yang telah mengering karena terbendung oleh material longsoran kedua. Akibat longsor ini menyebabkan 4 (empat) orang meninggal dunia, 2 (dua) rumah hancur terbawa longsoran, 4 (empat) rumah terancam, Aliran Sungai Amoramor terbendung sehingga berpotensi menimbulkan banjir bandang jika bendungan tersebut bobol secara cepat. Selain itu longsor menyebabkan Akses jalan menuju Dusun Sambi Jengkel terancam terputus.



Gambar 10.10 Gawir longsoran bahan rombakan akibat gempa di Desa Selengen, Kec. Kayangan. Material longsor membendung badan sungai sehingga alirannya terhambat dan berubah jalur.

10.3 Gerakan Tanah Paska Gempa 6.2 SR Tanggal 9 Agustus 2018

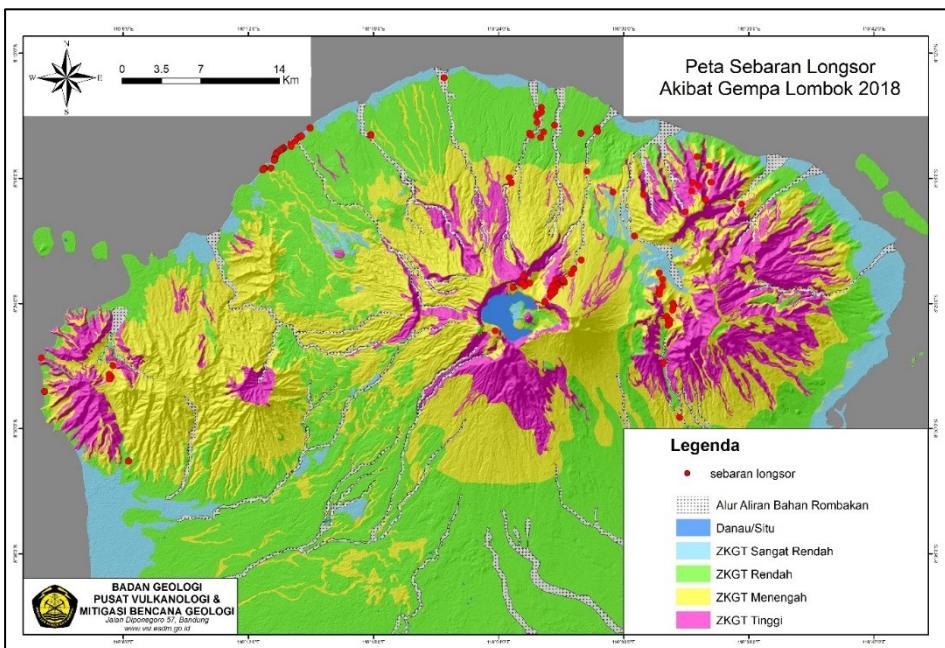
Gerakan tanah terjadi dipicu gempa 6,2 SR tanggal 9 Agustus 2018 terjadi terutama di daerah Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara yaitu di Desa Loloan dan Senaru. Gerakan tanah terjadi di Desa Loloan, berupa longsoran bahan rombakan yang berasal dari tebing lereng yang memanjang utara-selatan. Longsor bergerak ke arah N 195° E dengan lebar gawir 105 meter, tinggi lereng 43 meter dan kemiringan lerengnya mencapai 67°. Gerakan tanah ini mengakibatkan permukiman yang berada di bawah lereng menjadi terancam (Gambar 11). Sedangkan gerakan tanah di Senaru berupa longsoran bahan rombakan yang berasal dari tebing lereng yang memanjang utara-selatan. Longsor bergerak ke arah N 195° E dengan lebar gawir 105 meter, tinggi lereng 43 meter dan kemiringan lerengnya mencapai 67°. Gerakan tanah ini mengakibatkan longsor di bagian hulu air Terjun Sindanggile yang berpotensi membendung aliran sungai, mengancam irigasi, serta menutup jalur wisata menuju air terjun (Gambar 12).



Gambar 10.11 Kondisi daerah gerakan tanah di Desa Loloan, Kec. Bayan, Kab. Lombok Utara. Nampak permukiman di bawah gawir terjal yang terancam oleh gerakan tanah (atas). Gawir longsor di Desa Loloan, Kec. Bayan, Kab. Lombok Utara. Sebagian material longsor terlihat masih tersisa di bagian atas gawir yang berpotensi longsor kembali jika hujan turun atau terkena guncangan gempa (bawah)



Gambar 10.12 Longsor bahan rombakan pada tebing sungai di Desa Senaru, Kec. Bayan. Material longsor berpotensi membendung aliran sungai, mengancam saluran irigasi dan menutup jalur wisata menuju Air Terjun Sindanggile (kiri). Beberapa gawir longsor di bagian hulu Air Terjun Sindanggile. Longsor dengan dimensi serupa banyak terjadi di sepanjang tebing sungai ini (kanan).



Gambar 10.13 Peta sebaran gerakan tanah dipicu kejadian gempa Lombok tahun 2018. Peta ZKGT modifikasi dari Luthfi dkk (2008) dan Djadja (2008).

10.4 Penutup

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, gerakan tanah yang berhasil diidentifikasi paska gempa 29 Juli – 9 Agustus 2018 berjumlah 198 titik (Gambar 13). Lokasi longsor tersebut tersebar terutama pada jalur pendakian Gunung Rinjani hingga Kaldera Rinjani, wilayah Lombok Timur di Sambelia,



sepanjang jalur jalan di Kawasan Lombok Utara, serta di wilayah Bayan, Lombok utara. Longsor yang terjadi dipicu oleh getaran akibat gempa yang terjadi baik gempa utama maupun susulan. Adanya guncangan yang terus menerus membuat daya dukung lereng menjadi berkurang. Akibatnya ada sebagian kejadian longsor yang terjadi setelah beberapa kali diguncang gempa. Kondisi batuan yang berupa material lepas seperti tuff serta kondisi lereng yang curam semakin memperbesar potensi terjadinya longsor. Material longsoran yang terendapkan berpotensi berkembang menjadi aliran bahan rombakan ketika musim hujan tiba. Potensi aliran bahan rombakan terutama terdapat pada beberapa aliran sungai yang terjadi longsor pada hulunya seperti di Kokok Putih di Sembalun, Kokok Belanting, Kokok Nangka, Kokok Obel Obel dan Kokok Sambelia di daerah Kecamatan Sambelia. Untuk jalur pendakian Gunung Rinjani untuk sementara waktu terpaksa ditutup. Potensi terjadinya longsor sangat besar karena masih banyak retakan di sepanjang jalur ditambah dengan kemungkinan masuknya musim hujan. Mengingat potensi gerakan tanah masih sangat besar saat musim hujan, maka kewaspadaan masyarakat harus ditingkatkan. Mitigasi dapat dilakukan dengan pemantauan terjadinya penumpukan material longsoran di hulu sungai. Jika dijumpai pembendungan agar dilakukan pembobolan untuk normalisasi aliran sungai dan menghindari terjadinya banjir bandang. Selain itu sosialisasi kepada masyarakat terus ditingkatkan untuk lebih mengenal dan memahami gerakan tanah dan gejala-gejala yang mengawalinya sebagai upaya mitigasi bencana gerakan tanah.

11. SURVEI DAMPAK GEMPA LOMBOK 5 AGUSTUS 2018 DI WILAYAH DESA SELAT, KAB LOMBOK BARAT DAN PEMENANG, KAB LOMBOK UTARA

Nuraini Rahma Hanifa¹, Muhammad Ali², Endra Gunawan¹, Giovanni C.

Pradipta¹

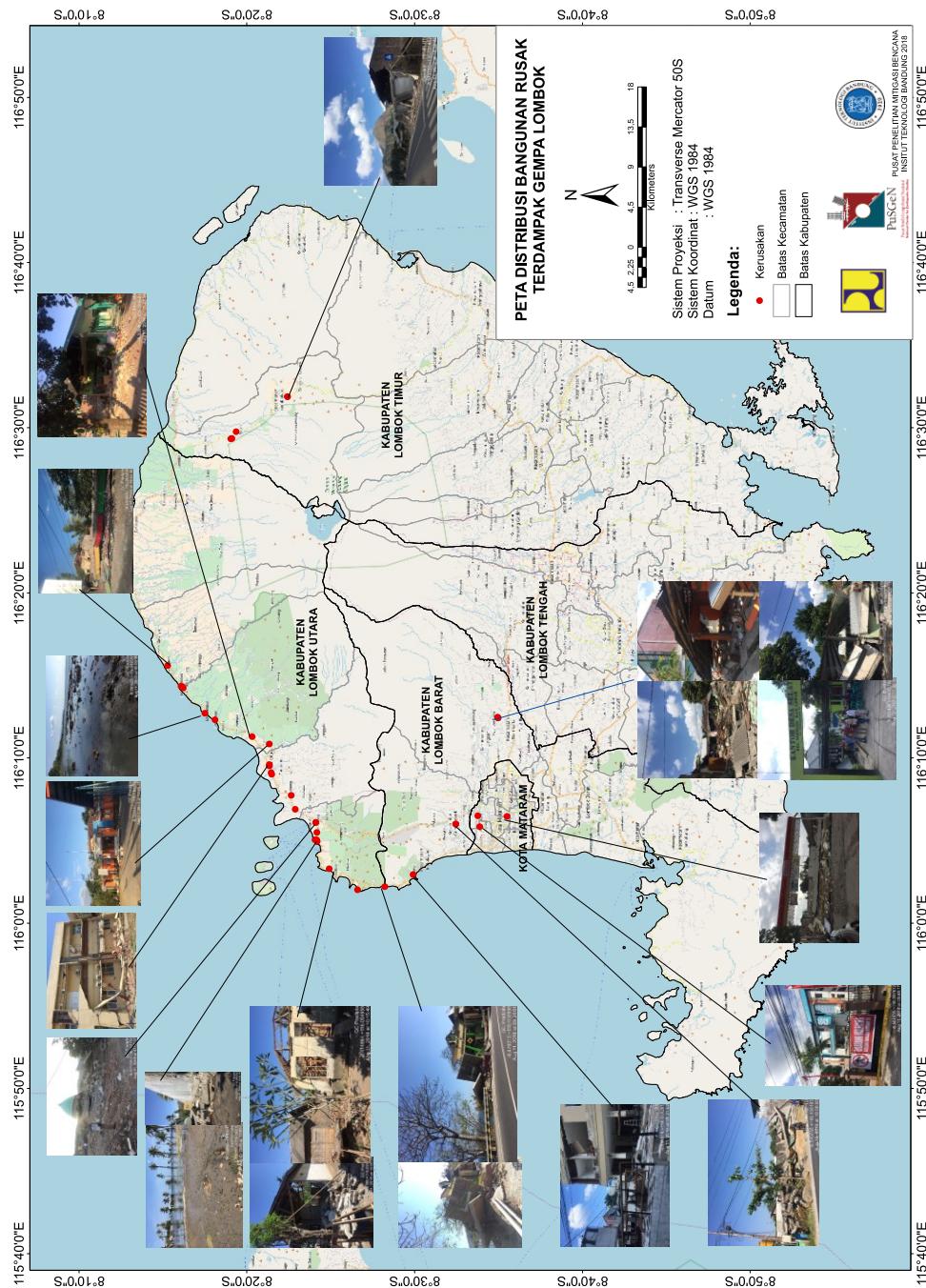
¹ITB, ²UNRAM

11.1 Survei dampak gempa Lombok

Bab ini menyampaikan hasil survey dampak bangunan paska gempa besar kedua pada tanggal 12 – 13 Agustus 2018 yang dilakukan di wilayah bagian barat Pulau Lombok (Gambar 11.1) dan survey *reconnaissance* di Lombok Utara. Survey kerusakan dilakukan secara cepat dengan mengunjungi lokasi-lokasi yang dilaporkan mengalami banyak kerusakan dan melakukan pemeriksaan individu bangunan secara visual termasuk pemetaan area kerusakan. Survei yang dilakukan terutama melingkupi wilayah desa Selat di Kabupaten Lombok Barat, serta di Pemenang, Kabupaten Lombok Utara.

11.2 Survei dampak gempa di wilayah Kota Mataram

Kerusakan bangunan yang ditemui di Kota mataram sebagian besar bukanlah rusak berat hingga menyebabkan bangunan roboh. Sebagian besar adalah kerusakan arsitektural, atap yang berjatuhan, serta dinding yang retak. Bangunan yang mengalami kerusakan cukup serius yaitu Gedung kantor Dinas Perikanan dan Kelautan, serta bangunan Alfamart. Warga yang kami temui di Kota Mataram banyak memilih tinggal di tenda-tenda pengungsian, dikarenakan perasaan takut akan gempa yang akan kembali terjadi dapat merobohkan bangunan rumah. Gambar 10.2 sampai Gambar 10.3 menunjukkan foto-foto kerusakan di Kota Mataram, sedangkan Gambar 10.4 menunjukkan salah satu pos pengungsian di Kota Mataram.



Gambar 11.1 Survey yang dilakukan pada tanggal 10-13 Agustus 2018.



Gambar 11.2 Kerusakan Kantor KKP di Kota Mataram



Gambar 11.3 Kerusakan bangunan minimarket di Kota Mataram



11.3 Survei dampak gempa di wilayah Desa Selat, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat

Memasuki desa Selat, mulai ditemui banyak sekali bangunan yang runtuh dan rusak berat. Menurut kepala desa, 50% rumah di desa selat ini mengalami rusak total dan rusak berat. Gambar 11.5 menunjukkan beberapa kerusakan di desa Selat, sedangkan Gambar 11.6 menunjukkan foto udara (drone) kerusakan desa Selat

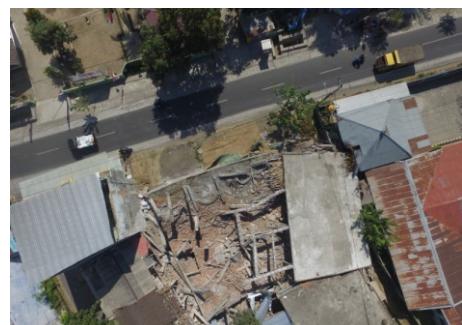


Gambar 11.4 Salah satu Pos Pengungsitan di Kota Mataram.





Gambar 11.5 Foto foto kerusakan di desa Selat oleh gempa Lombok.





Gambar 11.6 Foto udara kerusakan di Desa Selat, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat.

11.4 Survei dampak gempa Desa Malaka, Kabupaten Lombok Utara

Salah satu dusun yang kami survei di desa Malaka ini merupakan salah satu dusun di Pemenang, Kabupaten Lombok Utara, yang tidak nampak telah masuk bantuan pada waktu kami melakukan survei. Dusun ini sebagian terdiri dari rumah-rumah bambu, rumah campuran bata dan bambu serta rumah bata. Pada desa ini ditemui banyaknya rumah bambu maupun rumah campur bata dan bambu yang masih berdiri dengan baik, sementara rumah bata rusak total-rusak berat. Terdapat 2 sumur di dusun ini, sumur yang satu masih memiliki air yang jernih, sedangkan sumur lainnya yang lebih dekat ke pantai airnya menjadi keruh. Warga di sini memiliki saung-saung bambu yang kemudian mereka tempati karena merasa lebih aman gempa di saung bambu. Kearifan lokal bangunan dengan bambu serta keberadaan saung-saung bambu ini dinilai membantu warga dusun ini dalam situasi darurat gempa. Gambar 10.7 dan Gambar 10.8 menunjukkan kerusakan di desa Malaka oleh gempa Lombok.



Gambar 11.7 Foto foto kerusakan di desa Malaka oleh gempa Lombok.



Gambar 11.8 Foto kerusakan hunian di desa Malaka Kabupaten Lombok Utara oleh gempa Lombok.



Gambar 11.9 Kerusakan sebuah Hotel di Senggigi oleh gempa Lombok.



Gambar 11.10 Kerusakan gapura perbatasan Kabupaten Lombok Barat dan Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.11 Kerusakan salah satu bangunan Puskesmas di Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.12 Pospernas Tanjung, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.13 Kerusakan salah satu bangunan masjid di kabupaten lombok Utara.



Gambar 11.14 Kerusakan salah satu took di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.15 Kerusakan di kantor BPBD kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.16 Kerusakan salah satu masjid rubuh di Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.17 Kerusakan bangunan di desa Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat.



Gambar 11.18 Retakan pada jalan di jalan utama sekitar Tanjung, Kabupaten Lombok Utara.

11.5 Survei penurunan muka tanah dan likuifaksi pesisir Barat Lombok

Likuifaksi ditemukan di salah satu desa di Pamenang, seberang gili-gili. Warga setempat menceritakan bahwa pada gempa tanggal 5 Agustus 2018, tanah menjadi amblas sekitar 1 meter dan keluar lumpur dengan sangat banyak. Setelah itu tanggul menjadi retak sehingga masuk air laut. Lapangan yang semestinya penuh dengan rumput, saat itu menjadi tertutup dengan lumpur dan air. Lokasi terjadinya fenomena subsidence dan likuifaksi ini konsisten dengan data dari INSAR. Gambar 10.19 dan 10.20 menunjukkan land subsidence di desa Pamenang Barat, Gambar 10.21 menunjukkan fenomena likuifaksi de desa Pamenang Barat.





GC Pradipta
-8.402638, +116.084281
Aug 11, 2018 at 10:45:47

Gambar 11.19 Land subsidence di Desa Pemenang Barat, Kabupaten Lombok Utara, mengakibatkan air laut masuk hingga sekitar 300 meter ke darat.



Gambar 11.20 Foto udara Land subsidence di Desa Pemenang Barat, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 11.21 Likuifaksi di Pemenang Barat, Kabupaten Lombok Utara.

11.6 Pertemuan Koordinasi dan sosialisasi

Dalam rangkaian survey, tim juga melakukan koordinasi dan pertemuan dengan Universitas Mataram serta Pospenas di Tanjung. Selain itu juga melakukan beberapa diskusi di posko pengungsian, khususnya terkait banyaknya pertanyaan mengenai mekanisme gempa yang terjadi, seperti ditunjukkan dalam Gambar 11.22.



Gambar 11.22 Diskusi dan koordinasi dengan tim dari berbagai instansi dan stakeholder.



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

12. PEMERIKSAAN DAN PEMETAAN KERUSAKAN BANGUNAN PASKA GEMPA LOMBOK 5 AGUSTUS 2018

Mohamad Ridwan¹, Dadri Arbriyakto¹, Giovanni C. Pradipta²

¹ Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR,
Bandung

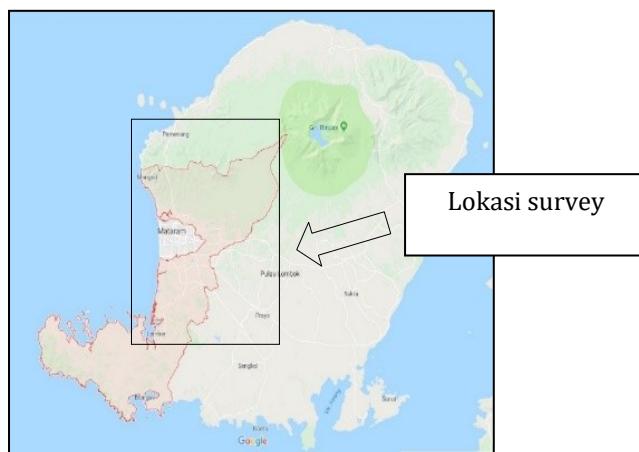
² Pusat Penelitian Mitigasi Bencana ITB

12.1 Pendahuluan

Gempa yang terjadi secara beruntun di wilayah Pulau Lombok dan sekitarnya telah memberikan pelajaran yang cukup penting di bidang ilmu kegempaan. Gempa pertama terjadi pada tanggal 29 Juli 2018 yang berpusat di Lombok Utara dengan kekuatan M 6.4 dan kedalaman 13 km sudah cukup menimbulkan kerusakan pada bangunan-bangunan gedung dan perumahan terutama di wilayah Lombok Utara yang lokasinya sangat berdekatan dengan pusat gempa. Merujuk hasil pemantauan tim BMKG (2018) telah terjadi puluhan gempa susulan dengan magnitude yang cenderung menurun, tetapi tiba-tiba pada tanggal 5 Agustus 2018 terjadi gempa besar kedua dengan kekuatan M 7.0 dan episenter gempa berada di sebelah barat sumber gempa pertama dengan kedalaman 32 km. Paska gempa kedua, tim ini langsung mengunjungi lokasi daerah terdampak untuk melakukan pemeriksaan tingkat kerusakan bangunan dan memetakan distribusi daerah kerusakan yang ditimbulkannya.

Setelah gempa besar kedua yang diikuti juga gempa-gempa susulan dengan kekuatan yang fluktuatif, selanjutnya terjadi lagi gempa besar ketiga pada tanggal 9 Agustus 2018 M 5.9 dimana episenter gempa bergeser semakin ke arah Barat. Kemudian pada tanggal 19 Agustus 2018 terjadi lagi gempa besar bahkan dua kali dalam satu hari yaitu dengan kekuatan M 6.3 dan M 6.9 dimana episenter gempa bergeser ke arah Timur (Gambar 6). Sampai laporan ini disusun pada pertengahan bulan Agustus 2018 gempa-gempa susulan masih terus terjadi dengan kekuatan yang cenderung menurun dan masih dalam pantauan tim BMKG dan KK Geofisika ITB dimana secara total jumlah gempa susulan sudah mencapai 1648 kejadian (BMKG, 2018).

Pada tulisan ini dipaparkan hasil survey kerusakan bangunan paska gempa besar kedua pada tanggal 12 – 13 Agustus 2018 yang dilakukan di wilayah bagian barat Pulau Lombok (Gambar 12.1) dan survey *reconnaissance* di Lombok Utara. Survey kerusakan dilakukan secara cepat dengan mengunjungi lokasi-lokasi yang dilaporkan mengalami banyak kerusakan dan melakukan pemeriksaan individu bangunan secara visual termasuk pemetaan area kerusakan. Fokus pemeriksaan dilakukan pada bangunan rumah tinggal dan bangunan sekolah yang mengalami kerusakan akibat gempa tanggal 5 Agustus 2018.



Gambar 12.1 Area survey kerusakan bangunan akibat gempa Lombok 5 Agustus 2018.

12.2 Metode Pemetaan dan Pemeriksaan Tingkat Kerusakan Bangunan

Survey kerusakan bangunan paska gempa dan pemetaan area terdampak dilakukan beberapa saat setelah kejadian gempa kedua dimana saat itu masih pada kondisi tanggap darurat untuk mendapatkan data faktual yang merupakan data kerusakan betul-betul akibat gempa. Berdasarkan beberapa informasi dari berbagai sumber, area terdampak akibat gempa Lombok ini menyebar cukup luas dimana bangunan-bangunan yang dilaporkan mengalami kerusakan menyebar hampir di tiap Kabupaten, hal ini tentunya diperlukan waktu yang cukup untuk melakukan survey di seluruh lokasi, sehingga pada kegiatan ini daerah survey difokuskan di bagian barat Pulau Lombok dan melakukan survey *reconnaissance* di wilayah Lombok Utara.

Pemeriksaan kerusakan bangunan dilakukan secara cepat dengan merujuk acuan yang sering digunakan di negara lain dan juga oleh tim Puslitbang Permukiman pada survei-survei paska gempa sebelumnya yang mencakup pemeriksaan komponen struktur dan arsitektur, baik pada bagian dalam maupun pada bagian luar bangunan. Pemeriksaan yang lebih detil pada individu bangunan juga dilakukan pada bangunan prioritas yaitu bangunan gedung sekolah untuk mengetahui tingkat kerusakan dan menentukan alternatif metode perbaikan. Pemeriksaan dilakukan secara visual pada komponen utama struktur seperti: kolom, balok, dan dinding geser, pada komponen arsitektur, rangka atap dan utilitas bangunan. Kondisi tanah setempat dan pondasi juga merupakan bagian dari pemeriksaan bangunan secara menyeluruh.

