

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Komposisi tanah dalam keadaan asli (b) Skematik tiga fase tanah ...	II-2
Gambar 2.2 Tegangan-tegangan yang bekerja dalam tanah	II-6
Gambar 2.3 Detail alat CPTu (after Zuidberg, 1988)	II-9
Gambar 2.4 Klasifikasi tanah berdasarkan data CPTu (Robertson et al, 1968).....	II-9
Gambar 2.5 Lempeng tektonik yang terbentuk akibat aktivitas pergeseran batas lempeng	II-11
Gambar 2.6 Jenis-Jenis fault	II-13
Gambar 2.7 Peta Gempa Indonesia 2017	II-13
Gambar 2.8 (a) Gelombang P (b) Gelombang S	II-14
Gambar 2.9 (a) Gelombang love (b) Gelombang Rayleigh	II-15
Gambar 2.10 Skala intensitas gempa MMI, RF, JMA, dan MSK.....	II-16
Gambar 2.11 (a) Idealisasi elemen tanah pada saat gempa (b) Variasi tegangan geser dan response analysis (Seed & Idriss, 1966)	II-20
Gambar 2.12 Bangunan apartemen yang mengalami penurunan dan rotasi akibat gempa Niigata 1964 (photo: <i>National Information Service for Earthquake Engineering,</i> <i>University of California, Berkeley</i>)	II-24
Gambar 2.13 Pasir di dalam sumur akibat likuifaksi (Ishihara et. al, 1992).....	II-25
Gambar 2.14 Pergerakan lateral sepanjang pinggiran sungai (wakamatsu et. al, 1991)	II-27
Gambar 2.15 Deformasi dinding dermaga dan runtuhnya crane di Pulau Port setelah gempa Kobe, 1995	II-28
Gambar 2.16 Bangunan yang mengalami kegagalan pondasi akibat likuifaksi di Kota Meulaboj, Aceh 2004.....	II-29

Gambar 2.17 Semburan pasir dari dalam tanah dan sumur warga (foto milik Masyur Irsyam).....	II-30
Gambar 2.18 Fenomena <i>differential settlement</i> pada gedung akibat <i>cyclic mobility</i>	II-31
Gambar 2.19 Fenomena <i>lateral spreading</i> di Jalan Samudera, Padang.....	II-31
Gambar 2.20 Proses terjadinya Sand Blows pada lapisan tanah akibat gempa bumi	II-34
Gambar 2.21 Metode untuk menentukan potensi likuifaksi (Seed & Idriss, 1982)..	II-37
Gambar 2.22 Grafik hubungan antara jarak episentral dengan magnitude gempa. (Ambraseys, 1988).....	II-38
Gambar 2.23 Identifikasi tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi dengan grafik Tsuchida (1970).....	II-40
Gambar 2.24 Klasifikasi tanah untuk identifikasi potensi likuifaksi dari uji sondir Robertson & Campanella, (1983).....	II-41
Gambar 2.25 Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	II-45
Gambar 2.26 <i>Window input manager</i> dari <i>software ProShake 2.0 educational version</i>	II-46
Gambar 2.27 <i>Window solution manager</i> dari <i>software ProShake 2.0 educational version</i>	II-46
Gambar 2.28 <i>Window output manager</i> dari <i>software ProShake 2.0 educational version</i>	II-47
Gambar 2.29 Korelasi nilai r_d terhadap kedalaman (Seed & Idriss, 1971).....	II-49
Gambar 2.30 Kurva hubungan CSR dengan $qC1N$ (Robertson & Wride, 1998).....	II-50
Gambar 2.31 Kurva untuk menentukan tipe tanah (Robertson, 1990).....	II-52
Gambar 2.32 Faktor koreksi karakteristik butiran pasir bersih (Robertson & Wride, 1998)	II-54