Catatan koordinat lokasi bangunan/daerah kerusakan diplot pada peta dasar untuk mengetahui peta penyebaran daerah kerusakan. Gambaran distribusi kerusakan pada suatu area dibantu juga dengan menggunakan foto udara dengan menggunakan kamera drone seperti yang dilakukan di dua lokasi yaitu: Gunung Sari dan Nermada (Gambar 12.2). Sedangkan pada daerah yang mengalami kerusakan yang sangat masif dimana sebagian besar bangunan mengalami keruntuhan seperti ditemui di Lombok Utara, maka peta daerah kerusakan *digeneralizir* untuk seluruh lokasi.



Gambar 12.2 Persiapan dan pelaksanaan pengambilan foto udara dengan menggunakan drone di lokasi area kerusakan Gunung Sari, Kab. Lombok Barat.



12.3 Temuan Lapangan dan Diskusi

Berdasarkan hasil survey di lapangan pada lokasi-lokasi yang sempat dilakukan pengamatan, ditemukan daerah-daerah kerusakan dengan tingkat kerusakan bangunan yang sangat beragam dan penyebarannya cukup luas. Pengamatan di Kabupaten Lombok Barat dilakukan pada lokasi-lokasi dimana ditemukan beberapa daerah kerusakan terutama pada area pemukiman yaitu: Nermaga, Karanganyar, Selat, dan Gunung Sari. Kategori kerusakan di daerah tersebut sangat beragam tetapi mayoritas adalah rusak berat – runtuh. Pada umumnya jenis kerusakannya sangat tipikal yaitu kerusakan pada dinding pasangan bata berupa retakan, plesteran terkelupas, atau runtuhan pada dinding ampig yang disebabkan oleh kualitas material yang rendah. Sedangkan pada bangunan yang mengalami rusak berat dan runtuh banyak terjadi pada bangunan yang tidak memiliki rangka struktur ataupun menggunakan rangka struktur tetapi tidak memenuhi persyaratan teknis dari mulai ukuran besi tulangan, jarak sengkang, sambungan balok-kolom, dan juga kualitas material. (Gambar 12.3).

Pengamatan lainnya dilakukan di sepanjang akses jalan yang dapat dilalui disekitar pantai Barat dan Utara Lombok. Berdasarkan hasil pengamatan sepanjang bagian utara Lombok ditemukan kerusakan yang sangat masif dimana hampir seluruh bangunan mengalami kerusakan berat – runtuh kecuali beberapa bangunan dengan konstruksi kayu atau tembok yang dibangun dengan baik. Kerusakan yang terjadi di bagian utara Lombok lebih disebabkan akibat goyangan gempa yang cukup besar karena faktor jarak dari area terdampak dengan sumber gempa yang cukup dekat sehingga bangunan dengan kondisi kurang baik tidak sanggup menahan beban gempa. Selain akibat menahan goyangan gempa utama juga telah puluhan kali digoyang gempa-gempa susulan dengan magnitudo yang cukup besar.

Pemeriksaan lebih detil juga dilakukan pada bangunan prioritas yaitu bangunan sekolah untuk menentukan kategori tingkat kerusakan dan menentukan metode perbaikan pada tahap rekonstruksi. Hampir seluruh bangunan sekolah di wilayah Kabupaten Lombok Barat yang berjumlah 15 gedung telah dilakukan pemeriksaan yang dilakukan secara visual mencakup seluruh aspek struktur, arsitektur, dan utility 112ias112n. Pada gambar 4 diperlihatkan salah satu hasil pemeriksaan 112ias112n SDN 1 Lembahsari yang memperlihatkan runtuhan pada bangunan tambahan, kerusakan pada bagian-bagian struktur dan non struktur berupa: retak geser-lentur pada dinding, plesteran dinding terkelupas. Secara keseluruhan bangunan ini dapat

dikategorikan rusak ringan – roboh. Hasil analisis tingkat kerusakan dan lokasi pada seluruh bangunan sekolah di Kabupaten Lombok Barat diperlihatkan pada peta penyebaran tingkat kerusakan ringan, sedang, dan berat pada Gambar 12.4.



Gambar 12.3 Tipikal kerusakan bangunan rumah tinggal di daerah Lombok berupa runtuh pada dinding pasangan, hancuran pada sambungan dinding – kolom dan runtuh pada rangka atap. Hampir seluruhnya diakibatkan kondisi bahan yang sudah tua (lapuk) atau bangunan tanpa rangka struktur kolom dan balok.



Gambar 12.4 Contoh kerusakan pada bangunan dengan rangka struktur yang masih berdiri walaupun sudah rusak berat (gambar kiri), sedangkan gambar kanan memperlihatkan bangunan dengan kondisi struktur yang baik tidak mengalami kerusakan dimana lingkungan sekitarnya mayoritas bangunan mengalami rusak berat – runtuh.

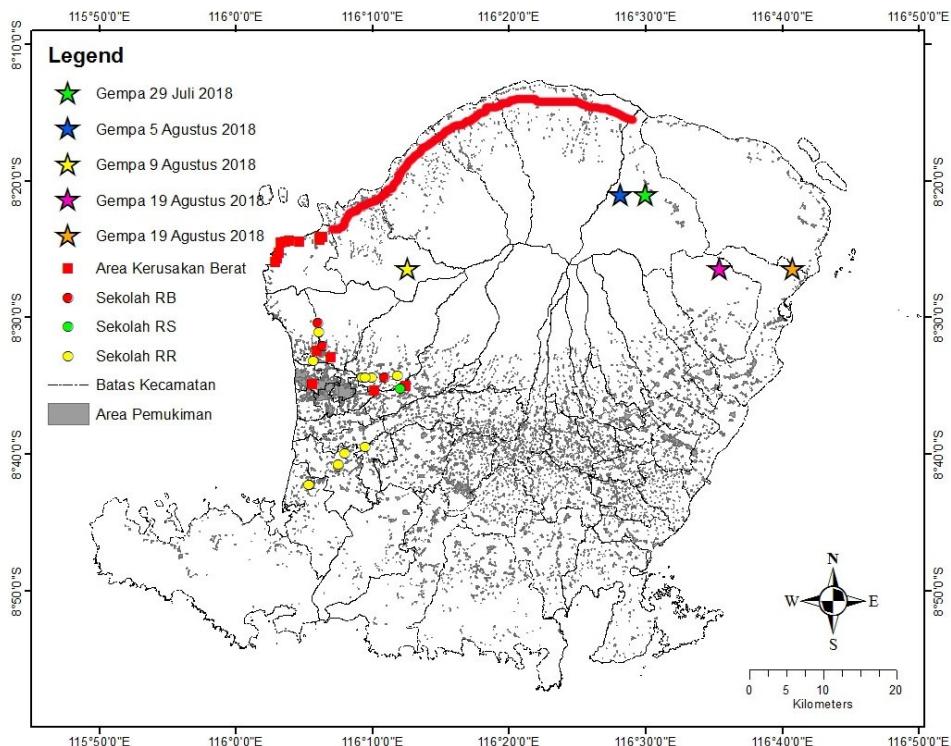


Gambar 12.5 Pemeriksaan bangunan gedung sekolah SDN 2 yang berlokasi di Gunung Sari yang memperlihatkan kerusakan pada bagian-bagian struktur dan non struktur berupa: retak geser-lentur pada dinding, plesteran dinding terkelupas, dinding terpisah/terlepas pada pertemuan dengan kolom akibat tidak dipasang angker, pada beberapa bagian ditemukan jatuhnya plafon. Secara keseluruhan bangunan ini dapat dikategorikan rusak sedang.



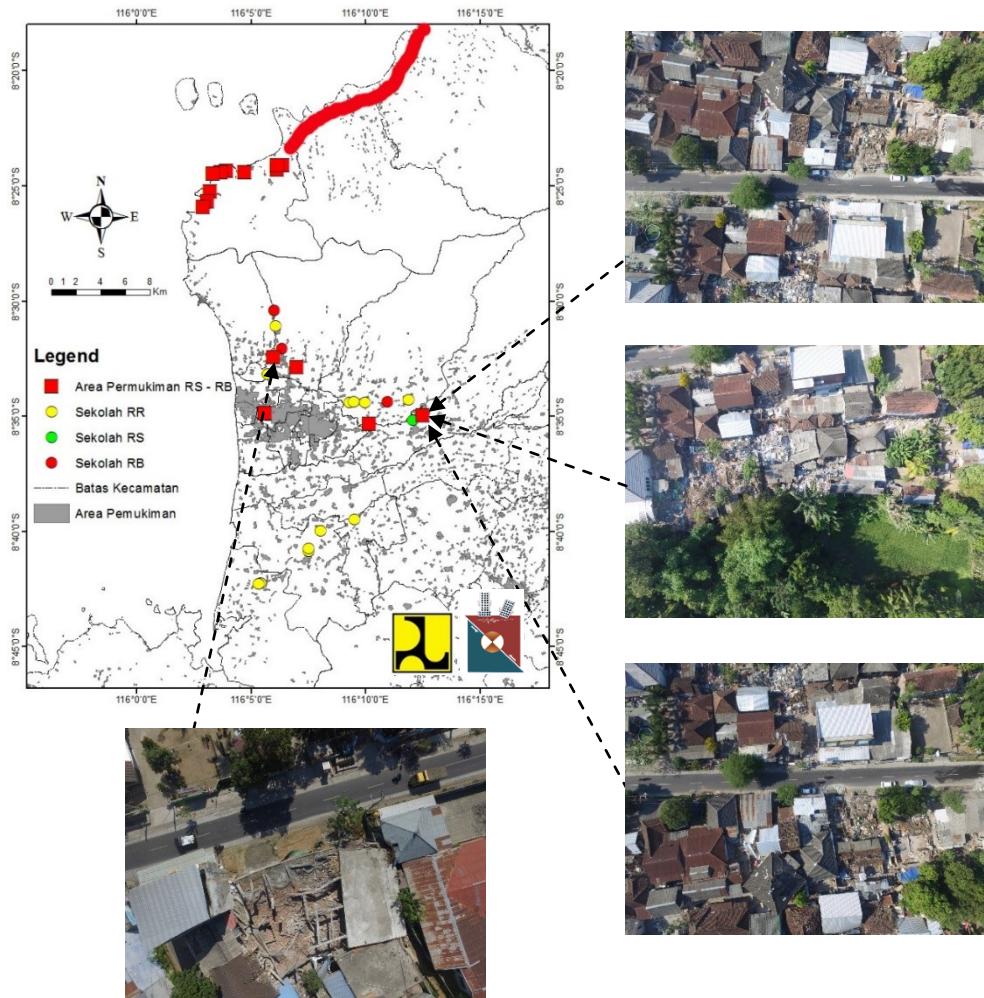
Gambar 12.6 Pemeriksaan bangunan gedung sekolah SDN 1 Lembah Sari yang berlokasi di Jalan Raya Mataram – Tanjung), Kel. Lembahsari, Kec. Batu Layar, yang memperlihatkan runtuhnya pada bangunan tambahan, kerusakan pada bagian-bagian struktur dan non struktur berupa: retak geser-lentur pada dinding, plesteran dinding terkelupas, Secara keseluruhan bangunan ini dapat dikategorikan rusak ringan – roboh.

Berdasarkan hasil evaluasi data-data yang ditemukan dilapangan terkait penyebaran dan kategori tingkat kerusakan bangunan diperlihatkan pada Gambar 12.5 dimana dampak gempa yang paling berat terjadi di Kabupaten Lombok Utara yang memperlihatkan kerusakan bangunan yang sangat 114ias114n. Sedangkan pola penyebaran kerusakan bangunan di bagian barat Lombok untuk bangunan sekolah dan area permukiman yang ditemukan pada empat lokasi berbeda yaitu di Nermada, Selat, Gunung Sari, dan Karanganyar. Pada laporan ini mungkin belum seluruh lokasi kerusakan terkunjungi dikarenakan keterbatasan waktu survey.



Gambar 12.7 Penyebaran area kerusakan yang sudah teramat secara cepat akibat gempa bumi Lombok 5 Agustus 2018. Simbol bintang lima adalah lokasi episenter gempa-gempa besar yang bersumber dari BMKG. Sumber peta dasar: Peta Rupa Bumi Indonesia dari BIG (2018).

Melihat pola penyebaran daerah kerusakan seperti diatas, kerusakan berat pada bagian Utara Lombok sangat terkait dengan besarnya goyangan dikarenakan dekatnya area terdampak ke lokasi episenter gempa, disamping tentunya ada faktor lain seperti kondisi geologi setempat, kondisi bangunan, dan pada beberapa tempat ditemukan juga bahaya ikutan likuifaksi. Sementara kerusakan yang terjadi pada empat daerah di Lombok Barat dengan area kerusakan yang tidak terlalu luas dan penyebarannya seperti terlihat pada Gambar 12.5, sangat sulit untuk dijelaskan dikarenakan pada kondisi lingkungan disekitarnya tidak mengalami kerusakan berat walaupun jarak ke lokasi sumber gempa yang sama. Kemungkinan besar efek tanah sangat berpengaruh di wilayah Nermada, Selat, Gunung Sari, dan Karanganyar sehingga terjadi amplifikasi yang lebih besar dibanding daerah sekitarnya, tetapi untuk mengetahui fenomena ini tentunya harus dilengkapi dengan data-data yang cukup termasuk data-data tanah.



Gambar 12.8 Penyebaran area kerusakan di Lombok Barat akibat gempa Lombok 5 Agustus 2018 dan beberapa foto udara yang diambil dari drone di lokasi Selat dan Gunung Sari. Mayoritas bangunan pada area ini mengalami rusak berat-runtuh seperti terlihat pada foto-foto yang diambil dari udara. Sumber peta dasar: Peta Rupa Bumi Indonesia dari BIG (2018).

12.4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil survei lapangan dan pemeriksaan secara visual pada bangunan-bangunan yang mengalami kerusakan akibat gempa tanggal 5 Agustus 2018 secara umum adalah sebagai berikut:

1. Kerusakan pada bangunan yang terjadi akibat gempa Lombok mayoritas disebabkan oleh goyangan gempa yang cukup besar dimana bangunan dengan kondisi struktur dan kualitas material rendah tidak mampu menahan beban gempa. Kemungkinan lain akibat surface rupture atau likuifikasi belum sempat teramatasi oleh tim survey.
2. Tipikal kerusakan pada bangunan rumah tinggal adalah sangat umum dijumpai seperti runtuhnya pada dinding pasangan, rangka atap, ataupun runtuh total akibat kualitas bahan yang sangat rendah dan mayoritas bangunan tidak mengikuti persyaratan teknis yang benar seperti tanpa rangka struktur kolom dan balok.
3. Banyak ditemukan bangunan dengan kondisi struktur dan material yang baik tidak mengalami kerusakan atau hanya mengalami rusak ringan, hal ini menjadi contoh dan perlunya sosialisasi cara membangun rumah tinggal ataupun bangunan lainnya dengan mengikuti persyaratan teknis bangunan yang tahan terhadap gempa.



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

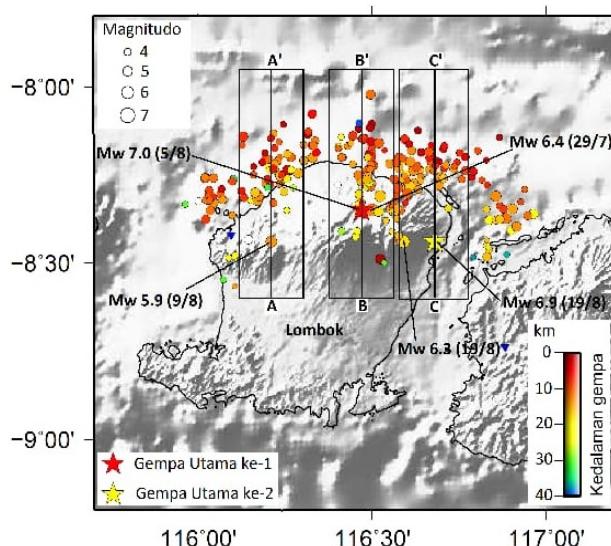
13. STRONG MOTION GEMPA LOMBOK (29 JULI 2018, 05, 09, dan 19 AGUSTUS 2018)

Ariska Rudyanto¹, Artadi Pria Sakti¹

¹Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

13.1 Pendahuluan

Sudah kurang lebih satu bulan setelah gempa besar yang terjadi di wilayah kabupaten Lombok Utara dan Lombok Timur yaitu pada tanggal 29 Juli 2018 dengan M6.4, 5 Agustus 2018 dengan M7.0, pada tanggal 9 Agustus 2018 dengan M6.5 dan terakhir pada tanggal 19 Agustus 2018 dengan M6.9, puluhan bangunan mengalami keruntuhan, ratusan mendapatkan kerusakan sedang dan ribuan lainnya rusak ringan. Kerusakan infrastruktur yang terjadi tentunya menimbulkan kerugian finansial yang sangat besar dan dalam beberapa kasus menyebabkan korban jiwa. Dalam banyak berita disebutkan kerusakan di wilayah dekat dengan sumber gempa (Lombok Utara dan Lombok Timur) umumnya dialami oleh bangunan-bangunan rumah lantai 1-2. Ini menimbulkan berbagai pertanyaan terkait keamanan dan kekuatan bangunan serupa di wilayah lain yang rawan bahaya gempa.



Gambar 13.1 Peta epicenter gempa Lombok (relokasi : Supendi, 2018).



13.2 Strong Motion BMKG

Salah satu tugas utama yang diemban oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah melakukan monitoring gempa di Indonesia dan menyajikan informasi terkait gempa di Indonesia secara cepat, akurat dan tepat sasaran. Sejak tahun 2006 BMKG telah mengoperasikan jaringan accelerograph, untuk pengamatan gempa kuat. Jaringan akselerograf sampai dengan tahun 2018 berjumlah 270 stasiun dan menyediakan sumber potensial yang berguna untuk penelitian dan mitigasi kegempaan. Jaringan monitoring gempa kuat ini di desain untuk mengirimkan data secara *real-time* dari masing-masing lokasi stasiun berada ke kantor pusat BMKG di Kemayoran Jakarta.

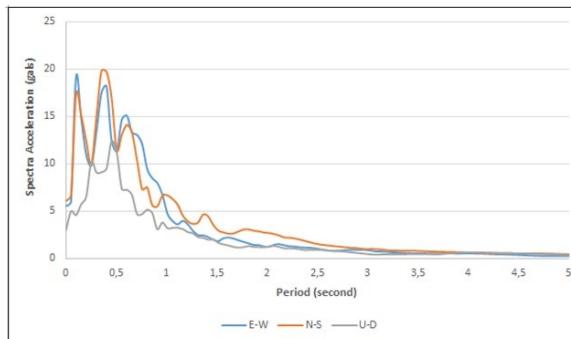
Kerusakan dan keruntuhan bangunan akibat gempa terjadi karena bangunan tidak mampu mengantisipasi getaran tanah (*ground motion*) *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang ditimbulkannya. Besarnya getaran tanah akibat gempa dipengaruhi oleh tiga hal, sumber gempa (*source*), jalur penjalanan gelombang (*path*), dan pengaruh kondisi tanah setempat (*site*). Dapat difahami bahwa sumber gempa yang besar dan dekat akan menimbulkan getaran tanah yang juga besar. Demikian halnya kondisi tanah setempat berupa endapan sedimen tebal dan lunak juga akan menimbulkan fenomena amplifikasi yang memperbesar nilai getaran tanah di permukaan. Untuk itu, rekaman akselerograf yang dekat dengan titik episenter gempa sangatlah penting untuk menganalisa kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat gempa. Pada saat kejadian gempa di Lombok lalu, stasiun akselerograf / *strong motion* terdekat dengan keempat sumber gempa di Lombok Utara dan Lombok Timur tersebut adalah stasiun Mataram BIL (MASE) dan stasiun Taliwang (TWSI). Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan *Peak Spectra Acceleration* (PSA) dari setiap stasiun beserta jaraknya untuk 4 (empat) gempa besar yang terjadi di Lombok Timur dan Utara pada 29 Juli 2018 sampai dengan 19 Agustus 2018 lalu disajikan pada ulasan di bawah ini.

13.2.1 Gempa M6.4, 29 Juli 2018

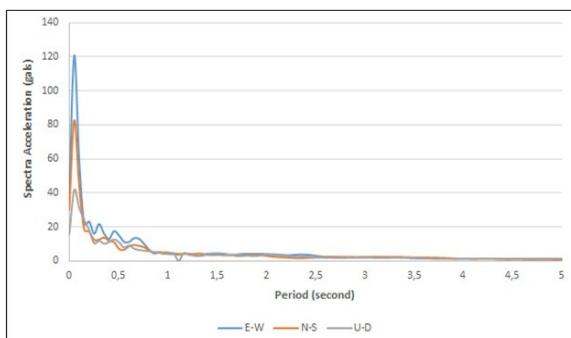
Nilai peak ground acceration gempa M6.4, tanggal 29 Juli 2018 disampaikan dalam Tabel 12.1, sedangkan peak spectra acceleration gempa M6.4 tanggal 29 juli 2018 disampaikan dalam Gambar 13.1.

Tabel 13.1 Nilai Peak Ground Acceleration gempa M6.4 tanggal 29 Juli 2018.

No	Stasiun	Kode	Lat	Long	Jarak	PGA (Z)	PGA (N)	PGA (E)	Site Class
1	Band Intl Lombok	MASE	-8.7658	116.279	47,9	3,034	6,217	5,655	B
2	Taliwang	TWSI	-8.7382	116.8821	55.9	15,786	30,698	41,309	B



Peak spectra acceleration stasiun MASE



Peak spectra acceleration stasiun TWSI

Gambar 13.2 Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 29 Juli 2018.

Gambar diatas merupakan hasil analisa spektra dari dua stasiun terdekat dengan sumber gempa (*epicenter*). Dapat dilihat bahwa stasiun TWSI memiliki nilai *Peak Spectra Acceleration* (PSA) sekitar 41 gals pada periode (T) 0,1-0,2 detik untuk komponen vertikal, 81 gals pada T 0,1-0,2 detik untuk komponen N dan 120 gals pada T 0,1-0,2 untuk komponen E. Sedangkan stasiun MASE mempunyai nilai PSA sebesar 13 gals pada periode 0,3-0,5 detik untuk komponen vertikal, 20 gals pada T 0,3-0,5 detik untuk komponen N dan 18 gals pada T 0,3-0,5 untuk komponen E.



Jika dilihat dari spektra stasiun MASE, ancaman terhadap infrastruktur terjadi pada bangunan ketinggian setara 3-5 lantai dan bangunan rendah setara dibawah 2 lantai. Sedangkan di wilayah stasiun Taliwang (TWSI), ancaman infrastruktur terjadi pada bangunan rendah saja kisaran 1-2 lantai. Untuk wilayah Sumbawa secara keseluruhan, ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan menengah saja.

13.2.2 Gempa M7.0, 05 Agustus 2018

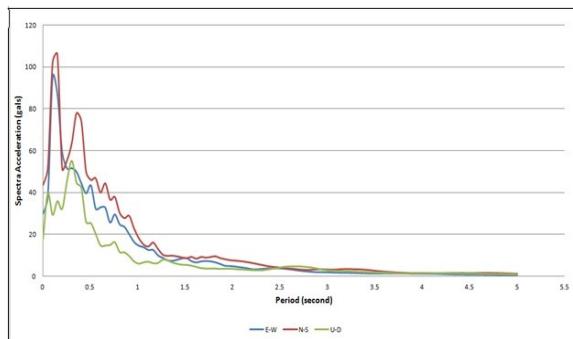
Nilai peak ground acceleration gempa M7.0, tanggal 05 Agustus 2018 disampaikan dalam Tabel 12.2, sedangkan peak spectra acceleration gempa M7.0 tanggal 05 Agustus 2018 disampaikan dalam Gambar 13.2.

Tabel 13.2 Nilai Peak Ground Acceleration gempa M7.0 tanggal 05 Agustus 2018.

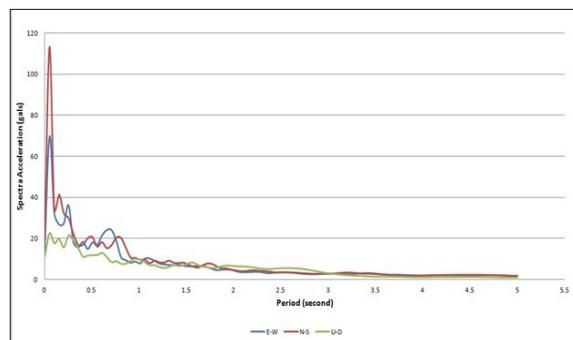
No	Stasiun	Kode	Lat	Long	Jarak	PGA (Z)	PGA (N)	PGA (E)	Site Class
1	Band Intl Lombok	MASE	-8.7658	116.279	48	17,8762	43,4444	29,8665	B
2	Taliwang	TWSI	-8.7382	116.8821	58,48	11,1	14,4	18,89	B

Hasil analisa *Peak Spektra Acceleration* (PSA) dari stasiun MASE, yang merupakan stasiun paling dekat dengan *epicenter* (48 km) memiliki nilai PSA sebesar 98 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen E-W , 105 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen N-S, dan 38 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen Z. Jika dilihat dari nilai PSA ini, wilayah disekitar stasiun MASE juga memiliki ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan ketinggian setara kurang dari 1 - 3 lantai.

Sedangkan untuk stasiun TWSI yang memiliki jarak dengan *epicenter* 58.4 km sebesar 70 gals pada periode 0.1 - 0.2 detik untuk komponen E-W , 115 gals pada periode 0.1 - 0.2 detik untuk komponen N-S, dan 21 gals pada periode 0.1 - 0.2 detik untuk komponen Z. Jika dilihat dari nilai PSA ini, wilayah disekitar stasiun TWSI memiliki ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan ketinggian setara kurang dari 1 - 2 lantai.



Peak spectra acceleration stasiun MASE



Peak spectra acceleration stasiun TWSI

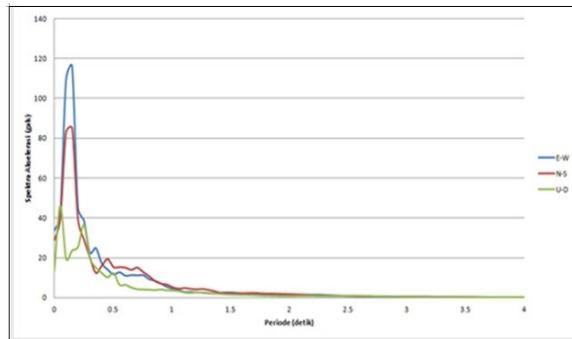
Gambar 13.3 Peak spectra acceleration di Stasium BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 05 Agustus 2018.

13.2.3 Gempa M5.9, 09 Agustus 2018

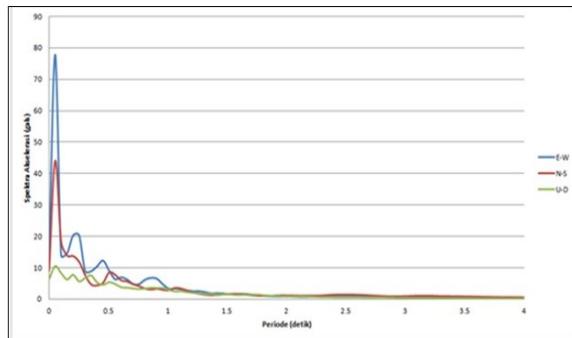
Nilai peak ground acceration gempa M5.9, tanggal 09 Agustus 2018 disampaikan dalam Tabel 12.3, sedangkan peak spectra acceleration gempa M5.9 tanggal 09 Agustus 2018 disampaikan dalam Gambar 12.3.

Tabel 13.3 Nilai Peak Ground Acceleration gempa M5.9 tanggal 09 Agustus 2018.

No	Stasiun	Kode	Lat	Long	Jarak	PGA (Z)	PGA (N)	PGA (E)	Site Class
1	Band Intl Lombok	MASE	-8.7658	116.279	36,97	13,353	28,711	33,499	B
2	Taliwang	TWSI	-8.7382	116.8821	80,74	11,1	13	4	B



Peak spectra acceleration stasiun MASE



Peak spectra acceleration stasiun TWSI

Gambar 13.4 Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 09 Agustus 2018.

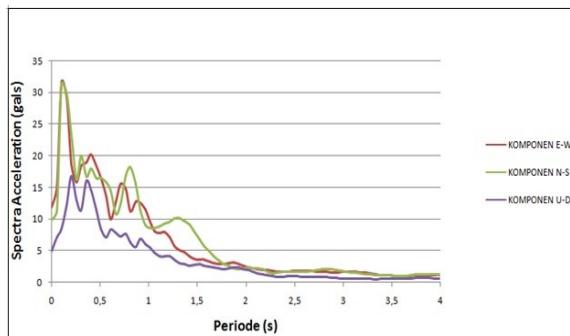
Gambar diatas dapat dilihat bahwa stasiun TWSI memiliki nilai *Peak Spectra Acceleration* (PSA) sekitar 10 gals pada periode (T) 0,1-0,2 detik untuk komponen vertikal, 43 gals pada T 0,1-0,2 detik untuk komponen N dan 78 gals pada T 0,1-0,2 untuk komponen E. Sedangkan stasiun MASE mempunyai nilai PSA sebesar 46 gals pada periode 0,1-0,3 detik untuk komponen vertikal, 84 gals pada T 0,1-0,3 detik untuk komponen N dan 118 gals pada T 0,1-0,3 untuk komponen E. Jika dilihat dari spektra stasiun MASE, ancaman terhadap infrastruktur terjadi pada bangunan ketinggian setara 1-3 lantai. Sedangkan di wilayah stasiun Taliwang (TWSI), ancaman insfrastruktur terjadi pada bangunan rendah saja kisaran 1-2 lantai.

13.2.4 Gempa M6.9, 19 Agustus 2018

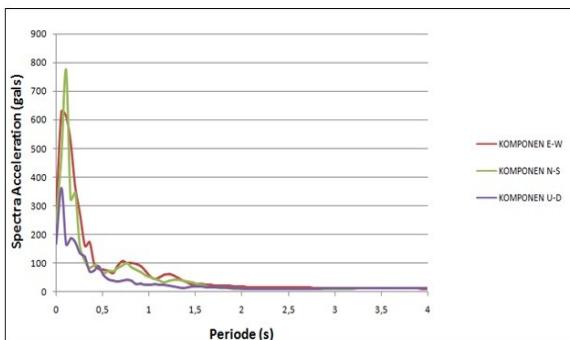
Nilai peak ground acceration gempa M6.9, tanggal 19 Agustus 2018 disampaikan dalam Tabel 12.4, sedangkan peak spectra acceleration gempa M6.9 tanggal 19 Agustus 2018 disampaikan dalam Gambar 13.4.

Tabel 13.4 Nilai Peak Ground Acceleration gempa M6.9 tanggal 19 Agustus 2018.

No	Stasiun	Kode	Lat	Long	Jarak	PGA (Z)	PGA (N)	PGA (E)	Site Class
1	Band Intl Lombok	MASE	-8.7658	116.279	48,9	4,96	10,025	12,06	B
2	Taliwang	TWSI	-8.7382	116.8821	34,7	172,875	252,602	293,204	B



Peak spectra acceleration stasiun MASE



Peak spectra acceleration stasiun TWSI

Gambar 13.5 Peak spectra acceleration di Stasiun BMKG Bandara International Lombok (MASE) dan Taliwang (TWSI) untuk gempa Lombok pada tanggal 19 Agustus 2018.



Hasil analisa *Peak Spektra Acceleration* (PSA) dari stasiun TWSI, yang merupakan stasiun paling dekat dengan *epicenter* (34.7 km) mempunyai nilai PSA sebesar 628.28 gals pada periode 0 - 0.1 detik untuk komponen E-W , 774.50 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen N-S, dan 362.16 gals pada periode 0 - 0.1 detik untuk komponen Z. Jika dilihat dari nilai PSA ini, wilayah disekitar stasiun TWSI memiliki ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan ketinggian setara kurang dari 1 - 3 lantai.

Sedangkan untuk stasiun MASE yang memiliki jarak dari *epicenter* 72.1 km memiliki nilai PSA sebesar 31.56 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen E-W , 31.37 gals pada periode 0.1 - 0.3 detik untuk komponen N-S, dan 16.72 gals pada periode 0.2 - 0.3 detik untuk komponen Z. Jika dilihat dari nilai PSA ini, wilayah disekitar stasiun MASE juga memiliki ancaman terhadap infrastruktur pada bangunan ketinggian setara kurang dari 1 - 3 lantai seperti pada stasiun TWSI.

13.3 Kesimpulan

Dari kejadian gempa Lombok ini, disamping keprihatinan dan duka cita yang mendalam atas jatuhnya korban jiwa dan kerusakan bangunan yang tidak sedikit, kita dapat mengambil beberapa pelajaran yaitu :

- a. Bangunan rumah yang mengalami rusak berat dan sedang, lebih banyak terjadi di daerah pedesaan dengan struktur bangunan yang sederhana sehingga tidak dapat menahan beban gempa yang diterima. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor perencanaan dan faktor pelaksanaan montruksi. Sehingga perlunya kesadaran untuk meningkatkan mutu perencanaan gedung dan infrastruktur tahan gempa yang sesuai dengan peraturan yang ada.
- b. Pentingnya adanya penelitian dan kajian terus menerus akan fenomena gempa dan akibatnya, dengan pemasangan instrumentasi seperti pada negara-negara maju.
- c. Perlunya partisipasi aktif seluruh stakeholder kebencanaan untuk turut serta melakukan pengamatan dan fenomena bencana gempa.

14. ASPEK GEOTEKNIK DAN SEISMIC HAZARD

Sugeng Krisnanto^{2,3}, Masyhur Irsyam^{1,2,3}, M. Asrurifak^{2,4}, Idrus M. Alatas^{2,4}, Agus Darmawan Adi^{2,5}, Helmy Darjanto^{2,6}, Wijoyo Prakoso^{2,7}, Sigit Pramono⁸

¹AIPI, ²HATTI, ³ITB, ⁴ISTN, ⁵UGM, ⁶UNNAR, ⁷UI, ⁸BMKG

14.1 Probabilistic Seismic Hazard Gempa

Hazard probabilistik guncangan akibat gempa Lombok 2018 dan di Peta Gempa Indonesia dapat dilihat pada Gambar 14.1. Terlihat bahwa PGA Pulau Lombok berdasarkan SNI 1726-2012 adalah 0.4g s.d. 0.5 g.

Beberapa mekanisme gempa yang berkontribusi terhadap hazard probabilistik tersebut ditunjukkan pada Gambar 14.2. Ada dua kemungkinan mekanisme gempa yang terjadi pada bulan Agustus 2018:

1. *Back Arch Thrust* Flores di utara Lombok terletak lebih ke Selatan dan dekat ke daratan Lombok dibandingkan lokasi yang diperkirakan dalam Peta Gempa 2017, atau
2. Terdapat *multiple rupture area / fault* pada sistem *Back Arch Thrust* Flores, di selatan sistem ini ada sumber baru besar naik yang perlu ditambahkan dari yang sudah ada

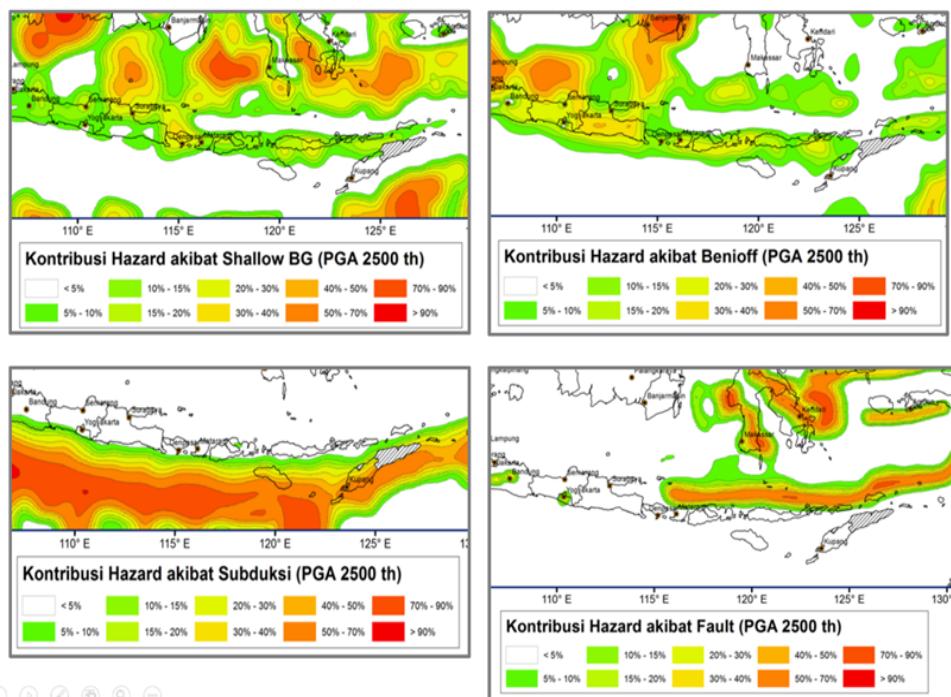


Gambar 14.1 Hazard probabilistik lokasi Pulau Lombok dan sekitarnya berdasarkan SNI 1726-2012.

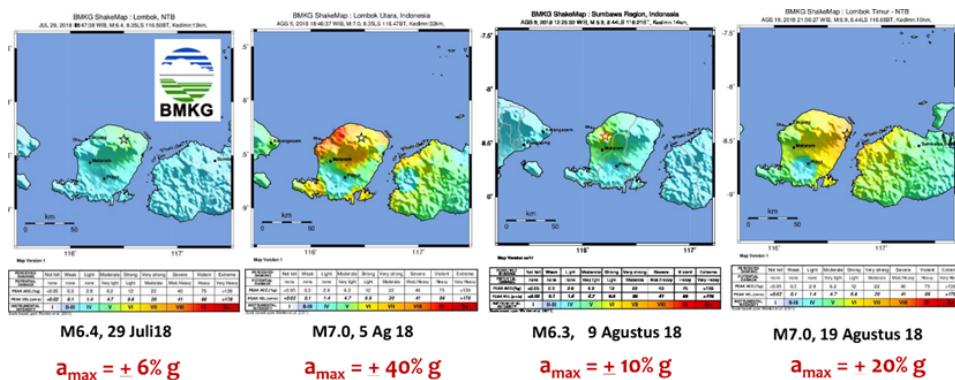
Plot besar dan lokasi gempa Lombok ditunjukkan pada Gambar 14.3. Pada plot ini juga dibandingkan dengan PGA probabilistik pada peta gempa tahun 2010 dan peta gempa tahun 2017. Dari pencatatan gempa Lombok terlihat bahwa PGA yang terjadi pada gempa Lombok < 0.40g. Apabila nilai PGA tersebut dibandingkan terhadap peta gempa 2010 dan 2017, terlihat bahwa PGA yang terjadi masih lebih kecil atau sama dengan PGA pada peta gempa.

14.2 Pengaruh Tanah Lokal Pulau Lombok

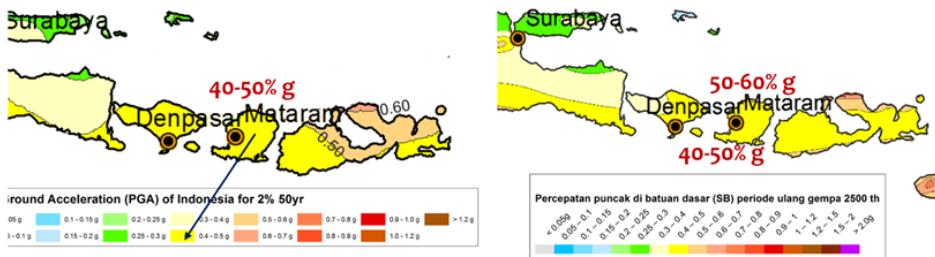
Mekanisme perambatan gelombang gempa dari batuan dasar (*bedrock*) ke permukaan tanah ditunjukkan pada Gambar 14.4. Dari bedrock gelombang gempa merambat ke permukaan tanah. Nilai PGA di batuan dasar menjadi PGA di permukaan. Tanah yang berpengaruh signifikan terhadap perubahan nilai PGA di batuan dasar menjadi PGA di permukaan adalah tanah pada kedalaman 30 m.



Gambar 14.2 Kontribusi masing-masing mekanisme sumber gempa terhadap hazard gempa pada peta gempa 2010.

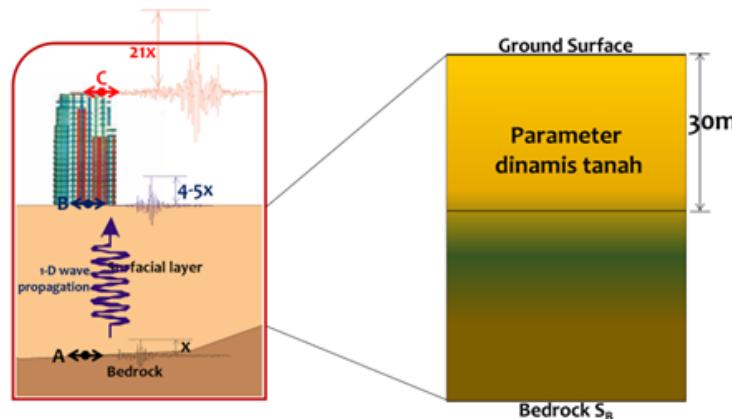


HAZARD PGA PROBALISTIK 2010 HAZARD PGA PROBALISTIK 2017

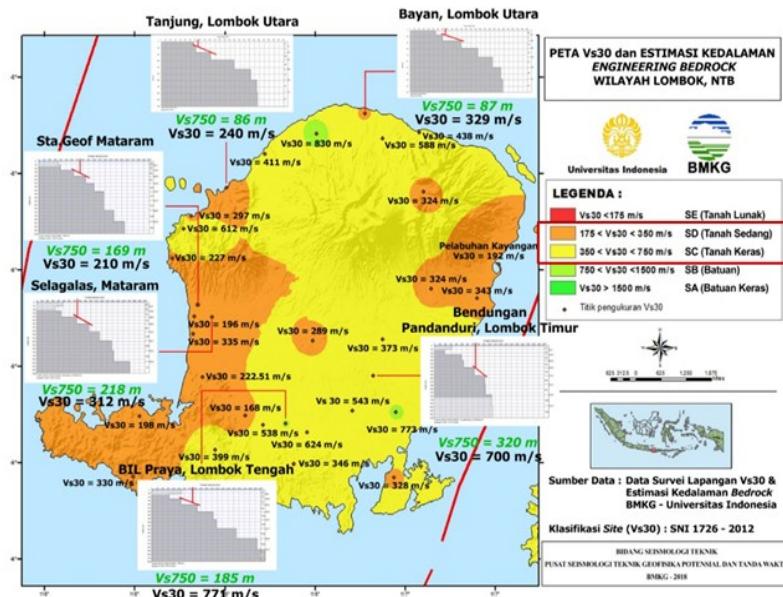


Gambar 14.3 PGA gempa Lombok Agustus 2018 dibandingkan dengan PGA hazard probabilistik pada peta gempa 2017.

Dari Gambar 14.5 terlihat bahwa jenis tanah lokal di Pulau Lombok adalah SD dan SC. Pada bagian tengah, utara, selatan dan pantai timur sebelah selatan terdiri dari tanah dengan kelas situs SC. Tanah dengan kelas situs SD tersebar pada pantai barat dan bagian utara pantai timur Pulau Lombok.



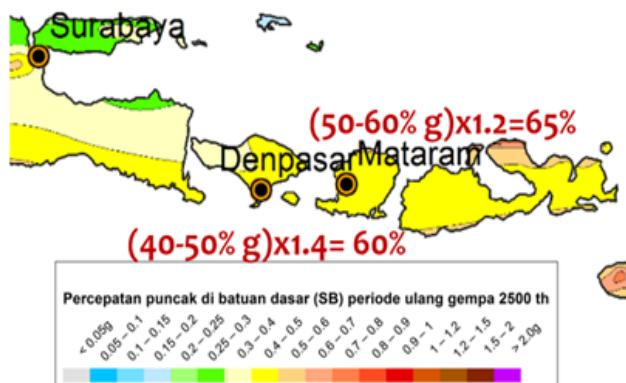
Gambar 14.4 Mekanisme perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah.



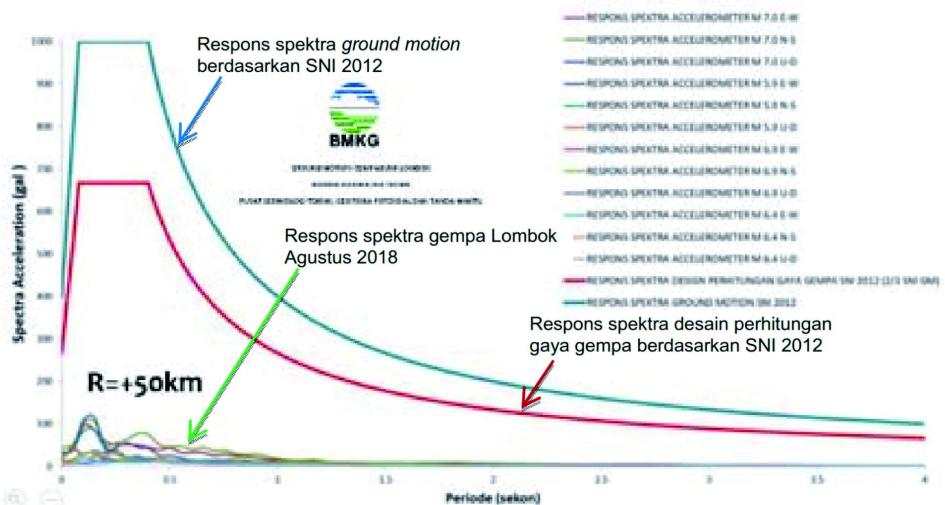
Gambar 14.5 Jenis tanah di Pulau Lombok.

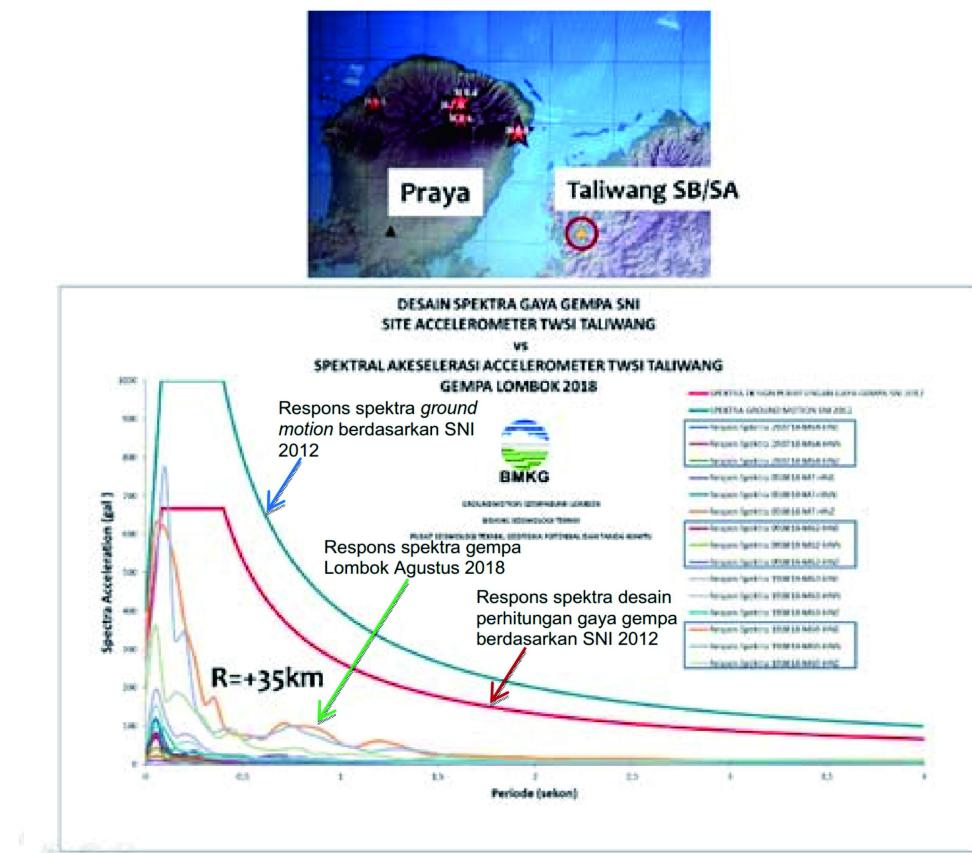
Mempertimbangkan percepatan gelombang gempa di batuan dasar dan kondisi tanah lokal, PGA di permukaan untuk Pulau Lombok ditunjukkan pada Gambar 14.6. Respons spektra di permukaan ditunjukkan pada Gambar 14.7. Dari Gambar 14.7 terlihat bahwa respons spektra gempa di permukaan masih di bawah respons spektra desain SNI.