Gambar 2.33 Faktor skala magnitude untuk penentuan MSF (Youd & Noble, 1997)	II-55
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian fenomena likuifaksi di Kota Palu.....	III-2
Gambar 3.2 Peta lokasi analisis potensi likuifaksi.....	III-2
Gambar 3.3 Diagram alir Penelitian Analisis Potensi Likuifaksi.....	III-4
Gambar 3.4 Diagram alir Perhitungan Tegangan Geser Siklik (CSR).....	III-12
Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Tahanan Geser Siklik (CRR).....	III-13
Gambar 3.6 Diagram Alir Perhitungan Faktor Keamanan Likuifaksi (SF) & <i>Liquefaction Potential Index</i> (LPI).....	III-14
Gambar 4.1 Pelat tektonik Pulau Sulawesi (Hall & Wilson, 2000).....	IV-2
Gambar 4.2 Sebaran sesar di Sulawesi (Daryono, 2016).....	IV-2
Gambar 4.3 Kelurusan di sepanjang lembah Palu-Koro (garis warna merah muda), mulai dari Teluk Palu hingga Teluk Bone berdasarkan analisis data citra SRTM. Arah kelurusan dominan utara – barat laut dan selatan – tenggara.....	IV-6
Gambar 4.4 Jalur Sesar dan Sebaran Mata air panas.....	IV-7
Gambar 4.5 Gawir sesar berarah N 330°E yang terdapat pada zona muka pegunungan di Kampung Kabunena, Desa Wolujadi, Kota Palu.....	IV-8
Gambar 4.6 Morfologi perbukitan linier berarah utara – barat laut dan selatan – tenggara yang mencerminkan keberadaan Sesar Palu Koro di Teluk Palu.....	IV-9
Gambar 4.7 Kenampakan kekar gerus pada batuan lava tersingkap di Kecamatan Palu Barat, Kota Palu.....	IV-10
Gambar 4.8 Peta Morfologi Kota Palu, Sulawesi Tengah.....	IV-12
Gambar 4.9 Peta sebaran pusat gempa bumi dan tahun kejadian di Sulawesi.....	IV-13
Gambar 4.10 <i>Shakemap</i> Gempa Donggala – Palu, Sulawesi Tengah 28 September 2018	IV-16

Gambar 4.11 Peta Perindahan Sesar Palu-Koro akibat gempa bumi 28 September 2018 (Sotiris, 2018)	IV-18
Gambar 4.12 <i>Ground Cracking</i> di Jl. Lasoso, Lolu, Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah	IV-19
Gambar 4.13 <i>Building offset</i> yang terjadi di beberapa rumah warga terdampak gempa bumi Donggala-Palu	IV-19
Gambar 4.14 Potongan Melintang Teluk Palu	IV-20
Gambar 4.15 a. Daerah terdampak tsunami b. Arah gerakan air saat terjadi tsunami.....	IV-21
Gambar 4.16 Longsor yang terjadi di Teluk Palu pada garis sesar yang menyebabkan tsunami.....	IV-22
Gambar 4.17 Pantai Wisata Palu Timur sebelum gempa bumi.....	IV-24
Gambar 4.18 Pantai Wisata Palu Timur sesudah gempa bumi	IV-24
Gambar 4.19 Pelabuhan Wani Pantoloan sebelum gempa bumi	IV-25
Gambar 4.20 Pelabuhan Wani Pantoloan sesudah gempa bumi	IV-25
Gambar 4.21 Hotel Mecure sebelum gempa bumi.....	IV-26
Gambar 4.22 Hotel Mercure sesudah gempa bumi	IV-26
Gambar 4.23 Jembatan Ponulele sebelum gempa bumi.....	IV-27
Gambar 4.24 Jembatan Ponulele sesudah gempa bumi	IV-27
Gambar 4.25 Peta lokasi penelitian fenomena likuifaksi di Kota Palu.....	IV-29
Gambar 4.26 Jarak Lokasi likuifaksi terhadap Sesar Palu-Koro	IV-29
Gambar 4.27 Peta muka air tanah dan Peta geologi teknik Kota Palu, Sulawesi Tengah	IV-31
Gambar 4.28 Gradien di Lokasi Likuifaksi Desa Balaroa, Sulawesi Tengah.....	IV-31
Gambar 4.29 Wilayah Perumas Balaroa yang mengalami likuifaksi.....	IV-32