Plot PGA yang terukur di lokasi Praya dan Taliwang dibandingkan dengan perhitungan menggunakan beberapa fungsi atenuasi percepatan gempa ditunjukkan pada Gambar 14.8. Terlihat bahwa PGA masih dalam rentang perhitungan PGA berdasarkan beberapa fungsi atenuasi yang ada.



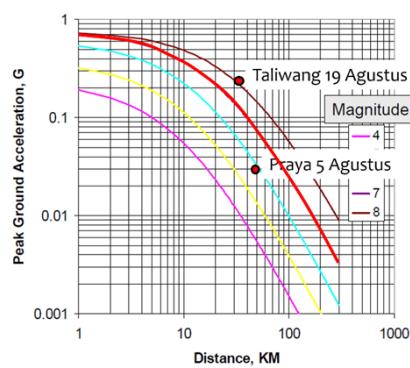
Gambar 14.6 Percepatan di permukaan tanah pada peta gempa 2017.





Gambar 14.7 Perbandingan respons spektra di permukaan berdasarkan SNI dan pengukuran gempa Lombok Agustus 2018: (a) Di lokasi Praya, (b) Di lokasi Taliwang.

Attenuation Relation for Shallow Crustal Earthquakes
(Sadigh, Chang, Egan, Makdisi, and Youngs)



Gambar 14.8 Plot PGA yang terukur di lokasi Praya dan Taliwang dibandingkan dengan perhitungan menggunakan beberapa fungsi attenuasi percepatan gempa.

Dari diskusi di atas, terlihat bahwa dengan melakukan mikrozonasi yang tepat, nilai PGA gempa bisa diprediksi. Oleh karena itu, sangat mendesak untuk melakukan mikrozonasi hazard dan risiko gempa untuk kota-kota besar dan padat penduduk di Indonesia. Selain itu juga mendesak juga menyusun rencana darurat (*contingency plan*) terkait hazard dan resiko gempa.

14.3 Percepatan Gempa dan Pengaruhnya Terhadap Struktur Bangunan

Dari bahasan diatas terlihat bahwa data seismotektonik menunjukkan bahwa di sekitar wilayah Lombok banyak terdapat sumber-sumber gempa yang berpotensi menggongcang ini. Nilai guncangan gempa akibat kondisi tektonik ini diterjemahkan dalam analisis seismic hazard, dimana besarnya direpresentasikan dalam bentuk nilai percepatan gempa atau *Peak Ground Acceleration* (PGA).

Berdasarkan peta intensitas yang dikeluarkan oleh USGS, dampak dari gempa Lombok mencapai maksimum VII MMI di wilayah Lombok Utara dan Timur. Menurut laporan masyarakat dan analisis peta guncangan, menunjukkan bahwa guncangan yang dirasakan di daerah Lombok Utara dan Lombok Timur mencapai VI-VII MMI. Skala VII MMI ini bila dikonversikan ke nilai PGA adalah sekitar 0.18-0.34 g (gravitasi), Nilai GPA pada Peta Gempa Indonesia pada SNI 1726:2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung) untuk wilayah Lombok nilainya adalah 0.4-0.5 g di batuan dasar. Apabila ada diperlakukan maka nilai PGA ini bisa bertambah besar karena terjadi amplifikasi akibat dari kondisi tanah setempat.

Hal ini berarti bahwa bangunan-bangunan yang telah didesain dan dibangun dengan memperhatikan kaidah-kaidah bangunan tahan gempa mestinya hanya mengalami kerusakan struktural ringan. Meskipun demikian, kenyataan dilapangan menunjukkan bahwa banyak dijumpai bangunan-bangunan yang mengalami kerusakan sedang hingga berat, bahkan sampai runtuh akibat gempa yang terjadi.

Berdasarkan observasi lapangan, terindikasi bahwa bangunan-bangunan tersebut belum sepenuhnya direncanakan dan dikonstruksi dengan memperhatikan kaidah-kaidah bangunan tahan gempa. Selain itu, besar kemungkinan bahwa terjadinya amplifikasi gempa yang disebabkan efek

geoteknik lokal, sehingga hasil observasi lapangan mendapatkan nilai MMI yang lebih besar daripada nilai MMI yang dimodelkan.

Tingkat kerusakan yang lebih besar ini juga diakibatkan oleh kandungan frekuensi guncangan gempa. Hasil pengamatan *accelerometer* di permukaan tanah yang tercatat di Stasiun BMKG Praya Lombok Tengah Kompleks Bandar Udara Internasional Lombok memberikan kurva respon spektra percepatan yang nilai puncaknya di sekitar periode 0.1 dan 0.3 detik, hal ini menunjukkan bahwa goyangan terbesar terjadi pada bangunan rendah, yang terdiri dari 1 sampai 3 lantai yang umumnya adalah rumah hunian. Hal ini perlu lanjut dikonfirmasi dengan data percepatan tanah dari hasil observasi *accelerometer* lanjut yang tercatat di berbagai tempat di Lombok yang dapat memiliki site class tanah yang berbeda.

Mempertimbangkan hal di atas, sangat perlu untuk membentuk tim ahli bangunan gedung (TABG) di setiap ibukota provinsi. Tim ini akan membantu pemerintah daerah dalam perancangan dan pelaksanaan pembangunan bangunan tahan gempa. Pelaksanaan dari pembentukan TABG bisa mencontoh yang sudah lama dipraktekkan di DKI Jakarta. Pemberdayaan TABG ini merupakan amanat undang-undang di setiap kota/wilayah.



(a)



(b)

Gambar 14.9 Kerusakan pada badan jalan akibat likuifaksi di daerah Bayan: (a) Lateral spreading pada badan jalan; (b) Lubang pada badan jalan.

14.4 Likuifaksi

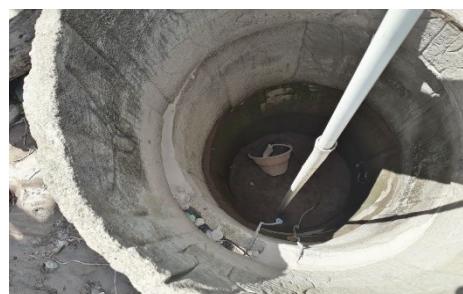
Hasil survei lapangan yang dilakukan oleh tim ITB-HATTI menunjukkan adanya fenomena likuifaksi atau perubahan fase tanah menjadi cair. Fenomena likuifaksi umumnya terjadi pada tanah pasir jenuh yang tidak padat dengan gradasi seragam disebabkan peningkatan tekanan air pori pada tanah pasir pada saat gempa. Likuifaksi ini menyebabkan berkurangnya bahkan hilangnya daya dukung tanah, amblesan, retakan tanah dan *lateral spreading*. Dari pengamatan lapangan ditemukan bahwa likuifaksi berupa *lateral spreading*, retakan tanah telah menyebabkan kerusakan pada jalan (Gambar 14.9a) dan *lateral spreading* (Gambar 14.9b). *Lateral spreading* juga terjadi di pelabuhan Kepayang, Lombok Timur saat gempa M6.9 pada tanggal 19 Agustus 2018.

Selain keruntuhan badan jalan, terjadi fenomena lain yang mempengaruhi infrastruktur penunjang kehidupan masyarakat yaitu air sumur yang berubah menjadi keruh setelah gempa (Gambar 14.10a). Informasi dari penduduk juga mengindikasikan beberapa sumur menjadi kering setelah gempa. Diperkirakan hal ini terjadi karena likuifaksi. Pada saat terjadi semburan tanah, partikel halus masuk ke dalam akuifer sehingga menyebabkan air sumur menjadi keruh. Pada kondisi tertentu bahkan partikel halus tersebut mengisi rongga tanah di daerah akuifer, sehingga air tidak bisa mengalir melalui akuifer dan sumur menjadi kering (Gambar 14.10b).

Distribusi ukuran butiran tanah yang rentan terhadap likuifaksi ditunjukkan pada Gambar 14.11. Terlihat bahwa tanah yang paling rentan terhadap likuifaksi (*most liquefiable soils*) adalah tanah dengan jenis gradasi pasir (*sand*) menurut ASTM, tanah jenis sand adalah tanah dengan diameter butiran berkisar 0,075 mm sampai dengan 7.75 mm. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai gradasi tanah di daerah Lombok.

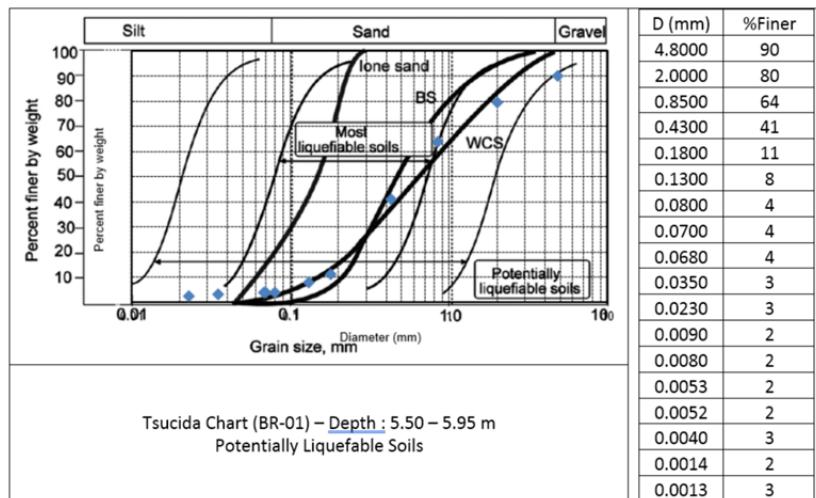


(b)



(b)

Gambar 14.10 (a) Kondisi air sumur di Kota Mataram yang berubah menjadi keruh setelah gempa; (b) Sumur di daerah Bayan yang menjadi tersumbat setelah gempa.



Gambar 14.11 (a) Distribusi ukuran butiran tanah yang rentan terhadap likuifaksi.

14.5 Rekomendasi

1. Melakukan mikrozonasi hazard dan risiko gempa untuk kota-kota besar dan padat penduduk di Indonesia beserta rencana daruratnya (*contingency plan*).
2. Perlu membentuk tim ahli bangunan gedung (TABG) di setiap ibukota provinsi. Tim ini akan membantu pemerintah daerah dalam perancangan dan pelaksanaan pembangunan bangunan tahan gempa. Pelaksanaan dari pembentukan TABG bisa mencontoh yang sudah lama diperaktekkan di DKI Jakarta. Pemberdayaan TABG ini merupakan amanat undang-undang di setiap kota/wilayah.
3. Perlunya membentuk semacam komite atau komisi khusus yang mengatur, mengawasi dan ikut memantau pembangunan Gedung dan / atau gedung tinggi di Indonesia.

15. EVALUASI KONDISI BENDUNGAN DI PULAU LOMBOK SETELAH GEMPA

Didiek Djarwadi¹, Bastari², Joko Mulyono², Bernard Jonggi P. Sitanggang²,
Supriyono³

¹HATTI'

²Balai Bendungan, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR,

³Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air,
Departemen PUPR

15.1 Pendahuluan

Gempa Lombok merupakan rentetan gempa besar yang berawal dari gempa tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4 yang diikuti dengan gempa tanggal 5 Agustus 2018 dengan magnitudo 7,0, kemudian disusul dengan gempa tanggal 9 Agustus 2018 dengan magnitudo Mw 6,2, sampai dengan gempa tanggal 19 Agustus 2018 yang didahului oleh gempa dengan magnitudo Mw 6,3 dan Mw 6,9 pada hari yang sama.

Gempa gempa tersebut tentunya akan mempengaruhi bendungan bendungan yang telah selesai dibangun di pulau Lombok. Saat terjadi gempa di Lombok sudah terdapat 64 bendungan dengan skala besar dan kecil sesuai dengan kriteria ICOLD (International Commission on Large Dams). Bendungan bendungan tersebut semuanya mempunyai tinggi yang lebih dari 15,00 meter. Sesuai dengan ketentuan dari ICOLD (Bulletin 166: Inspection of Dams Following Earthquakes Guidelines) yang diterbitkan pada tahun 2016, bahwa terdapat kewajiban pemilik bendungan untuk melakukan inspeksi terhadap bendungan setelah terjadi gempa dengan magnitudo yang lebih besar dari Mw 5,0.

Konsep pembangunan bendungan modern adalah melakukan perancangan bendungan yang tahan terhadap gempa yang sesuai dengan seismotektonik dan sumber sumber gempa di sekeliling bendungan sampai dengan jarak 300 km, sehingga bendungan dalam menerima guncangan gempa dari sumber sumber gempa yang diperhitungkan tidak boleh runtuh, tetapi boleh mengalami kerusakan yang dapat segera diperbaiki. Bendungan yang



diguncang gempa juga tidak boleh terjadi pengeluaran air secara tidak terkontrol, misalkan karena rusaknya bangunan pelimpah (spillway) dan sarana pengeluaran air yang lain seperti waterway dan bottom outlet, maka muka air waduk akan naik dan dapat melimpas melewati puncak bendungan. Limpasan air diatas bendungan tipe urugan dapat menimbulkan gerusan dan berujung pada keruntuhan bendungan. Dalam hal ini bendungan runtuh tidak oleh karena guncangan gempa tetapi runtuh oleh dampak gempa terhadap perangkap pelengkap bendungan yang tidak dapat berfungsi setelah terjadi gempa.

Hal yang menjadi kegiatan inspeksi bendungan setelah terjadi gempa adalah memeriksa perubahan perubahan yang terjadi baik secara visual seperti retakan pada puncak dan lereng bendungan, penurunan (deformasi) pada puncak bendungan dan penggelembungan lereng, baik lereng hulu atau hilir, serta longsor pada lereng hilir atau hulu bendungan dan adanya rembesan pada lereng hilir bendungan apabila gempa terjadi pada saat waduk mempunyai tinggi normal atau maksimum. Kecuali perubahan yang terjadi pada bagian luar yang dengan mudah dapat dilihat, perlu juga dilakukan evaluasi dari perubahan yang terekam dari instrumentasi bendungan seperti perubahan nilai rembesan setelah gempa, perubahan tegangan air pori pada bendungan, pertambahan deformasi lateral dan vertical pada tubuh bendungan. Dari hasil inspeksi bendungan bendungan di pulau Lombok setelah diguncang serangkaian gempa besar, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap keamanan bendungan dan skema perbaikan terhadap kerusakan bendungan agar fungsinya tetap dapat dipertahankan.

Setelah terjadi gempa besar di pulau Lombok pada tanggal 29 Agustus 2018, maka tim dari Balai Wilayah Sungai 1 Nusa Tenggara Barat telah melakukan inspeksi bendungan dengan dibentuknya beberapa tim untuk memeriksa semua bendungan yang berada di pulau Batam. Tim dari Balai Bendungan, Kementerian PUPeRa kemudian secara acak memeriksa kembali 13 bendungan yang telah diperiksa sebelumnya untuk melakukan identifikasi bendungan dengan lebih detail. Bendungan bendungan yang diperiksa adalah:

- a. Bendungan yang mewakili jenis bendungan tipe urugan dan bendungan pasangan batu kali,
- b. Bendungan yang mewakili kondisi muka air waduk, yaitu kondisi kosong, terisi sebagian dan terisi penuh untuk mengetahui pengaruh

- fenomena hidrodinamik terhadap kerusakan bendungan oleh gempa,
- c. Bendungan yang mengalami kerusakan,
 - d. Bendungan yang terletak paling dekat dengan episentrum gempa,
 - e. Bendungan besar yang ada di pulau Lombok yaitu bendungan Pandanduri, bendungan Batujai dan bendungan Pengga, meskipun jaraknya cukup jauh dari episentrum gempa.

Dengan demikian inspeksi acak yang dilakukan dapat dikatakan mewakili semua kondisi dan jenis bendungan yang ada di pulau Lombok, sehingga hasil evaluasi dapat dijadikan bahan masukan di dalam;

- a. pelaksanaan bendungan yang tahan gempa,
- b. desain seismik dari suatu bendungan,
- c. respon suatu bendungan terhadap gempa besar

15.2 Bendungan di Lombok

Sesuai dengan data dari Balai Wilayah Sungai nusa Tenggara 1, jumlah bendungan yang berada di Nusa Tenggara Barat adalah sebanyak 70 buah, sedangkan yang berada di pulau Lombok adalah sebanyak 31 buah, seperti yang ditunjukkan pada Tabel1. Bendungan bendungan tersebut mempunyai tinggi $\geq 15,00$ meter, sehingga memenuhi kriteria ICOLD sebagai bendungan besar, meskipun beberapa bendungan tersebut mempunyai volume tampungan, kapasitas bangunan pengelak, panjang puncak bendung dan aspek lain yang belum memenuhi kriteria ICOLD sebagai bendungan besar. Selain bendungan bendungan yang ada di dalam Tabel 15.1, di pulau Sumbawa terdapat 139 embung yang umumnya berfungsi menampung air pada musim hujan, dan menggunakan untuk keperluan untuk pengairan, air minum dan keperluan lain pada musim kemarau.

Setelah terjadi gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4, maka dibuat peta posisi bendungan terhadap pusat gempa untuk mengetahui jarak masing masing bendungan terhadap pusat gempa tersebut. Peta untuk gempa besar kedua tanggal 5 Agustus 2018, gempa ketiga tanggal 9 Agustus 2018, dan gempa keempat pada tanggal 19 Agustus 2018 tidak dibuat, mengingat setelah dilakukan plotting jarak masing masing bendungan terhadap pusat gempa gempa tersebut tidak berubah banyak, meskipun terdapat tambahan kerusakan pada bendungan akibat dari serangkaian gempa



tersebut. Kerusakan tersebut umumnya tambahan lebar dari retakan yang terjadi pada puncak bendungan. Gambar 15.1 menunjukkan peta yang menunjukkan kisaran jarak antara bendungan yang ditinjau terhadap pusat gempa tanggal 29 Juli 2018. Lokasi bendungan yang tertera pada Tabel 15.1 di dalam kisaran jarak dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4 disampaikan dalam Tabel 14.2 berikut ini.

Tabel 15.1 Daftar Bendungan di pulau Lombok.

No	Nama Bendungan	Data Teknis			Manfaat			
		Tinggi (m)	Volume tampung (m^3)	Tahun operasi	Air baku (lt/dt)	Irigasi (Ha)	PLTA (kVA)	Lain Lain
1	Pengga	33,00	27×10^6	1991	10,42	3.589	1.862	Sawah baru 520 ha
2	Telaga Lebur	23,50	$1,37 \times 10^6$	2008	1,30	210	--	Air ternak
3	Batu Bokah	23,50	$1,56 \times 10^6$	1993	1,06	306	--	Air ternak
4	Surabaya	27,00	$0,30 \times 10^6$	1973	4,15	1.125	--	Air ternak
5	Bringe	20,50	$0,19 \times 10^6$	1983	0,53	350	--	Air ternak
6	Batunampar	18,00	$0,29 \times 10^6$	1994	0,36	300	--	Air ternak
7	Tibu Kuning	24,00	$1,29 \times 10^6$	2007	1,56	235	--	Air ternak
8	Senang	18,50	$0,26 \times 10^6$	1995	1,26	200	--	Air ternak
9	Jangkih Jawe	17,50	$0,89 \times 10^6$	1997	1,04	352	--	Air ternak
10	Batujai	16,00	25×10^6	1980	6,00	3.140	150	Sawah baru 350 ha
11	Gunung Paok	17,00	$0,23 \times 10^6$	1981	1,04	51	--	Air ternak
12	Jelantik	19,00	$0,54 \times 10^6$	1997	0,13	350	--	Air ternak
13	Peneda Gandor	18,00	$0,91 \times 10^6$	2004	2,08	450	--	Air ternak
14	Kali Ujing	16,00	$0,10 \times 10^6$	1994	3,65	300	--	Air ternak
15	Lingkok Lamun	18,00	$0,25 \times 10^6$	1980	0,78	1.163	--	Air ternak
16	Kengkang	18,00	$0,45 \times 10^6$	1994	0,22	100	--	Air ternak
17	Pancor	15,70	$0,60 \times 10^6$	1993	0,26	100	--	Air ternak
18	Mapasan	15,00	$0,65 \times 10^6$	2003	0,21	180	--	Air ternak
19	Sepit	24,50	$0,60 \times 10^6$	1980	1,04	176	--	Air ternak
20	Pandanduri	42,00	$27,2 \times 10^6$	2015	--	5.168	--	--
21	Jerowaru	16,00	$0,10 \times 10^6$	1999	5,63	85	--	Air ternak
22	Propo Batu Tinja	15,00	$0,05 \times 10^6$	2000	3,32	150	--	Air ternak
23	Kembar II	19,00	$0,04 \times 10^6$	1982	1,04	517	--	Air ternak
24	Tundak	16,50	$0,26 \times 10^6$	1991	0,25	350	--	Air ternak
25	Jago	15,00	$0,10 \times 10^6$	1986	0,78	120	--	Air ternak
26	Batu Tulis	15,50	$0,34 \times 10^6$	1995	2,99	190	--	Air ternak
27	Pejanggik	15,00	$0,16 \times 10^6$	1983	0,67	135	--	Air ternak
28	Inen Ratu	17,00	$0,01 \times 10^6$	1989	0,29	100	--	Air ternak
29	Jurang Dao	15,00	$0,34 \times 10^6$	1970	0,41	196	--	Air ternak
30	Gegurik	18,50	$0,11 \times 10^6$	2008	150,00	200	--	Air ternak
31	Kuangrundun	15,00	$0,08 \times 10^6$	1998	250,00	56	--	Air ternak

15.3 Inspeksi Bendungan setelah Gempa

Inspeksi bendungan dilakukan oleh tim Balai Wilayah Sungai 1 Nusa Tenggara Barat. Tim Balai Bendungan melakukan evaluasi kembali pada 11 bendungan dan 2 embung secara acak baik yang mengalami kerusakan maupun yang tidak mengalami kerusakan, yang reservoirnya dalam kondisi kosong dan dalam kondisi terisi air, yang berupa bendungan tipe urugan dan bendungan pasangan batu, untuk pendalaman masalah dan masukan untuk pelaksanaan perbaikan bendungan berdasarkan tingkat kerusakan yang dijumpai. Secara umum bendungan dan beberapa embung di pulau Lombok mengalami kerusakan dalam tingkat rendah dan tidak membahayak bendungan, kecuali bendungan Jago yang dilaporkan mengalami rembesan pada lereng hilir, setelah terjadi gempa besar keempat yang pada tanggal 19 Agustus 2018, setelah pada pemeriksaan tanggal 14 Agustus 2018 terjadi kerusakan pada puncak bendungan yang berupa retakan.

Tabel 15.2 Kisaran jarak bendungan di pulau Lombok dengan pusat gempa besar tanggal 29 Juli 2018.

No	Kisaran Jarak	Bendungan/Embung
1	0 – 10 km	----
2	10 – 20 km	Bendungan Gegurik
		Embung Bayan
		Embung Lokok Tawah
3	20 – 30 km	-----
4	30 – 40 km	Bendungan Gunung Paok
		Bendungan Jago
		Bendungan Kembar II
		Bendungan Propok Batu Tinja
		Bendungan Senang
5	40 – 50 km	Bendungan Jurang Dao
		Bendungan Pandanduri
		Bendungan Penede Gandor
6	50 – 60 km	Bendungan Jelantik
		Bendungan Batu Tulis
		Bendungan Surabaya
		Bendungan Inen Raja
		Bendungan Kali Ujung
		Bendungan Lingkok Lamun
		Bendungan Tundak
		Bendungan Breinge



7	60 – 70 km	Bendungan Batujai
		Bendungan Mapasam
		Bendungan Pengga
		Bendungan Pejanggik
		Bendungan Pare
		Bendungan Batu Nampar
		Bendungan Jerowaru
8	70 – 80 km	Bendungan Kengkang
		Bendungan Jangkih Jawe
		Bendungan Sepit
		Bendungan Batu Bongkah
		Bendungan Pancor
		Bendungan Kuang Rundun
9	80 – 90 km	Bendungan Telaga Lebur

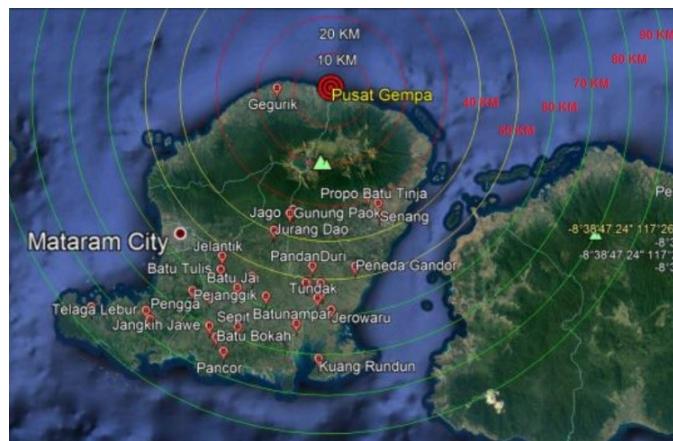
Dari inspeksi dan evaluasi bendungan setelah diguncang beberapa kali gempa besar yang terjadi dari tanggal 29 Juli 2018 sampai dengan tanggal 9 Agustus 2018, terlihat bahwa bendungan yang terbuat dari pasangan batu kali lebih tidak mengalami kerusakan menerima guncangan gempa besar beberapa kali dalam kurun waktu yang relatif singkat, dibandingkan dengan bendungan tipe urugan. Kerusakan yang terjadi pada bendungan tipe urugan umumnya adalah retakan yang terjadi pada puncak bendungan, penggelembungan lereng hulu atau hilir bendungan dan dinding pasangan batu kali pada bangunan pelimpah yang relatif tipis yaitu berkisar antara 30 sampai 50 cm. Pada bendungan pasangan batu kali, retakan pada tubuh bendungan dan bangunan pelimpah tidak terlihat, karena bangunan pelimpah menjadi bagian dari tubuh bendungan itu sendiri. Berikut ini adalah hasil inspeksi dan evaluasi kerusakan pada bendungan dan embung yang dipilih secara acak.

15.3.1 Bendungan Gegurit

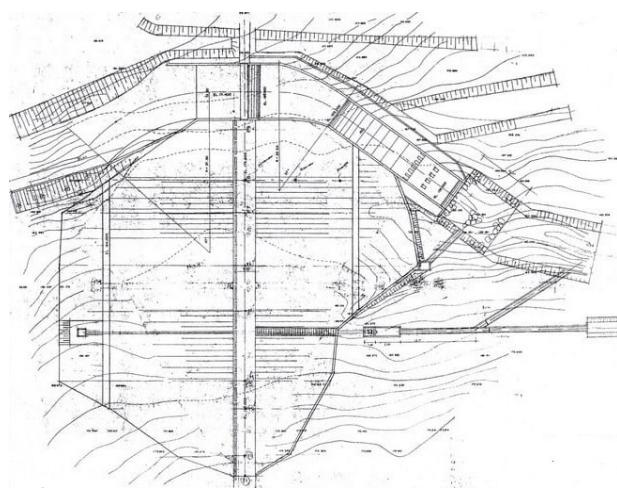
Bendungan Gegurik terletak pada jarak 10 – 20 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Gegurik pada kondisi kosong, karena semua air yang ditampung pada musim hujan sebelumnya telah terpakai habis sesuai dengan peruntukannya. Tampak atas bendungan Gegurik disampaikan dalam Gambar 15.2.

Dari pengamatan lapangan yang dilakukan pada tanggal 15 Agustus 2016, setelah bendungan Gegurik diguncang 3 gempa besar berturut turut yaitu tanggal 29 Juli dengan magnitudo Mw 6,4 dan tanggal 5 Agustus dengan

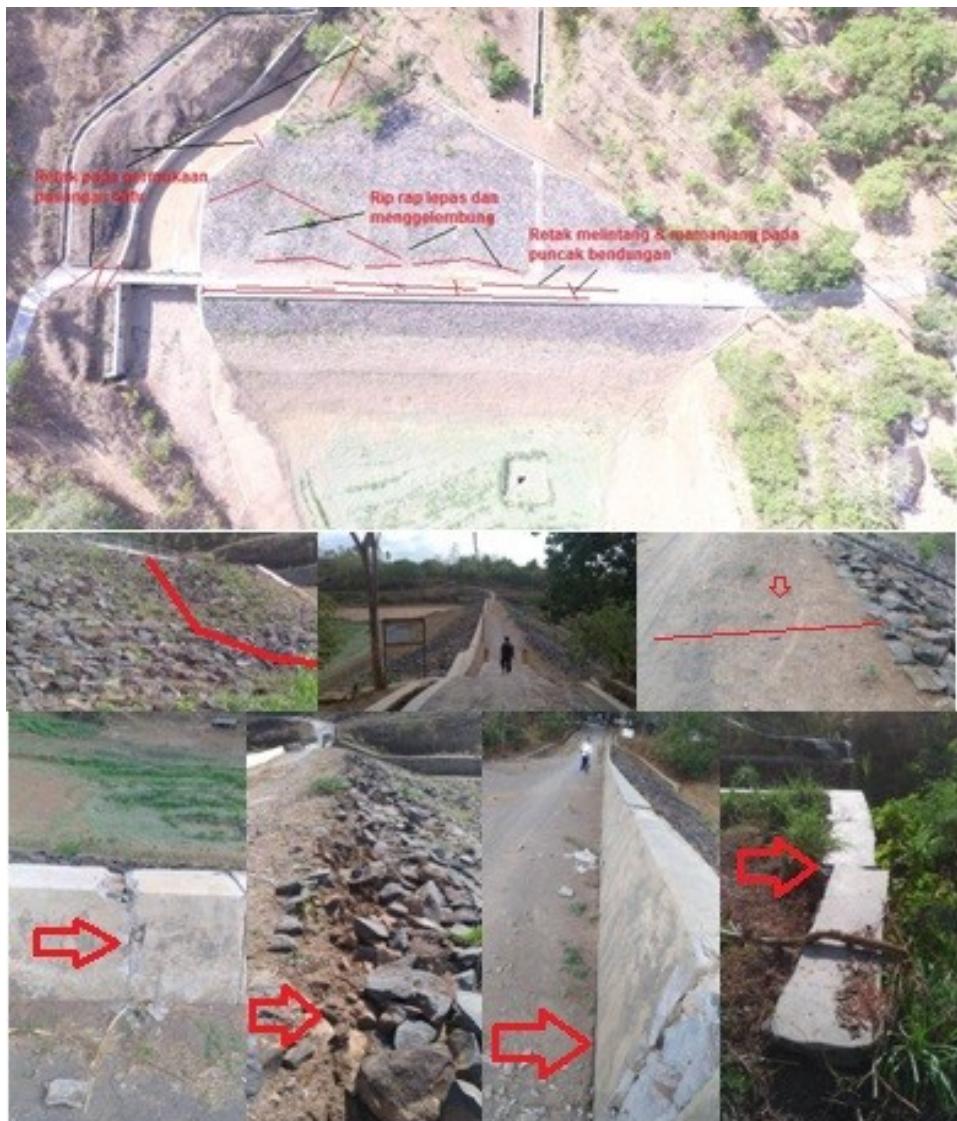
magnitude Mw 7,0 serta tanggal 9 Agustus dengan magnitude Mw 6,2, bendungan Gegurik hanya mengalami kerusakan yang relative sangat kecil yaitu; retakan memanjang dan melintang pada puncak bendungan dengan lebar 3 – 5 mm, terjadi perenggangan parapet secara acak dengan lebar sekitar 3 mm, pengelupasan rip rap dan penggelembungan lereng hilir yang tertutup dengan rip rap. Kerusakan bendungan gegurik pada puncak bendungan dan sekitarnya ditunjukkan pada Gambar 15.3.



Gambar 15.1 Kisaran jarak bendungan dengan pusat gempa tanggal 29 Juli 2018



Gambar 15.2 Tampak atas bendungan Gegurik.



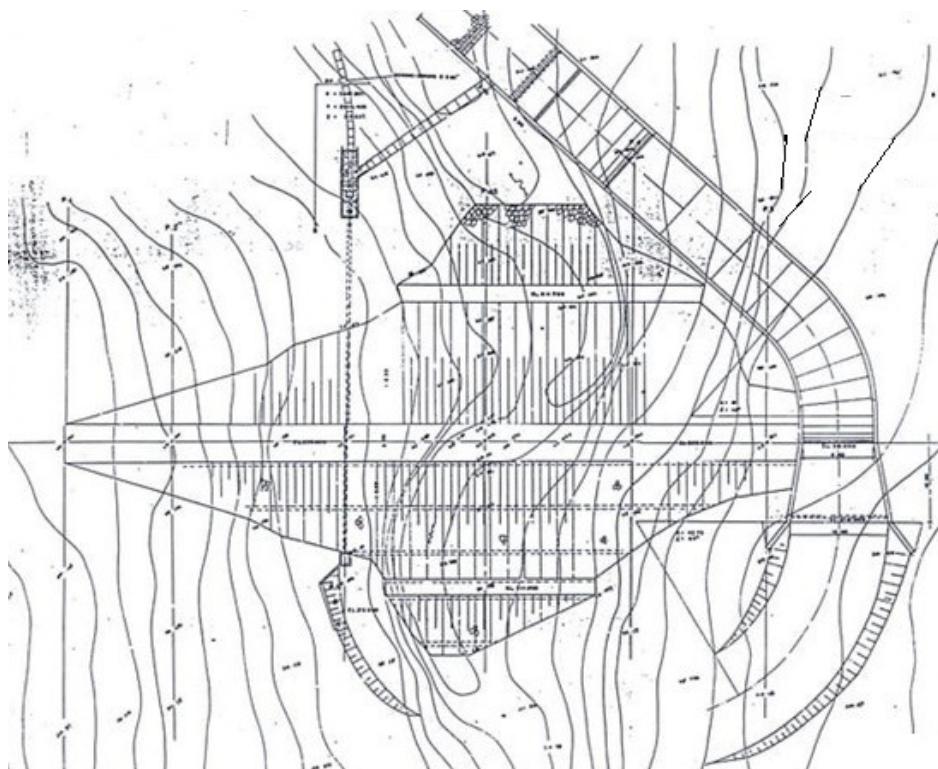
Gambar 15.3 Kerusakan pada puncak bendungan Gegurik

15.3.2 Embung Lokok Tawah

Embung Lokok Tawah berupa timbunan tanah homogen, terletak 1 km di sebelah hulu dari bendungan Gegurik. Embung Lokok Tawah mempunyai tinggi 13 meter diatas pondasi, dan panjang puncak bendung 125 meter, berfungsi untuk mengairi sawah seluas 163 ha, dan air baku untuk 100 KK. Embung Lokok Tawah terletak pada jarak antara 10 – 20 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi

gempa, embung Lokok Tawah dalam kondisi kosong, karena semua air yang ditampung pada musim hujan sebelumnya telah terpakai habis sesuai dengan peruntukannya. Tampak atas bendungan Lokok Tawah disampaikan dalam Gambar 15.4.

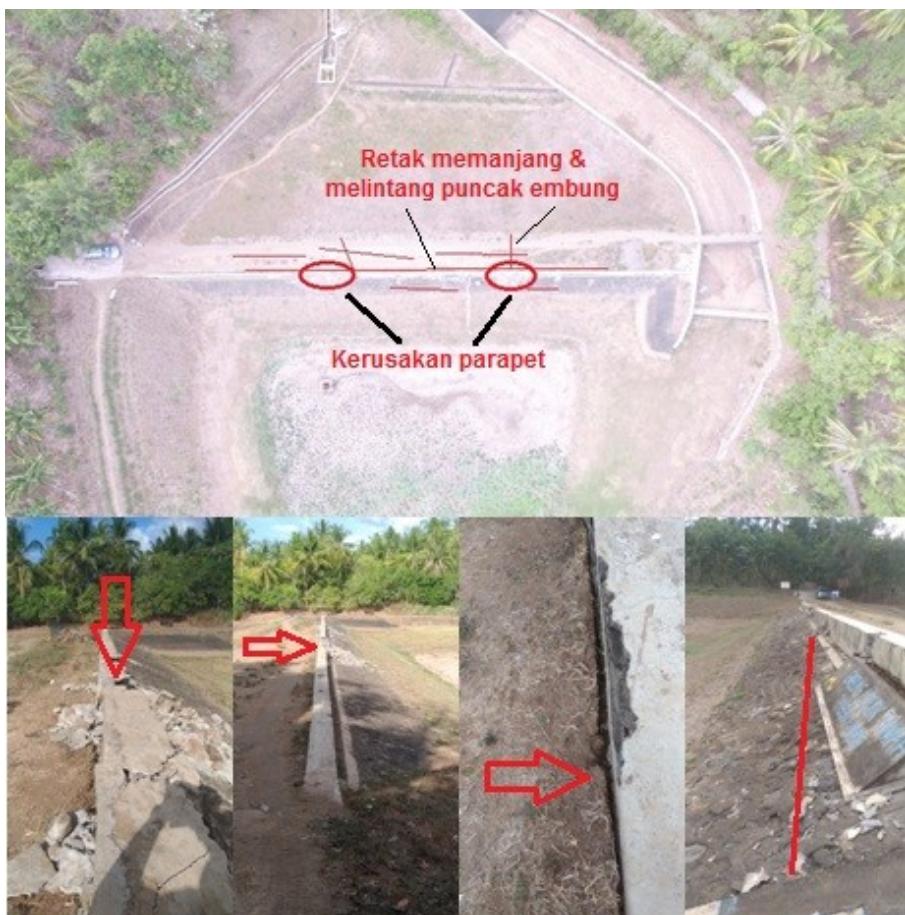
Dari pengamatan lapangan yang dilakukan pada tanggal 15 Agustus 2016, setelah embung Lokok Tawah diguncang 3 gempa besar berturut turut yaitu tanggal 29 Juli dengan magnitude Mw 6,4 dan tanggal 5 Agustus dengan magnitude Mw 7,0 serta tanggal 9 Agustus dengan magnitude Mw 6,2, embung Lokok Tawah hanya mengalami kerusakan yang relative sangat kecil yaitu; retakan memanjang dan melintang pada puncak bendungan dengan lebar 3 – 5 mm, terjadi kerusakan pada parapet yang terbuat dari pasangan batu kali, perenggangan parapet secara acak dengan lebar sekitar 3 mm, dan retakan pada pasangan batu yang berfungsi sebagai rip rap pada lereng hulu embung Lokok Tawah. Kerusakan pada puncak embung Lokok Tawah ditunjukkan pada Gambar 15.5.



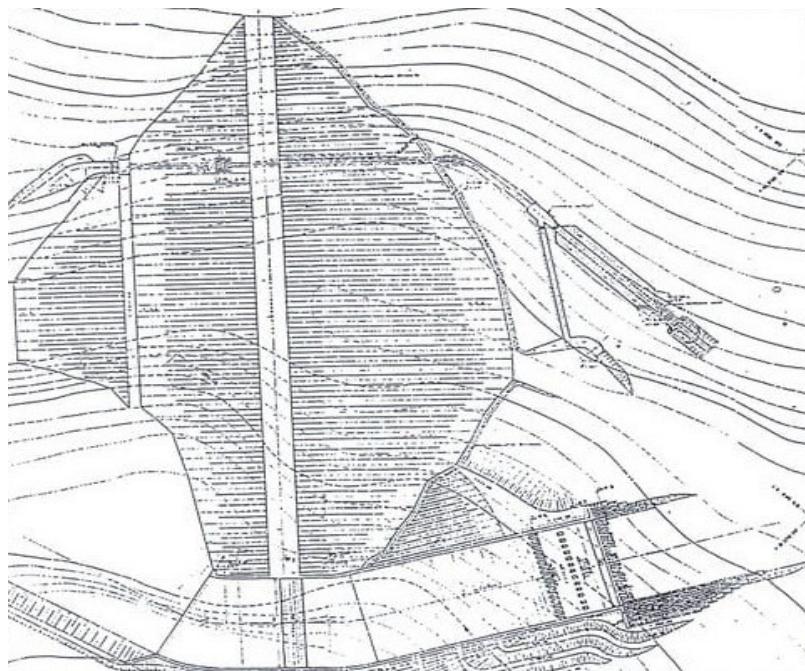
Gambar 15.4 Tampak atas embung Lokok Tawah.

15.3.3 Bendungan Jelantik

Bendungan Jelantik adalah bendungan tipe urugan yang mempunyai fungsi untuk air irigasi untuk 350 ha, penyediaan air baku 0,13 lt/dt. Tinggi bendungan Jelantik adalah 19,00 meter, dan volume tampungannya sebesar 543.000 m³. Bendungan Jelantik mempunyai kisaran jarak 50 – 60 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Jelantik dalam kondisi terisi air, tetapi dalam kondisi muka air rendah. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Jelantik. Tampak atas bendungan Jelantik disampaikan dalam Gambar 15.6, dan foto-foto bendungan Jelantik setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.7.



Gambar 15.5 Kerusakan pada puncak embung Lokok Tawah.



Gambar 15.6 Tampak atas bendungan Jelantik.



Gambar 15.7 Puncak bendungan dan daerah genangan bendungan Jelantik.

15.3.4 Embung Babi

Embong Babi adalah embong pasangan batu kali yang mempunyai fungsi untuk air irigasi untuk 150 ha, penyediaan air baku untuk 100 KK. Tinggi embong Babi adalah 13,50 meter, dan volume tampungannya sebesar 110.000 m³. Embong Babi mempunyai kisaran jarak 40 – 50 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, embong Babi dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air normal. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada embong Babi. Tampak atas embong Babi dari foto drone disampaikan dalam Gambar 15.8, dan foto-foto embong Babi setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.9.



Gambar 15.8 Tampak atas embung Babi dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.



Gambar 15.9 Kondisi embung Babi setelah diguncang gempa Lombok.

15.3.5 Bendungan Batu Tulis

Bendungan Batutulis adalah bendungan pasangan batu kali yang mempunyai fungsi untuk air irigasi seluas 120 ha, penyediaan air baku sebesar 2,99 lt/dt. Tinggi bendungan Batutulis adalah 15,50 meter, dan volume tampungannya sebesar 340.000 m³. Bendungan Batutulis mempunyai kisaran jarak 50 – 60 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Batutulis dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air normal. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Batutulis. Tampak atas bendungan Batutulis dari foto drone disampaikan dalam Gambar 15.10, dan foto-foto bendungan Batutulis setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.11.



Gambar 15.10 Tampak atas bendungan Batutulis dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.



Gambar 15.11 Kondisi bendungan Batu Tulis setelah diguncang gempa Lombok.

15.3.6 Bendungan Surabaya

Bendungan Surabaya adalah bendungan pasangan batu kali tertinggi di pulau Lombok, yang mempunyai fungsi untuk air irigasi seluas 1.125 ha, penyediaan air baku sebesar 4,15 lt/dt. Tinggi bendungan Surabaya adalah 27,00 meter, dan volume tampungannya sebesar 300.000 m³. Bendungan Surabaya mempunyai kisaran jarak 50 – 60 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Surabaya dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air rendah. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Surabaya. Tampak atas bendungan Surabaya dari foto drone disampaikan dalam Gambar 15.12, dan foto-foto bendungan Surabaya setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.13.



Gambar 15.12 Tampak atas bendungan Surabaya dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.



Gambar 15.13 Kondisi bendungan Surabaya setelah diguncang gempa Lombok.

15.3.7 Embung Jurang Jaler

Embong Jurang Jaler adalah embong pasangan batu kali yang mempunyai fungsi untuk air irigasi untuk 200 ha, penyediaan air baku untuk 123 KK. Tinggi embong Jurang Jaler adalah 13,00 meter, dan volume tampungannya sebesar 38.400 m³. Embong Jurang Jaler mempunyai kisaran jarak 40 – 50 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, embong Jurang Jaler dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air normal. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada embong Jurang Jaler. Tampak atas embong Jurang Jaler dari foto drone disampaikan dalam Gambar 15.14, dan foto-foto embong Jurang Jaler setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.15.



Gambar 15.14 Tampak atas embung Jurang Jaler dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.



Gambar 15.15 Kondisi embung Jurang Jaler setelah diguncang gempa Lombok.



15.3.8 Bendungan Pandanduri

Bendungan Pandanduri adalah bendungan tipe urugan batu (rock fill dam) yang mempunyai fungsi tunggal yaitu untuk air irigasi seluas 5.168 ha. Tinggi bendungan Pandanduri adalah 42,00 meter, dan tercatat sebagai bendungan tertinggi di pulau Lombok. Volume tampungannya sebesar 27.200.000 m³. Bendungan Pandanduri mempunyai kisaran jarak 40 – 50 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Pandanduri dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air rendah. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Pandanduri. Tampak atas bendungan Pandanduri dari foto drone disampaikan dalam Gambar 15.16, dan foto-foto bendungan Pandanduri setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.17.



Gambar 15.16 Tampak atas bendungan Pandanduri dari foto drone setelah diguncang gempa Lombok.



Gambar 15.17 Kondisi bendungan Pandanduri setelah diguncang gempa Lombok.

15.3.8.1 Kerusakan jalan akses penghubung Saddle Dam 8 dan Saddle Dam 9 oleh Gempa

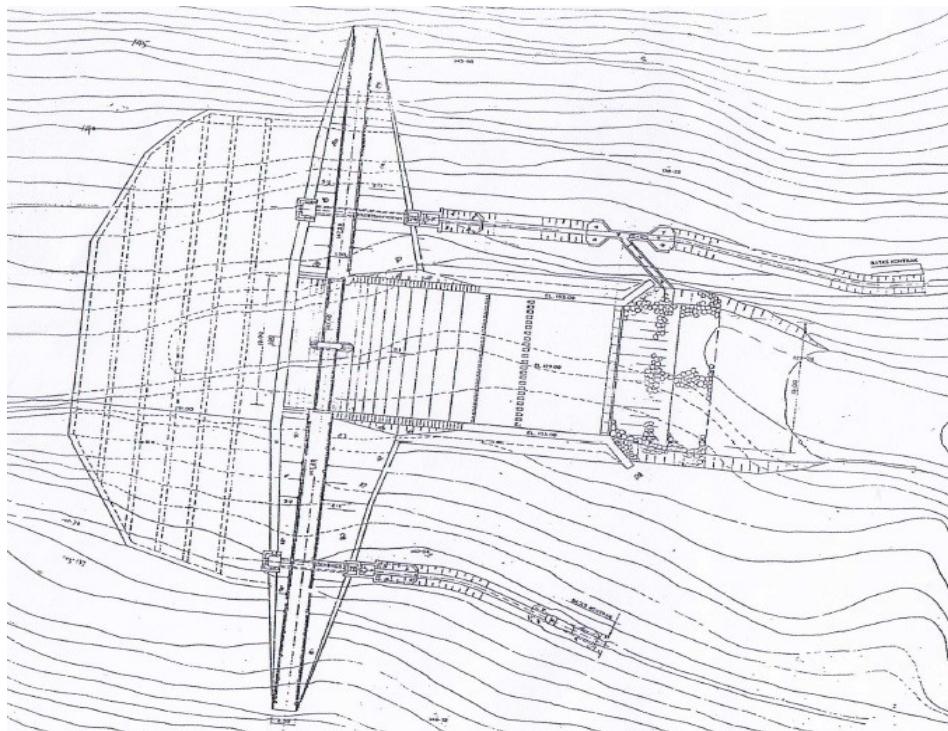
Pada inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 terlihat adanya kerusakan pada jalan akses penghubung antara Saddle Dam 8 dan Saddle Dam 9, yang berupa timbunan tipis yaitu sekitar 2 meter diatas permukaan tanah asli untuk menyesuaikan elevasi Saddle Dam. Kerusakan berupa retakan memanjang yang cukup intensif dengan lebar antara 2 mm sampai dengan 10 mm pada permukaan jalan akses. Pada Saddle Dam 8 dan 9 yang tingginya sekitar 10 meter, tidak terjadi keretakan pada permukaan timbunan, karena timbunan saddle dam dipadatkan sampai dengan kepadatan maksimum standard Proctor, dan terletak diatas pondasi batuan, sehingga Saddle Dam tidak menerima amplifikasi dari “ground acceleration”, sedangkan jalan akses yang berupa timbunan diatas tanah asli akan menerima amplifikasi dari “ground acceleration” yang menyebabkan terjadinya retakan. Gambar 15.18 menunjukkan kerusakan pada jalan akses penghubung antara Saddle Dam 8 dan Saddle Dam 9.