Gambar 4.30 Keadaan rumah warga sebelum terjadi gempa dan likuifaksi.....	IV-33
Gambar 4.31 Keadaan Perumnas Balaroa yang telah rata dengan tanah akibat <i>flow liquefaction</i>	IV-33
Gambar 4.32 Rumah penduduk di sekitar Jl. Seruni Raya sebelum gempa bumi ...	IV-34
Gambar 4.33 Jalan runtuh akibat <i>flow liquefaction</i>	IV-34
Gambar 4.34 Mahkota longsor yang terbentuk setelah <i>flow liquefaction</i> di Perumnas Balaroa, Kota Palu – Sulawesi Tengah.....	IV-35
Gambar 4.35 Terlihat perpindahan lokasi masjid kuning sejauh 218m	IV-36
Gambar 4.36 Menara masjid yang mengalami runtuh setelah terseret oleh aliran tanah likuifaksi	IV-36
Gambar 4.37 Tanah pasir dipermukaan tanah setelah lokasi mengalami likuifaksi	IV-37
Gambar 4.38 Aliran air yang menunjukkan tingginya muka air tanah di lokasi likuifaksi	IV-38
Gambar 4.39 Rumah 2 lantai sebelum mengalami ambles	IV-39
Gambar 4.40 Lantai dasar rumah pada Gambar 4.39 yang ambles akibat pergerakan gelombang permukaan.....	IV-39
Gambar 4.41 Rumah yang tertarik kedalam tanah akibat pergerakan <i>love wave</i>	IV-40
Gambar 4.42 Wilayah Desa Petobo, Kota Palu – Sulawesi Tengah	IV-40
Gambar 4.43 Wilayah Desa Petobo yang mengalami <i>flow liquefaction</i> akibat gempa bumi 28 September 2018	IV-41
Gambar 4.44 Tampak kerusakan akibat <i>flow liquefaction</i> di Desa Petobo, Sulawesi Tengah	IV-42
Gambar 4.45 Petobo Atas yang telah rata akibat <i>flow liquefaction</i> yang menyeret semua bangunan yang ada di atasnya	IV-43

Gambar 4.46 Data hasil CPTu di Desa Petobo atas, Kota Palu – Sulawesi Tengah	IV-44
Gambar 4.47 Aliran air dipermukaan tanah dan tanah pasir yang terdapat pada lokasi terdampak likuifaksi	IV-44
Gambar 4.48 Saluran Irigasi Gumbasa di Desa Petobo sebelum terjadi Gempa	IV-45
Gambar 4.49 Saluran Irigasi yang menjadi kering dan terdapat retakan tanah akibat <i>lateral spreading</i>	IV-46
Gambar 4.50 Titik awal dan celah-celah permukaan tanah di jembatan akibat lateral spreading.....	IV-47
Gambar 4.51 Jalan rusak dan bergelombang akibat <i>lateral spreading</i>	IV-47
Gambar 4.52 Tanah yang mengalami kemiringan dan terputus akibat <i>lateral spreading</i>	IV-48
Gambar 4.53 Perumahan Petobo sebelum gempa bumi 28 September 2018.....	IV-48
Gambar 4.54 Pergerakan gelombang permukaan <i>rayleigh</i>	IV-49
Gambar 4.55 Rumah-rumah yang runtuh setelah terjadi gempa bumi 28 September 2018	IV-49
Gambar 4.56 Rumah yang masih tetap berdiri ketika di bawa oleh tanah yang mengalir saat terjadi likuifaksi. Tumpukan lumpur dan bangunan setinggi 4.5 m sebelum dilakukan pengurukan.....	IV-50
Gambar 4.57 Sebelum gempa bumi pekarangan rumah dan persawahan yang masih ditumbuhi dengan tanaman dan pohon-pohon yang masih berdiri tegak	IV-50
Gambar 4.58 Setelah gempa bumi banyak tumbuhan yang runtuh dan tanah terbagi menjadi dua dan amblas.....	IV-51
Gambar 4.59 Rumah Sakit Bersalin Nasanapura sebelum gempa bumi 28 September 2018	IV-52