Gambar 15.18 Retakan pada jalan akses antara Saddle Dam 8 dan Saddle Dam 9 .

15.3.9 Bendungan Kali Ujung

Bendungan Kali Ujung adalah bendungan pasangan batu kali yang mempunyai fungsi untuk air irigasi untuk 300 ha, penyediaan air baku sebesar 3,65 lt/dt. Tinggi bendungan Kali Ujung adalah 16,00 meter, dan volume tampungannya sebesar 100.000 m³. Bendungan Kali Ujung mempunyai kisaran jarak 50 – 60 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Kali Ujung dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air tinggi. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Kali Ujung. Tampak atas bendungan Kali Ujung disampaikan dalam Gambar 15.19, dan foto foto bendungan Kali Ujung setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.20.



Gambar 15.19 Tampak atas bendungan Kali Ujung.



Gambar 15.20 Kondisi bendungan Kali Ujung setelah diguncang gempa Lombok.

15.3.10 Bendungan Tundak

Bendungan Tundak adalah bendungan pasangan batu kali yang mempunyai fungsi untuk air irigasi untuk 350 ha, penyediaan air sebesar 0,25 lt/dt. Tinggi bendungan Tundak adalah 16,50 meter, dan volume tampungannya sebesar 260.000 m³. Bendungan Tundak mempunyai kisaran jarak 50 – 60 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Tundak dalam kondisi rehabilitasi, yaitu penerukan lumpur di daerah genangan untuk mengembalikan volume tampungan yang terisi dengan lumpur hasil proses pengendapan. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Tundak. Foto puncak bendungan Tundak disampaikan dalam Gambar 15.21, dan foto foto bendungan Tundak setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.22.



Gambar 15.21 Foto puncak bendungan Tundak setelah diguncang Gempa Lombok.



Gambar 15.22 Pengeringan lumpur dari dalam reservoir bendungan Tundak.

15.3.11 Bendungan Jago

Bendungan Jago adalah bendungan urugan tanah homogen yang mempunyai fungsi untuk air irigasi untuk 120 ha, penyediaan air baku sebesar 0,78 lt/dt. Tinggi bendungan Jago adalah 15,00 meter, dan volume tampangannya sebesar 100.000 m³. Bendungan Jago mempunyai kisaran jarak 30 – 40 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Jago dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air tinggi. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa pada bendungan Jago terjadi kerusakan yaitu terdapat retakan memanjang pada puncak bendungan dengan lebar antara 10 – 170 mm yang tidak merata sepanjang puncaknya. Ditengarai juga terjadi rembesan pada sisi hilir bendungan, yang masih harus dievaluasi lebih lanjut tingkat bahayanya terhadap keselamatan bendungan. Sampai saat ini belum ditemukan dokumentasi dan gambar pelaksanaan bendungan Jago yang dibangun pada tahun 1986. Foto foto kerusakan bendungan Jago setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.23. Pengukuran lebar retakan di puncak bendungan ditunjukkan pada Gambar 15.24, sedangkan perbaikan yang segera dilakukan untuk menutup retakan pada puncak bendungan ditunjukkan pada Gambar 15.25.



Gambar 15.23 Foto kerusakan pada puncak bendungan Jago.



Gambar 15.24 Pengukuran lebar retakan pada puncak bendungan Jago.



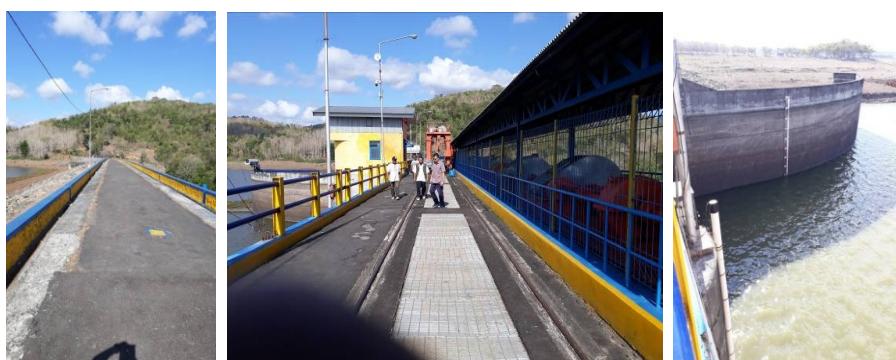
Gambar 15.25 Rehabilitasi puncak bendungan Jago.

15.3.12 Bendungan Pengga

Bendungan Pengga adalah bendungan tipe urugan batu (rock fill dam) kedua tertinggi di pulau Lombok, yang mempunyai fungsi utama untuk air irigasi sebesar 3.859 ha, penyediaan air baku sebesar 10,42 lt/dt. Tinggi bendungan Pengga adalah 33,00 meter, dan volume tampungannya sebesar 27.000.000 m³. Bendungan Pengga mempunyai kisaran jarak 60 – 70 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Pengga dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air rendah. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Pengga. Tampak atas bendungan Pengga disampaikan dalam Gambar 15.26, dan foto-foto bendungan Pengga setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.27.



Gambar 15.26 Bendungan Pengga setelah diguncang Gempa.



Gambar 15.27 Kondisi bendungan Pengga setelah diguncang gempa Lombok.

15.3.13 Bendungan Batujai

Bendungan Batujai adalah bendungan tipe urugan batu (rock fill dam) ketiga tertinggi di pulau Lombok yang mempunyai fungsi untuk air irigasi seluas 3.140 ha, penyediaan air baku sebesar 6 lt/dt. Tinggi bendungan Batujai adalah 16,00 meter, dan volume tampungannya sebesar 25.000.000 m³. Bendungan Batujai mempunyai kisaran jarak 50 – 60 km dari pusat gempa besar pertama tanggal 29 Juli 2018 dengan magnitudo Mw 6,4. Pada saat terjadi gempa, bendungan Batujai dalam kondisi terisi air, yaitu pada muka air normal. Hasil inspeksi yang dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2018 menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan pada bendungan Batujai. Foto puncak bendungan Batujai disampaikan dalam Gambar 15.28, dan foto foto bendungan Batujai setelah diguncang gempa ditunjukkan pada Gambar 15.29.



Gambar 15.28 Puncak bendungan Batujai.



Gambar 15.29 Kondisi bendungan Batujai setelah diguncang gempa Lombok.

15.4 Evaluasi pada Peralatan Hidromekanikal Bendungan

Evaluasi terhadap kinerja peralatan hidromekanikal, yaitu pintu pada spillway baik berupa "sliding gate", "radial gate" atau jenis lain, alur stop log, perubahan lebar alur gate akibat deformasi pada kolom bangunan, maupun aspek lainnya yang berhubungan dengan berfungsinya sistem pengendalian muka air bendungan telah dilaksanakan.

Di pulau Lombok hanya terdapat tiga bendungan yang mengoperasikan peralatan hidromekanikal yaitu bendungan Batujai, bendungan Pengga dan bendungan Pandanduri. Kondisi hidromekanikal semua bendungan telah dilakukan inspeksi setelah gempa dan tidak ditemukan kerusakan. Berikut ini disampaikan evaluasi terhadap kondisi peralatan hidromekanikal bendungan bendungan tersebut.

15.4.1 Peralatan hidromekanikal bendungan Pandanduri

Peralatan hidromekanikal pada bendungan Pandanduri telah diperiksa, baik pilar bangunan pelimpah (spillway), bangunan pengendali beserta perlengkapannya (hoist) tidak mengalami kerusakan oleh rangkaian gempa besar yang terjadi di pulau Lombok. Penurunan dan pengangkatan stop log dan pintu geser (sliding gate) telah dilakukan untuk setiap pintu dan tidak terjadi kendala. Demikian juga kondisi peralatan hidromekanikal di dalam bangunan pengambilan (intake tower) tidak mengalami kerusakan. Gambar 15.30 menunjukkan bangunan pelimpah (spillway) dan bangunan pengambilan (intake tower) bendungan Pandanduri.



Gambar 15.30 Kondisi Bangunan Pelimpah (spillway) dan Bangunan Pengambilan bendungan Pandanduri.

15.4.2 Peralatan hidromekanikal bendungan Pengga

Peralatan hidromekanikal pada bendungan Pengga telah diperiksa, baik pilar bangunan pelimpah (spillway), bangunan pengendali beserta perlengkapannya (hoist) tidak mengalami kerusakan oleh rangkaian gempa besar yang terjadi di pulau Lombok. Penurunan dan pengangkatan stop log dan pintu radial (radial gate) telah dilakukan untuk setiap pintu dan tidak terjadi kendala. Demikian juga kondisi peralatan hidromekanikal di dalam bangunan pengambilan (intake tower) tidak mengalami kerusakan. Gambar 15.31 menunjukkan pintu radial dan peralatan untuk memasang stop log pada bangunan bangunan pelimpah (spillway) bendungan Pengga setelah diguncang serangkaian gempa besar di pulau Lombok.



Gambar 15.31 Kondisi Bangunan Pelimpah (spillway) dan stop log bendungan Pengga setelah diguncang gempa

15.4.3 Peralatan hidromekanikan bendungan Batujai

Peralatan hidromekanikal pada bendungan Batujai telah diperiksa, baik pilar bangunan pelimpah (spillway), bangunan pengendali beserta perlengkapannya (hoist) tidak mengalami kerusakan oleh rangkaian gempa besar yang terjadi di pulau Lombok. Penurunan dan pengangkatan stop log dan pintu geser (sliding gate) telah dilakukan untuk setiap pintu dan tidak terjadi kendala, dan tidak mengalami kerusakan. Gambar 15.32 menunjukkan pintu geser pada bangunan pengelak (spillway) bendungan Batujai setelah diguncang serangkaian gempa besar di pulau Lombok.



Gambar 15.32 Kondisi Bangunan Pelimpah (spillway) bendungan Batujai setelah diguncang gempa.



15.5 Kesimpulan

Inspeksi dan evaluasi bendungan setelah diguncang serangkaian gempa di pulau Lombok telah dibahas. Dari 31 buah bendungan dan 139 buah embung di pulau Lombok, semua bendungan dan embung yang menjadi tanggung jawab operasi Balai Wilayah Sungai 1 Nusa Tenggara telah dilakukan inspeksi. Kemudian oleh Balai Bendungan, Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat telah dilakukan verifikasi dengan melakukan inspeksi ulang terhadap 13 bendungan dan embung. Dari hasil evaluasi dan verifikasi kerusakan terhadap bendungan dapat disampaikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kerusakan yang terjadi oleh guncangan gempa adalah kerusakan kecil, yaitu berupa retakan dan kerusakan lain yang terjadi pada puncak bendungan,
- b. Kerusakan pada puncak bendung hanya ditemukan pada bendungan tipe urugan tanah homogen,
- c. Bendungan dan embung yang terbuat dari pasangan batu kali relatif tidak mengalami kerusakan,
- d. Kerusakan yang terjadi berupa retakan pada punca bendungan paling besar adalah 200 mm, dan segera diperbaiki agar tidak menjadi sarana masuknya air hujan ke dalam tubuh bendungan,
- e. Terdapat anomali tingkat kerusakan bendungan dengan gempa serupa seperti gempa Bhuj di India dan gempa Wenchuan di China dengan magnitudo yang relatif sama dan pada jarak yang juga hampir sama, dimana kerusakan bendungan di pulau Lombok oleh serangkaian gempa besar adalah sangat kecil. Hal ini belum boleh digunakan sebagai acuan ketahanan bendungan gempa terhadap guncangan gempa besar, sebelum anomali gempa Lombok bisa dijelaskan secara detail.

16. TINJAUAN STRUKTUR BANGUNAN DALAM KEJADIAN GEMPA DI WILAYAH NTB

Iswandi Imran
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB

16.1 Pendahuluan

Gempa Lombok pada bulan Agustus 2018 telah merusak banyak bangunan dan infrastruktur di wilayah Lombok Utara, dan Tengah. Kerusakan-kerusakan struktur bangunan yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh kurang memadainya kekuatan,kekakuan, integritas dan daktilitas sistem struktur itu sendiri dalam menahan beban gempa (aspek desain), kualitas bahan dan pelaksanaan yang memang kurang baik (aspek pelaksanaan) dan durabilitas bahan yang kurang baik (aspek operasional). Namun demikian, banyak juga dijumpai bangunan-bangunan rumah sederhana yang mampu bertahan atau hanya mengalami kerusakan ringan akibat gempa.

Laporan ini menyajikan beberapa pelajaran penting yang dapat dipetik dari kejadian gempa Lombok dan merupakan hasil studi yang dilakukan oleh tim Satgas ITB yang melakukan kajian di daerah-daerah yang terkena bencana. Tim satgas ITB melakukan kajian di wilayah-wilayah Kota Mataram, Sengigi, dan Pemenang. Struktur bangunan yang dikaji meliputi bangunan *non-engineered* (rumah tinggal) dan bangunan *engineered* (mesjid, sekolah, ruko, kantor dan lain-lain).

Serangkaian gempa yang terjadi di Lombok mengakibatkan banyak kerusakan pada bangunan rumah warga, bangunan fasilitas umum, maupun infrasruktur lainnya, Tabel 16.1 menunjukkan rangkaian gempa yang terjadi di Lombok yang tercatat oleh BMKG.



Tabel 16.1 Rangkaian gempa yang terjadi di Lombok yang tercatat oleh BMKG

Tanggal	Waktu (WIB)	Lintang	Bujur	Magnitudo	Kedalaman (km)	Wilayah
29 Juli 2018	05:47:39	-8,26	116,55	6,4	10	28 km Barat Laut Lombok Timur - NTB
29 Juli 2018	06:06:49	-8,29	116,46	5,5	10	22 km Timur Laut Lombok Utara - NTB
29 Juli 2018	06:15:58	-8,16	116,54	5,0	10	37 km Timur Laut Lombok Utara - NTB
29 Juli 2018	08:50:32	-8,22	116,46	5,7	10	26 km Timur laut Lombok Utara - NTB
29 Juli 2018	09:20:09	-8,26	116,49	5,0	10	26 km Timur laut Lombok Utara - NTB
05 Agustus 2018	18:45:35	-8,25	116,49	6,8	10	27 km Timur Laut Lombok Utara - NTB
05 Agustus 2018	19:49:52	-8,28	116,17	5,6	10	15 km Barat Laut Lombok Utara - NTB
05 Agustus 2018	20:07:38	-8,09	116,46	5,0	51	37 km Timur Laut Lombok Utara - NTB
05 Agustus 2018	18:46:35	-8,37	116,48	7,0	15	18 km Barat Laut Lombok Timur - NTB
05 Agustus 2018	23:49:41	-8,18	116,25	5,1	10	21 km Barat Laut Lombok Utara - NTB
06 Agustus 2018	07:28:19	-8,46	116,2	5,4	10	12 km Barat Daya Lombok Utara - NTB
06 Agustus 2018	22:50:55	-8,37	116,04	5,4	10	23 km Barat Laut Mataram - NTB
07 Agustus 2018	01:21:19	-8,18	116,29	5,5	10	21 km Barat Laut Lombok Utara - NTB
09 Agustus 2018	12:52:32	-8,36	116,22	6,2	12	6 km barat Laut Lombok Utara - NTB
10 Agustus 2018	22:57:38	-8,05	116,49	5	10	43 Timur Laut Lombok Utara - NTB

Kerusakan bangunan yang teramati di Lombok bervariasi dari kerusakan ringan, kerusakan parah, sampai runtuh. Bangunan-bangunan sekolah, kantor pemerintah, rumah sakit/puskesmas, dan perumahan juga banyak yang mengalami kerusakan parah. Prasarana jalan dan jembatan juga memperlihatkan kerusakan ringan hingga berat. Atas kejadian ini perlu adanya tindakan investigasi penyebab kerusakan, sehingga dapat menjadi pembelajaran untuk masa yang akan datang.

16.2 Pelajaran dari Gempa Lombok

16.2.1 Bangunan Non-Engineered (Rumah Tinggal)

Bangunan-bangunan rumah tinggal di wilayah-wilayah yang dipengaruhi gempa Lombok, yaitu wilayah Kabupaten Sembalun, Sambelia, dan Bayan, pada umumnya terbuat dari susunan bata dan atap terbuat dari seng. Pada umumnya kerusakan bangunan rumah tinggal pada daerah yang terdampak, tidak memiliki elemen struktural pengikat yang cukup sehingga beban gempa yang terjadi ditahan langsung oleh elemen non-struktural lainnya dimana elemen tersebut hanya mengandalkan ikatan plesteran dan sejenisnya (Gambar 16.1).



Gambar 16.1 Kerusakan pada bangunan non-engineered oleh gempa Lombok

16.2.2 Bangunan Engineered

Struktur bangunan *engineered* bertingkat rendah dan menengah di wilayah yang terkena pengaruh gempa Lombok pada umumnya berupa struktur bangunan rangka terbuka yang terbuat dari bahan beton bertulang. Struktur bangunan ini pada umumnya diberi dinding bata sebagai dinding pengisi/penyekat.

Kerusakan-kerusakan yang timbul akibat gempa pada struktur-struktur bangunan yang ditinjau di wilayah Lombok pada dasarnya dapat dikelompokkan atas:

- Kerusakan pada komponen non-struktural,
- Kerusakan pada komponen struktur sekunder,
- Kerusakan pada komponen struktur utama.

Dalam bagian berikut ini akan dibahas contoh-contoh kerusakan yang umum dijumpai pada struktur-struktur bangunan di wilayah tersebut akibat gempa besar yang terjadi di awal bulan Agustus tahun 2018.

16.2.3 Kerusakan pada Elemen Non-struktural

Kerusakan elemen non-struktural yang dijumpai berupa kerusakan dinding-dinding pengisi atau penyekat, plafond dan serta runtuh/lepasnya ornamen-

ornamen arsitektural bangunan. Kerusakan pada dinding-dinding pengisi pada umumnya karena dinding tidak diikat dengan baik pada rangka dengan baik dan dinding memiliki luas tanpa rangka yang melebihi 9m². Pada saat gempa terjadi, karena kekakuan yang relatif lebih tinggi, sebagian besar gaya gempa terserap oleh struktur dinding bata yang kaku tersebut. Namun, karena dinding tersebut tidak terikat oleh rangka beton secara memadai, sistem dinding tersebut mengalami kerusakan yang parah, dan bahkan mengalami keruntuhan total akibat gempa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.2. Keruntuhan dinding seperti ini dapat membahayakan penghuni gedung serta lingkungan di sekitarnya, dan juga dapat membahayakan sistem struktur gedung itu sendiri bilamana keruntuhan terjadi secara tiba-tiba. Keruntuhan dinding pengisi/ penyekat yang sifatnya tiba-tiba dapat menyebabkan terjadinya pengalihan gaya total yang tadinya diterima dinding bata ke sistem portal di sekitarnya secara mendadak. Hal ini dapat memicu terjadinya keruntuhan pada sistem portal tersebut.



Gambar 16.2 Dinding tidak terikat dengan baik.

Di lain pihak, struktur-struktur bangunan dengan dinding-dinding penyekat penuh, tanpa bukaan, yang diberi rangka pengikat yang lengkap dan memadai pada umumnya menghasilkan kinerja yang baik selama gempa, dengan tingkat

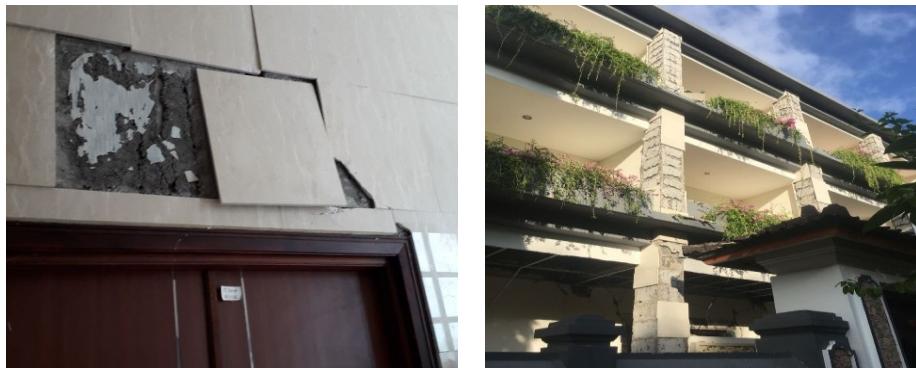
kerusakan yang tidak signifikan, baik pada elemen non-struktural maupun elemen strukturalnya.

Kerusakan tipikal lain yang diamati pada elemen non-struktural adalah kerusakan pada sistem plafond, khususnya di ruangan yang berada di tingkat paling atas. Kerusakan ini diakibatkan oleh tidak memadainya kekakuan diafragma atap di lantai paling atas. Berdasarkan pengamatan, banyak dijumpai struktur bangunan yang bidang level lantai atapnya fleksibel. Balok atap pada umumnya hanya dipasang di perimeter luar bangunan, tanpa dilengkapi dengan pelat lantai atau balok melintang/ memanjang interior. Kalaupun balok melintang interior dipasang, ukurannya pada umumnya tidak memadai. Akibat tidak memadainya kekakuan diafragma lantai yang dihasilkan, deformasi relatif yang terjadi antara portal-portal tepi yang saling berhadapan menjadi besar. Kondisi ini menyebabkan runtuhnya sistem plafond yang memang tidak didesain untuk menerima deformasi yang besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.3.



Gambar 16.3 Kerusakan pada plafond akibat kurangnya pengaku.

Kerusakan non-struktural lainnya yang diamati adalah rusak atau runtuhnya ornamen-ornamen arsitektural yang memiliki bobot yang berat yang pada kenyataannya tidak diberi sistem penumpu/ pengikat yang memadai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.4.



Gambar 16.4 Ornamen arsitektural yang lepas.

Kerusakan elemen non-struktural lainnya disebabkan oleh kurangnya celah pada lokasi dilatasi struktur, sehingga ketika terjadi gempa dapat menyebabkan fenomena *Pounding* dan *Rip Off*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.5.

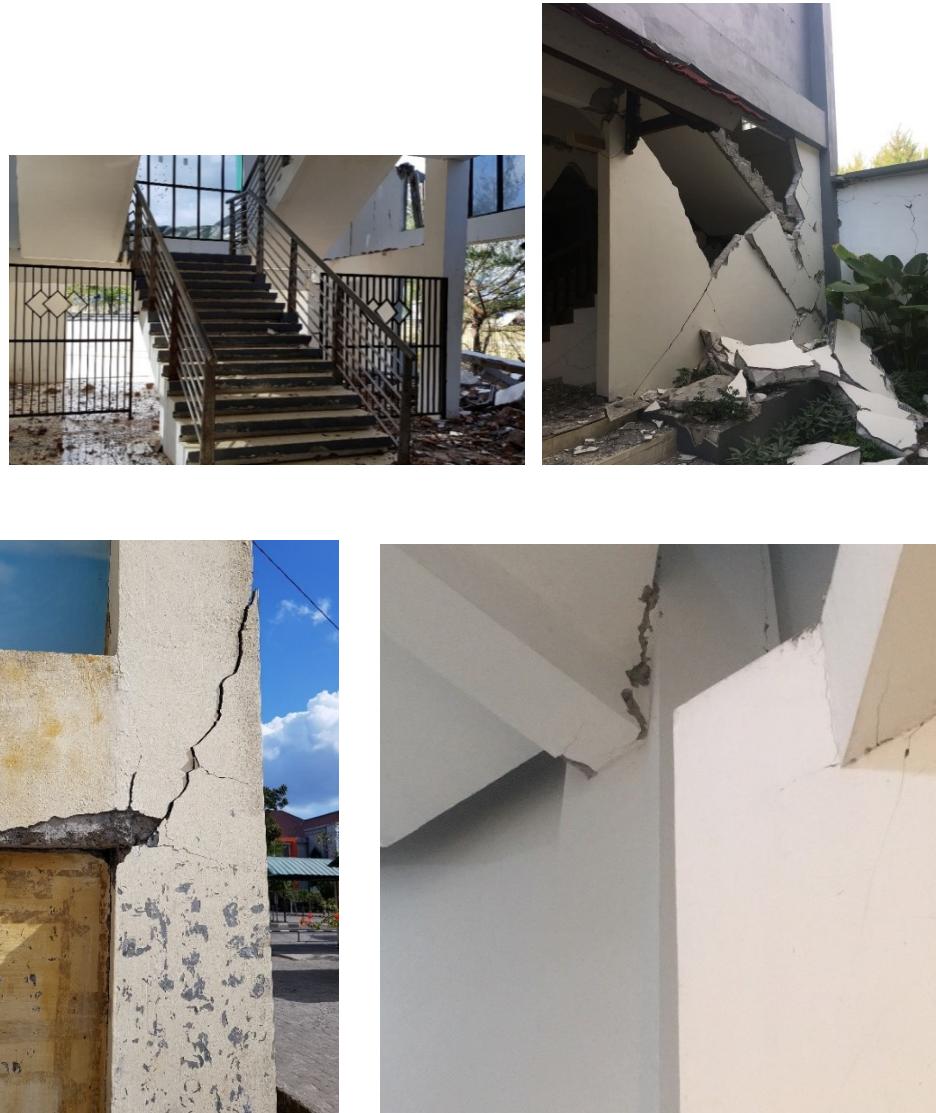


Gambar 16.5 Fenomena pounding dan rip off.

16.2.4 Kerusakan pada Elemen Struktur Sekunder

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, banyak dijumpai terjadinya kegagalan pada elemen-elemen struktur sekunder bangunan yang dirancang untuk menampung berbagai elemen non-struktural seperti tangga, ornamen dan lain-lain. Kegagalan yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh karena elemen-elemen struktur sekunder tersebut memang tidak dirancang terhadap kondisi pembebahan gempa.

Selain itu, kegagalan pada elemen struktur sekunder juga dapat disebabkan oleh adanya ketidak konsistenan sistem struktur yang diasumsikan dalam desain dengan sistem struktur yang dilaksanakan. Hal ini sebagai contoh dijumpai pada perencanaan tangga. Dalam analisis struktur, sistem tangga biasanya tidak dimodelkan sebagai elemen yang menyatu dengan struktur utamanya. Namun, dalam pelaksanaannya sistem tangga pada umumnya dibuat menyatu dengan sistem struktur utama. Hal ini dapat menyebabkan sistem tangga berfungsi sebagai elemen *strut* (penunjang) disaat terjadi deformasi lateral akibat gempa. Sebagai konsekuensi, balok penumpu tangga yang menyatu dengan sistem struktur utama tersebut akan menerima beban tambahan yang besar, yang tidak diantisipasi sebelumnya. Hal ini dapat memicu terjadinya keruntuhan balok penumpu tangga dan pada akhirnya juga dapat mempengaruhi kinerja elemen struktur utama yang dijadikan sebagai tempat tumpuan balok tersebut. Selain itu, posisi tangga yang tidak simetris dapat merubah lokasi pusatkekakuan struktur, khususnya untuk kondisi-kondisi dimana struktur tangga disatukan dengan struktur rangka utama bangunan. Hal ini dapat menyebabkan timbulnya puntiran yang besar, yang sebelumnya tidak pernah diantisipasi dalam perencanaan. Gambar 16.6 memperlihatkan contoh kerusakan kolom akibat puntir yang kenungkinan besar dipicu oleh penyatuhan struktur-struktur tangga yang konfigurasinya tidak simetris dengan struktur rangka utama.



Gambar 16.6 Kerusakan akibat penyatuan tangga

15.2.5 Kerusakan pada elemen Struktur Utama

Bentuk-bentuk kerusakan yang diamati pada elemen struktural utama bangunan di wilayah Lombok yang terkena bencana lebih banyak disebabkan oleh kurang memadainya kekuatan, kekakuan, integritas dan daktilitas sistem struktur itu sendiri dalam menahan beban gempa (aspek desain) serta kualitas bahan dan

pelaksanaan yang memang kurang baik (aspek pelaksanaan). Banyak dijumpai detailing penulangan, penyambungan serta pengangkuran yang tidak memenuhi kaidah perencanaan yang berlaku.

Sedangkan pada Gambar 16.7 terlihat bahwa sendi plastis terjadi pada kolom lantai 1. Mekanisme keruntuhan ini disebut sebagai *soft story*, mekanisme keruntuhan ini disebabkan karena kekakuan struktur pada lantai 2 lebih kaku dari kekakuan struktur lantai 1. Struktur lantai 2 memiliki kekakuan lebih besar karena tembok pada struktur lantai 2 umumnya bersifat penuh (dengan sedikit bukaan) sedangkan pada lantai 1 memiliki bukaan yang banyak, dan terkadang hanya ada di perimeter bangunan.



Gambar 16.7 Soft Story.

Pada Gambar 16.8 dapat dilihat bangunan tidak menggunakan tulangan ulir sebagai tulangan utama, sebagaimana yang telah diatur dalam SNI 2847 2013. Beban pada atap juga sangat besar sehingga ketika gempa terjadi beban yang diterima struktur menjadi sangat besar.



Gambar 16.8 Bangunan yang runtuh.

16.3 Prinsip dan Kaidah Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Sebagaimana telah disampaikan dalam paparan di atas kerusakan struktur-struktur bangunan akibat Gempa Lombok pada umumnya disebabkan oleh rancangan struktur dan detail penulangan yang diaplikasikan yang memang kurang memadai. Agar hal yang sama tidak terjadi lagi, prinsip-prinsip dasar berikut perlu diperhatikan dalam perencanaan, perancangan dan pelaksanaan struktur bangunan tahan gempa di wilayah rawan gempa seperti di NTB:

- a. Sistem struktur yang digunakan haruslah sesuai dengan tingkat kerawanan daerah terhadap gempa. Untuk wilayah Lombok, sistem struktur bangunan haruslah memiliki tingkat daktilitas khusus (paling tinggi).
- b. Aspek kontinuitas dan integritas struktur bangunan perlu diperhatikan. Dalam pendetailan penulangan dan sambungan-sambungan, unsur-unsur struktur bangunan harus terikat secara efektif menjadi satu kesatuan untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh.

- c. Konsistensi sistem struktur yang diasumsikan dalam desain dengan sistem struktur yang dilaksanakan harus terjaga.
- d. Material bangunan yang digunakan haruslah yang ringan dan awet.
- e. Unsur-unsur arsitektural yang memiliki massa yang besar harus terikat dengan kuat pada sistem portal utama dan harus diperhitungkan pengaruhnya terhadap sistem struktur.
- f. Metoda pelaksanaan, sistem quality control dan quality assurance dalam tahapan konstruksi harus dilaksanakan dengan baik dan harus sesuai dengan kaidah yang berlaku.
- g. Bangunan harus secara rutin dirawat agar tidak terjadi degradasi material konstruksi yang signifikan.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa besarnya gaya gempa yang diterima struktur bangunan pada dasarnya dipengaruhi oleh karakteristik gempa yang terjadi, karakteristik tanah dimana bangunan berada dan karakteristik struktur bangunan. Karakteristik struktur bangunan yang berpengaruh diantaranya bentuk bangunan, massa bangunan, beban gravitasi yang bekerja, kekakuan dan lain-lain. Bentuk denah bangunan yang terbaik untuk menahan gempa adalah bentuk yang sederhana, simetris dan tidak terlalu panjang. Sebaiknya dihindari rancangan bentuk massa bangunan yang memiliki tekukan yang besar atau bentuk-bentuk yang "nyeleneh". Apabila bentuk denah bangunan tidak dapat dibuat simetris, maka bagian yang menonjol konstruksinya sebaiknya dipisahkan dari bangunan utama. Selanjutnya, distribusi kekakuan arah vertikal bangunan sebaiknya seragam dan menerus. Perubahan kekakuan yang drastis sebaiknya dihindari.

Selain itu, semakin besar massa yang ada pada bangunan semakin besar beban inersia yang timbul pada saat terjadi gempa. Oleh karena itu, massa bangunan sebaiknya dibuat seringan mungkin. Hindari penggunaan unsur-unsur arsitektural yang memiliki massa yang besar.

15.4 Kesimpulan

Laporan ini mempresentasikan hasil kajian terhadap bentuk-bentuk kerusakan bangunan yang terjadi di wilayah Lombok akibat gempa besar yang terjadi di



awal bulan Agustus tahun 2018 yang lalu. Hasil kajian memperlihatkan bahwa banyak aspek-aspek detailing penulangan yang belum diakomodasi dalam perencanaan struktur bangunan tersebut. Selain itu, kualitas pelaksanaan yang kurang memadai juga ikut mempengaruhi kinerja bangunan yang dihasilkan pada saat terjadi gempa. Berikut ini disampaikan beberapa rekomendasi yang perlu dicermati dalam upaya rekonstruksi di wilayah NTB yang terkena bencana:

- a. Karena berada di daerah dengan tingkat kegempaan yang tinggi, struktur bangunan di wilayah Lombok sebaiknya direncanakan dengan sistem struktur yang memenuhi persyaratan detailing (sesuai dengan SNI 2847 2013). Sistem struktur yang dapat digunakan diantaranya adalah SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) atau SDSK (Sistem Dinding Struktur Khusus) atau kombinasi diantara keduanya.
- b. Untuk bangunan rumah, sebaiknya dibangun dengan mengacu pada guideline bangunan rumah tahan gempa. Sistem bangunan bisa berupa *confined masonry* atau sistem portal. Struktur dan penutup atap yang digunakan sebaiknya berupa sistem yang terbuat dari bahan konstruksi yang ringan.

Keterampilan pekerja, metoda pelaksanaan, sistem quality control dan quality assurance dalam tahapan konstruksi perlu diperhatikan agar tidak menjadi penyebab kegagalan terhadap struktur yang telah direncanakan dengan baik.

17. KAJIAN KERENTANAN STRUKTUR BANGUNAN DI LOMBOK

Mulyo Harris Pradono
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

17.1 Pendahuluan

Survei dilakukan pada tanggal 8-9 Agustus 2018. Kajian dilakukan pada struktur bangunan yang terdampak gempa tanggal 5 Agustus 2018 di Pulau Lombok. Bangunan yang dikaji mempunyai komponen struktur yang jelas terlihat (kolom, balok, dan pelat). Kajian pertama berupa masjid (Gambar 17.1) yang lokasinya disampaikan dalam Gambar 17.2. Pondasi diasumsikan bekerja dengan baik. Tujuannya adalah diperolehnya model struktur yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 17.1 Masjid Kerandangan dan ragam kerusakan pada kolom.



Gambar 17.2 Lokasi bangunan kajian pertama.

Bangunan pertama yang dikaji adalah Masjid Kerandangan di Jl. Raya Senggigi No. 16, Senggigi, Batu Layar, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat 83355, Koordinat: -8.4872830, 116.0392760 (lihat Gambar 16.2). Struktur bangunan adalah rangka beton bertulang, dengan sekat berupa tembok bata tak penuh. Jumlah lantai adalah satu dan bangunan selesai dibangun pada tahun 2014.

Terjadi kerusakan momen pada kolom akibat gaya lateral pada gedung. Ragam kerusakan ini membahayakan, karena terjadi pada ujung kolom atas dan ujung bawah. Ragam kerusakan ini berpotensi menjadi perilaku *soft story* (lantai lemah) dan dapat menimbulkan *pancaking* (satu lantai lenyap). Ragam kerusakan kolom bangunan tahan gempa semestinya adalah “*strong column weak beam*”, di mana kerusakan kolom hanya terjadi pada ujung bawah kolom lantai dasar dan pada balok, yang sengaja dibuat relatif lemah daripada bagian lainnya terhadap momen akibat gempa (seperti prinsip sekering pada teknik elektro; menggunakan istilah Profesor Iswandi Imran, ITB).

Agar bisa diketahui percepatan gempa saat mulai terjadi kerusakan pada bangunan ini, maka dibuatlah model numerik bangunan, agar strukturnya dapat dianalisis lebih lanjut. Model numerik memerlukan data berupa: kuat tekan beton, dimensi struktur (kolom, balok, dan pelat beton), dan dimensi tulangan. Pada bangunan yang rusak, kuat tekan beton diperoleh menggunakan uji hammer pada permukaan beton yang terekspos, dimensi struktur dapat diperoleh dengan meteran dan *lasermeter*, dimensi tulangan dapat diukur dan diketahui tipenya (ulir atau polos) pada bagian kolom yang rusak (Gambar 17.3 dan Tabel 17.1).



Gambar 17.3 Pengukuran kuat tekan beton dengan *hammer*, pengukuran dimensi tulangan, dan pengukuran dimensi struktur.

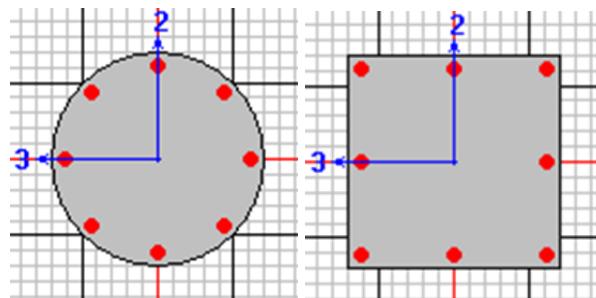
Tabel 17.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kolom dengan Hammer Test

No	Koordinat Kolom	Tipe Kolom	Bentuk	Kuat Tekan Beton (Mpa)*
1	B2	K1	Bundar	10,5
2	A2	K1	Bundar	10,5
3	C4	K2	Persegi	6,0
4	B5	K1	Bundar	9,5

*Catatan: ekivalen terhadap kuat tekan uji silinder beton

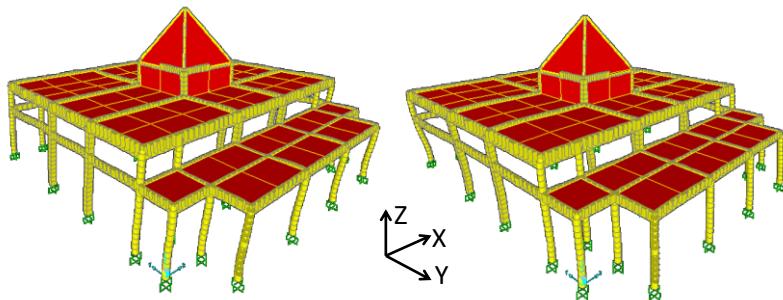
Dari hasil pengujian di atas, nilai kuat tekan beton cukup rendah, yaitu maksimum 10,5 MPa atau sekitar 105 kg/cm^2 . Untuk bangunan satu sampai dua lantai, nilai ini paling tidak adalah 20 MPa.

Dimensi tulangan dibanding dimensi kolom menunjukkan nilai yang cukup kecil. Untuk kolom berpenampang bundar, rasio antara luas penampang tulangan dan luas penampang kolom beton adalah 0,013 (mendekati 0,01: nilai minimum tulangan kolom). Pada kolom berpenampang persegi, rasionya minimum, yaitu 0,01 (Gambar 17.4).

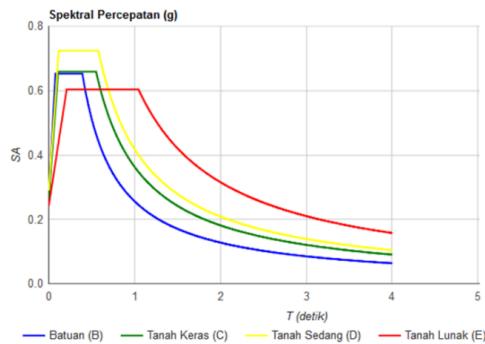


Gambar 17.4 Penampang kolom tipe bundar dan tipe persegi.

Tulangan yang digunakan pun adalah tulangan polos yang kurang dapat merekat pada beton karena permukaannya licin. Ragam getar model bangunan disampaikan pada Gambar 17.5, sedangkan desain spektrum di lokasi bangunan disampaikan dalam Gambar 17.6.

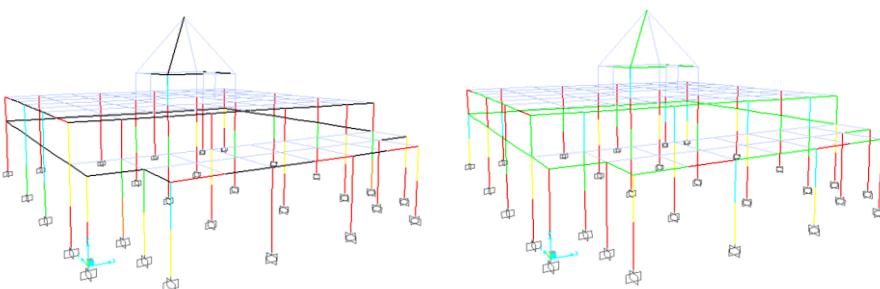


Gambar 17.5 Ragam getar model bangunan pada $T_1 = 0,52372$ detik (arah Y) dan $T_2 = 0,52141$ detik (arah X).



Gambar 17.6 Desain Spektrum di Lokasi Bangunan (Sumber: puskim.pu.go.id).

Spektrum gempa desain pada lokasi bangunan dapat diakses dari laman Kememterian PU (puskim.pu.go.id). Karena lokasi gedung berada di tanah dengan kemiringan landai, maka klasifikasi tanah diasumsikan tanah sedang (D). Pada spektrum desain ini, percepatan tanah di permukaan tanah adalah : 0,29 g. Spektral percepatan pada $T_1 = 0,52$ detik adalah 0,724 g. Gambar 17.7 menunjukkan kapasitas kolom pada arah sumbu X dan sumbu Y pada percepatan spektral 0,2g



Gambar 17.7 Kapasitas kolom terlampaui pada percepatan spectral 0,2 g pada arah X (gambar kiri) dan arah Y (gambar kanan).

Berdasarkan analisis di atas, kapasitas kolom terlampaui saat gedung mengalami percepatan sebesar 0,2g. Jika dibandingkan dengan spectral percepatan desain dari PU tersebut, maka nilai percepatan ini adalah 0,2/0,724, atau sebesar 1/3,6 dari yang distandardkan oleh Kementerian PU.

Hal di atas tidak menjadi masalah jika bangunan ini mempunyai daktilitas (kemampuan mengalami deformasi besar pasca lelehnya tulangan tanpa kehilangan kekuatan) sebesar 3,6. Akan tetapi, persyaratan daktilitas bangunan belum terpenuhi pada bangunan ini, karena tulangan bukan tulangan ulir, jarak sengkang tidak rapat di daerah momen terbesar, dan adanya *short column mechanism* akibat adanya tembok yang menempel pada kolom. Dengan kenyataan ini, diasumsikan bangunan hanya mampu menahan gaya gempa sampai percepatan spectral = 0,2 g. Dengan nilai percepatan ini dan berdasarkan spektrum desain di atas, percepatan puncak di permukaan tanah diasumsikan sebesar $0,29 \times 0,2/0,724 = 0,08$ g, atau sekitar MMI V ($0,039 - 0,092$ g).

Jadi bangunan ini diperkirakan rusak saat mengalami getaran gempa paling tidak sebesar MMI V yaitu 0,08 g (mulai mendekati MMI VI).

17.2 Diskusi

Mengapa bangunan ini tidak langsung runtuh walaupun kapasitas kolomnya terlampaui dan mekanisme kerusakannya berpotensi untuk terjadi *soft story* yang bisa menuju kepada *pancaking*?

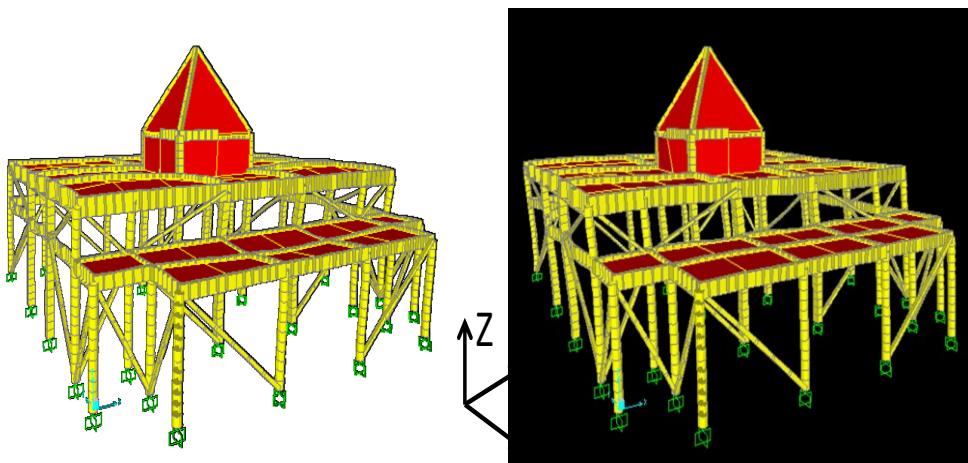
Pada saat kolom rusak, kolom berubah menjadi tidak kaku. Hal ini membuat bangunan menjadi lebih fleksibel. Akibatnya frekuensi alami bangunan mengecil dan menjauhi frekuensi dominan gempa. Dengan kata lain, tidak terjadi lagi resonansi pada bangunan akibat gempa. Dan juga kerusakan pada kolom meningkatkan peredaman energy getaran gempa.

Akan tetapi, jika bangunan ini berada di tanah lunak (yang membuat getaran gempa mempunyai frekuensi dominan lebih rendah), maka kemungkinan resonansi masih bisa terjadi. Dan jika simpangan bangunan cukup besar, dapat terjadi *P-Delta effect* yang dapat mengakibatkan *pancaking*. Untung hal ini tidak terjadi, karena bangunan ini berada di tanah sedang.

17.3 Usulan Perbaikan

Untuk meningkatkan kekuatan bangunan dalam menahan beban gempa, maka diperlukan metode perbaikan. Perbaikan yang diusulkan adalah penambahan rangka baja bresing (Gambar 17.8). Penambahan ini dimungkinkan karena tersedianya beberapa ruang kosong di antara dua kolom. Dengan adanya rangka bresing ini diharapkan beban lateral gempa di kolom dapat dibagi bersama dengan rangka bresing. Sedangkan beban vertikal struktur tetap didukung oleh kolom. Sehingga bresing tidak harus sangat kuat karena hanya membantu kolom menahan beban lateral saat gempa.

Bresing inipun dapat dibuat tidak langsung menerima beban saat terjadi gempa. Pada saat kolom mulai mengalami kerusakan besar dan simpangan antar lantai menjadi besar, maka bresing baru mulai menahan simpangan antar lantai agar tidak menjadi semakin besar. Hal ini akan mencegah terjadinya *P-Delta Effect* yang menuju kepada *pancaking*.



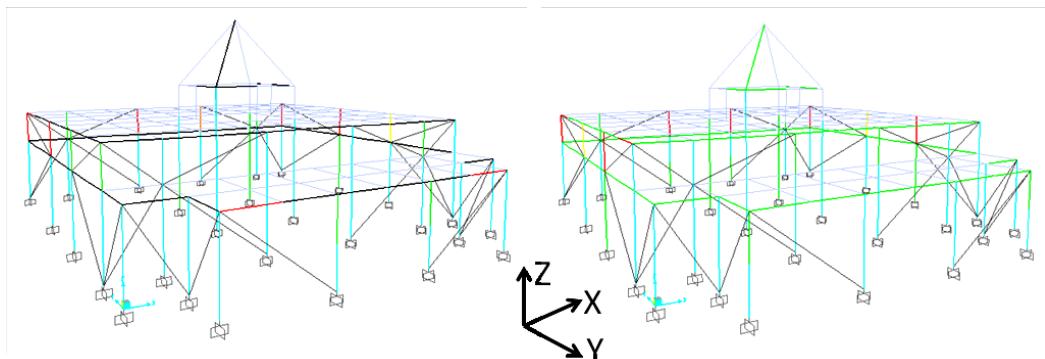
Gambar 17.8 Penambahan bresing pada model bangunan menyebabkan turunnya T1 menjadi 0,17836 detik (arah Y) dan T2 menjadi 0,13372 detik (arah X).

Aplikasi bresing dalam model gedung meningkatkan kekakuan bangunan. Ragam getar 1 arah Y yang semula $T_1 = 0,52$ detik menjadi 0,178 detik, dan ragam getar 2 arah Y yang semula $T_2 = 0,52$ detik menjadi 0,133 detik (Gambar 17.9 dan 17.10). Jika aplikasi rangka bresing pada struktur utama tidak langsung menempel pada struktur (diberi spasi), maka diharapkan periода getar bangunan dapat dijaga. Pada saat gempa besar dan struktur mengalami

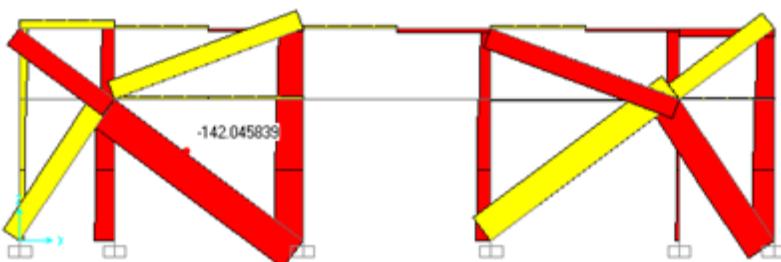
simpangan yang membahayakan, maka bresing mulai membantu menahan gaya lateral.

Dengan adanya bresing, bangunan ini lebih mampu menerima gaya gempa lebih besar, yaitu sampai lebih dari 2 kaliya dari bangunan ini jika tanpa bresing. Gaya aksial yang bekerja pada bresing yang dipasang pada sebagian rangka bangunan ini (dalam kasus ini berupa baja *hollow* ukuran luar 12 x 12 cm dan tebal 7 mm) tidak terlampaui batas kapasitasnya.

Dalam pengembangannya, dapat juga dibuat rangka bresing yang mempunyai sifat meredam energi, misalnya bresing yang daktail atau yang berperedam mekanik maupun likuid, sehingga selain sebagai penguat, juga sebagai peredam energi. Untuk aplikasi di lapangan pasca gempa Lombok ini, diperlukan studi intensif pada bangunan yang akan diperkuat.



Gambar 17.9 Kapasitas kolom belum terlampaui pada percepatan spectral 0,4 g pada arah X (gambar kiri) dan arah Y (gambar kanan).



Gambar 17.10 Gaya aksial maksimal pada bresing (pada sisi belakang gedung) sebesar 142 kN masih lebih kecil dari kapasitas bresing sebesar 390 kN.



17.4 Penutup

Bangunan kajian pertama, Mesjid Kerandangan, mulai rusak pada percepatan spectral gempa sekitar 0,2 g, atau jika dikonversikan ke percepatan permukaan tanah sekitar 0,08 g. Percepatan ini dapat dikatakan pada sekitar MMI V (0,039 – 0,092 g).

Kapasitas yang rendah ini berhubungan dengan kuat tekan beton yang relatif rendah (sekitar 10,5 MPa) dan rasio tulangan yang relatif kecil (0,013), yaitu mendekati nilai minimum rasio tulangan untuk kolom (0,01).

Direkomendasikan untuk memperbaiki bangunan ini dengan memasang bresing baja.

Pemasangan bresing di bangunan ini dapat meningkatkan kemampuan bangunan dalam menerima beban gempa sampai dengan kurang lebih 2 kalinya.

Penambahan bresing ini juga diharapkan dapat mencegah kerusakan dini pada elemen non struktural yang berpotensi menimbulkan korban juga karena elemen non struktural umumnya juga cukup berat dan berbahaya, misalnya dinding berlapis marmer, jendela besar dengan kaca, pecahan tembok bata, dan sebagainya.

Masih ada 3 bangunan lagi yang sudah dikaji pada tempat yang berbeda. Hasilnya pada prinsipnya adalah sepemahaman.

18. ANALISIS SPASIAL KERUSAKAN BANGUNAN SEKOLAH

Nuraini Rahma Hanifa¹, Astya Pamumpuni¹, Jamjam Muzaki², Ariska Rudyanto³,
Sri Hidayati⁴, Giovanni Cynthia Pradipta¹

¹Institut Teknologi Bandung, ²Seknas SPAB Kemendikbud, ³BMKG, ⁴Badan Geologi

18.1 Pendahuluan

Rangkaian Gempa Lombok 2018 berdampak pada fasilitas bangunan sekolah, baik PAUD, TK, SD, SMP, SMA maupun SMK. Salah satu sekolah yang disurvei yaitu SD 1 Gondang di Kabupaten Lombok Utara, dimana sebagian bangunan rubuh, dan sebagian lainnya rusak sedang (Gambar 18.1). Hingga tanggal 2 September 2018, Sekretariat Nasional Sekolah Aman Bencana (Seknas SPAB) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) mencatat dampak sekolah rusak akibat gempa Lombok di Lombok dan Sumbawa mencapai 1235 sekolah, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 18.2.





Gambar 18.1 Kerusakan bangunan SD 1 Gondang, Kabupaten Lombok Utara.

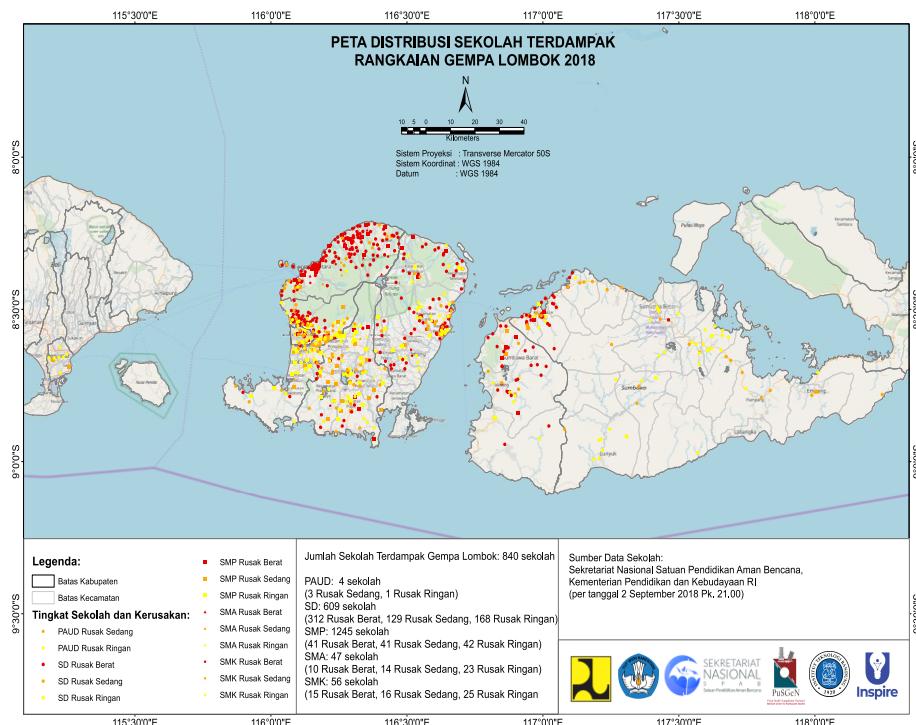


Gambar 18.2 Infografis kerusakan sekolah (Seknas dan Box Breaker, 2018).

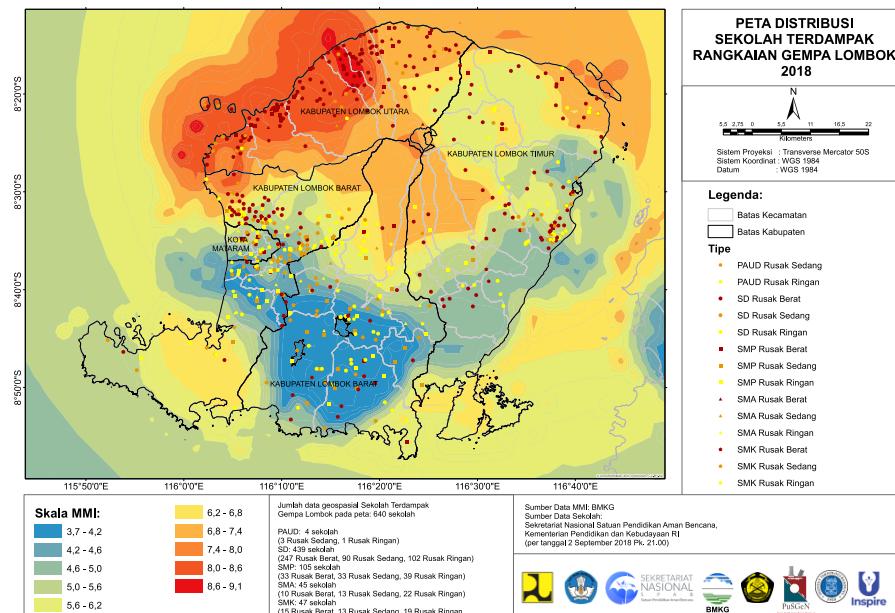
18.2 Analisis Spasial

Seknas SPAB Kemendikbud telah melakukan klasifikasi kerusakan yaitu rusak berat (warna merah), rusak sedang (warna oranye) dan rusak ringan (warna kuning), yang kemudian dipetakan untuk mendapatkan gambaran kerusakan sekolah secara spasial (Gambar 18.3). Selanjutnya dilakukan overlay sekolah rusak dengan peta Intensitas dari BMKG (Gambar 18.4), peta geologi dari Badan Geologi (Gambar 18.5), serta peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Lombok dari Badan Geologi (Gambar 18.6). Terlihat bahwa sebaran sekolah yang rusak berat tersebar di wilayah Lombok bagian utara serta sisi Barat-Utara, dengan jenis batuan alluvium, tufa batu apung serta breksi dan lava. Pada lokasi dengan jenis tanah alluvium, ditemukan terjadi kerusakan yang lebih berat, seperti lokasi mesjid yang rubuh pada Gambar 10.16. Sebaran kerusakan juga berada pada wilayah rawan bencana gempa dengan potensi intensitas VII-VIII MMI (warna kuning) yang telah dikeluarkan oleh Badan Geologi.

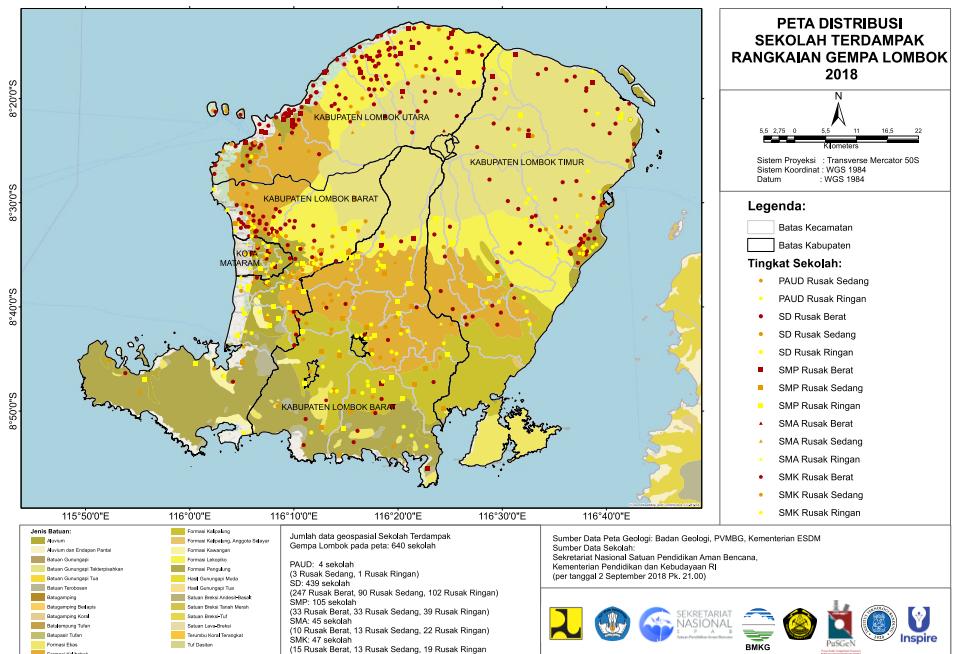
Distribusi sebaran sekolah dapat mencerminkan distribusi penduduk, dimana keberadaan sekolah mengikuti pola keberadaan penduduk. Dari hasil observasi lapangan, pada wilayah yang sekolah mengalami kerusakan, maka bangunan di sekitarnya mengalami pola kerusakan yang serupa, sehingga analisis spasial ini dapat mencerminkan kondisi kerusakan secara umum di Lombok akibat dampak rangkaian gempa Lombok. Hal ini menunjukkan perlunya upaya rehabilitasi dan rekonstruksi sekolah yang mampu menahan beban guncangan gempa hingga paling tidak intensitas VII. Diperlukan perhatian khusus pada sekolah-sekolah yang berada pada wilayah alluvium, yang dapat mengamplifikasi guncangan gempa.



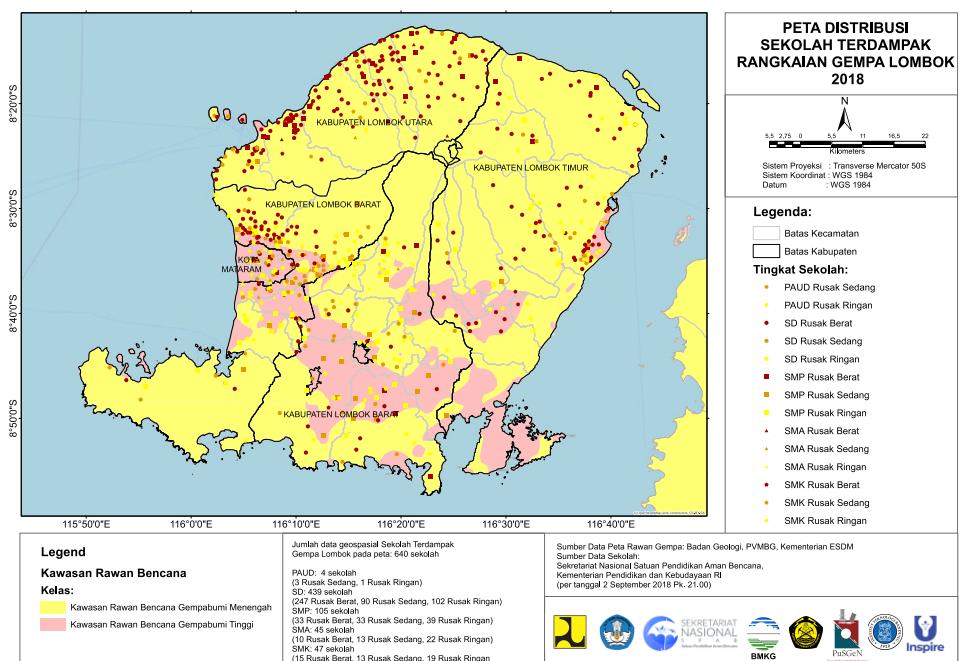
Gambar 18.3 Distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dan Sumbawa.



Gambar 18.4 Overlay distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dengan Peta Intensitas dari BMKG



Gambar 18.5 Overlay distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dengan Peta Geologi dari Badan Geologi



Gambar 18.6 Overlay distribusi spasial kerusakan sekolah di Lombok dengan Peta Kerawanan Bencana Gempa dari Badan Geologi



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

19. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

19.1 Kesimpulan

1. Rangkaian gempa Lombok 2018 ini akan menjadi bahan masukkan untuk revisi peta gempa nasional berikutnya. Untuk itu maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendetailkan sumber gempa ini serta implikasinya pada area yang berdekatan. Studi lebih lanjut untuk mendetailkan sumber gempa terdiri dari studi geologi, seismologi, geodesi dan pemetaan dasar laut untuk memahami lokasi yang tepat dari keberadaan *Back Arc Thrust* di utara Pulau Lombok.
2. Mengingat wilayah Lombok memiliki tingkat resiko yang tinggi terhadap gempa, sebaiknya rekonstruksi harus dilakukan secara serius dengan memperhatikan kondisi geoteknik dan kaidah-kaidah bangunan tahanan gempa berdasarkan ketentuan SNI yang berlaku saat ini.
3. Perlu dilakukan inspeksi pada bangunan-bangunan yang belum rusak (khususnya bangunan publik) di wilayah Lombok untuk mengidentifikasi kerawanan sistem strukturnya terhadap gempa sehingga dapat diterapkan bentuk-bentuk perkuatan yang sesuai agar struktur bangunan dapat bertahan bila terjadi gempa besar.
4. Sumber daya yang tersedia saat ini, termasuk pengetahuan dan keahlian dari kalangan akademisi dan sekolah kejuruan, perlu dioptimalkan untuk menghasilkan bangunan-bangunan yang benar-benar tahan gempa. Pendekatan perancangan dan pelaksanaan bangunan berdasarkan kebiasaan-kebiasaan lama yang cendrung kurang memperhatikan aspek-aspek bangunan tahan gempa harus mulai ditinggalkan.

19.2 Rekomendasi

1. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mendetailkan sumber gempa Lombok 2018 serta implikasinya pada area yang berdekatan.
2. Rekonstruksi harus dilakukan secara serius dengan memperhatikan kaidah-kaidah bangunan tahanan gempa berdasarkan ketentuan SNI yang berlaku saat ini.



3. Perlu dilakukan inspeksi pada bangunan-bangunan yang belum rusak (khususnya bangunan publik) di wilayah Lombok untuk mengidentifikasi kerawanan sistem strukturnya terhadap gempa sehingga dapat diterapkan bentuk-bentuk perkuatan yang sesuai agar struktur bangunan dapat bertahan bila terjadi gempa besar.
4. Sumber daya yang tersedia saat ini, termasuk pengetahuan dan keahlian dari kalangan akademisi dan sekolah kejuruan, perlu dioptimalkan untuk menghasilkan bangunan-bangunan yang benar-benar tahan gempa.
5. Pendekatan perancangan dan pelaksanaan bangunan berdasarkan kebiasaan-kebiasaan lama yang cenderung kurang memperhatikan aspek-aspek bangunan tahan gempa harus mulai ditinggalkan.
6. Perlunya kontinuitas penanganan tanggap darurat secara cepat/tepat (TES, logistik, kesehatan, dll.). Perlunya pemulihian trauma masyarakat dan penyediaan informasi yang akurat untuk menangkal berbagai berita palsu/hoax.
7. Prosedur peringatan dini tsunami dari gempa lokal (*nearfield tsunami*), perlu dievaluasi kembali (besaran, durasi, dan lokasinya), untuk menghindari ketidakpastian yang terlalu lama di masyarakat.
8. Perlunya survei lanjutan yang lebih detil terkait situasi/kondisi Penyintas dan infrastuktur pokok yang diperlukan, serta fenomena tektonik *uplift* dan *subsidence* perubahan morfologi daratan/pantai.
9. Perlunya peningkatan koordinasi/sinergi antar otoritas-pakar di K/L dan komunitas agar program PRB ke depan lebih efektif. Serta, perlunya gerakan sosialisasi masif anti berita palsu dan pembangunan rumah tahan gempa (misalnya: pentingnya kolom untuk rumah tahan gempa, dll.).
4. Melakukan mikrozonasi hazard dan risiko gempa untuk kota-kota besar dan padat penduduk di Indonesia beserta rencana daruratnya (contingency plan).
5. Perlu membentuk tim ahli bangunan gedung (TABG) di setiap ibukota propinsi. Tim ini akan membantu pemerintah daerah dlm perancangan dan pelaksanaan pembangunan bangunan tahan gempa. Pelaksanaanya bisa mencontoh yang sudah lama dipraktekkan di DKI Jakarta. Pemberdayaan TABG ini merupakan amanat undang-undang di setiap kota/wilayah.

6. Perlunya membentuk TABG di setiap ibukota propinsi untuk membantu pemerintah daerah dalam perancangan dan pelaksanaan pembangunan bangunan tahan gempa mencontoh yang sdh lama dipraktekkan di DKI Jakarta. Dimana pemberdayaan TABG ini merupakan amanat undang-undang di setiap kota/wilayah.
7. Perlunya membentuk semacam komite atau komisi khusus yg mengatur, mengawasi dan ikut memantau pembangunan gedung/gedung tinggi di Indonesia.
8. Perlunya membentuk semacam komite atau komisi khusus yg mengatur, mengawasi, dan ikut memantau pembangunan gedung/gedung tinggi di Indonesia.



PuSGeN
Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)
Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Balitbang PUPR

REFERENSI

- Agustawijaya, D. S. (2006). Aspek-Aspek Geologi Teknik dan Kegempaan dalam Analisis Resiko Gempabumi. Orasi Ilmiah dalam Rangka Dies Natalis Universitas Mataram ke-44, 2 Oktober 2006.
- Agustawijaya, D. S., Sulistyowati, T., Suroso, A., Hadi, S. (2005). Pengkajian Bhaya Longsor Tipe Jatuh Batuan (Rockfall). Laporan Tahap I Penelitian Hibah Bersaing, Direktorat jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- Andi, M. S., Atmawinata, S., Hermanto, B., Amin, T. C. (1994). Peta Geologi Lembar Lombok, Nusa Tenggara (in Indonesia). Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726-2012)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*.
- BMKG. (2018). Gempabumi Susulan Lombok. Personnal Communication.
- BNPB. (2018). Laporan Dampak dan Penanganan Gempabumi Lombok 2018.
- BSSC. (2003). NEHRP Recommended provisions for Seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450). New York, America.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2003). Pedoman Teknis Pemeriksaan Awal Kerusakan BangunanBeton Bertulang Akibat Gempa, No. Pd T-11-2004.
- Djadja. (2008). *Laporan Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Pulau Lombok Bagian Barat dan Sekitarnya, Nusa Tenggara Barat*. Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Irsyam, M., Widiyantoro, S., Natawidjaja, D.N., Meilano, I., Rudyanto, A., Hidayati, S., Triyoso, W., Hanifa, N.R., Djarwadi, D., Faizal, L., Sunarjito. (2017). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



- Kertapati, E. K. A., Soehaimi, A., Djuhanda, Efendi, I. (1998). *Peta Seismotektonik Indonesia*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Luthfi, A. (2008). *Laporan Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Pulau Lombok Bagian Timur dan Sekitarnya, Nusa Tenggara Barat*. Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Mangga, S. A, Atmawinata, S., Hermanto, B., Setiogroho, B., Amin, T.C. (1994). Peta Geologi Lembar Lombok, Nusa Tenggara Barat, Skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using micrometer on the ground surface. *Quately Report of The Railway Technical Research Institute, Tokyo*, 30, 25-33.
- Nakamura, Y. (2000). *Clear Identification of FUNDamental Idea od Nakamura's Technique and It's Application*. Tokyo University, Japan.
- Omang, A., Indra B. (2012). *Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Slmandjuntak, T. O. (2004). Tektonika (Publikasi Khusus). Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, ISSN 0852-873X.
- Supartoyo, Surono, Tofani, E. (2014). Katalog Gempa Merusak Indonesia Tahun 1612 - 2014 (Edisi Kelima). Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Yeats, R. S., Sieh, K., Allen, C. R. (1997). *The Geology of Earthquake*. Oxford University Press.
- Zhao, J. X., Irikura, K., Zhang, J., Fukushima, Y., Somerville, P. G., Asano, A., Saiki, T., Okada, H., Takahashi, T. (2004). Site Classification for Strong-Motion Stations in Japan Using H/V Response Spectral Ratio. *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver: Canada.



Pusat Studi Gempa Nasional
National Center for Earthquake Studies

Kesekretariatan :
Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Badan Penelitian dan Pengembangan
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Gedung Graha Wiksa Praniti, Jl. Turangga No. 5-7, Bandung



PUSAT LITBANG PERUMAHAN DAN PERMUKIMAN

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

Jl. Panyaungan – Cileunyi Wetan – Kabupaten Bandung 40393
Telp:(022) 7798393 (4 lines) - Fax: (022) 7798392,
Email: info@puskim.pu.go.id, Website: <http://puskim.pu.go.id>

ISBN 978-602-5489-13-6



9 78602 489136