Gambar 4.60 Keadaan Rumah Sakit yang merupakan titik akhir <i>flow likuifaction</i> .	IV-52
Gambar 4.61 Tanah asli yang terbawa oleh aliran lumpur saat likuifaksi yang berhenti tepat di depan Rumah Sakit Bersalin Nasanapura	IV-53
Gambar 4.62 Data hasil CPTu di Petobo Bawah (Rumah Sakit Bersalin Nasanapura), Kota Palu – Sulawesi Tengah	IV-53
Gambar 4.63 Area Saluran Irigasi Gumbasa Desa Jono Oge yang mengalami <i>flow liquefaction</i>	IV-54
Gambar 4.64 Rumah yang bertahan ditengah aliran lumpur akibat <i>flow liquefaction</i> yang terjadi disekitarnya.....	IV-55
Gambar 4.65 Estimasi perpindahan yang terjadi akibat <i>flow liquefaction</i>	IV-55
Gambar 4.66 SPBU Desa Lolu, Kecamatan Jono Oge yang mengalami kerusakan akibat likuifaksi	IV-56
Gambar 4.67 Disisi samping SPBU Desa Lolu yang terangkat cukup tinggi dari keadaan awal.....	IV-56
Gambar 4.68 Sisi depan dari SPBU Desa Lolu yang mengalami kerusakan akibat Lateral Spering	IV-58
Gambar 4.69 Mini Market SPBU Desa Lolu yang amblas akibat penurunan tanah saat terjadi gempa bumi	IV-59
Gambar 4.70 Toilet SPBU Desa Lolu yang terpisah dari bagian bangunan lainnya dan kemiringan bangunan yang cukup ekstream.....	IV-59
Gambar 4.71 Persawahan di seberang SPBU Desa Lolu sebelum terjadi gempa bumi	IV-60
Gambar 4.72 Area persawahan yang mengalami <i>lateral spreading</i> , <i>sand blows</i> dan <i>flow liquefaction</i>	IV-61

Gambar 4.73 Rumah yang terletak di seberang SPBU Desa Lolu mengalami runtuh dan retak-retak akibat <i>lateral spreading</i>	IV-62
Gambar 4.74 Rumah yang mengalami kerusakan akibat <i>lateral spreading</i>	IV-63
Gambar 4.75 Perumahan BTN Jono Oge.....	IV-63
Gambar 4.76 Perumahan BTN yang mengalami kerusakan akibat likuifaksi	IV-64
Gambar 4.77 Saluran Irigasi Gumbasa di Sibalaya, Kota Palu – Sulawesi Tengah	IV-65
Gambar 4.78 Saluran Irigasi yang kering dan mengalami <i>lateral spreading</i>	IV-66
Gambar 4.79 Batasan Saluran Irigasi dengan rumah warga yang mengalami likuifaksi	IV-66
Gambar 4.80 Pintu Air Saluran Irigasi Gumbasa yang mengalami kerusakan akibat likuifaksi	IV-67
Gambar 4.81 Area Saluran Irigasi Gumbasa setelah likuifaksi	IV-67
Gambar 4.82 <i>Lateral spreading</i> di jalan yang melewati Saluran Irigasi Gumbasa .	IV-68
Gambar 5.1 Peta Geologi Teknik Kota Palu, Sulawesi Tengah.....	V-3
Gambar 5.2 Historis Gempa Bumi Kota Palu, Sulawesi Tengah 100 tahun.....	V-4
Gambar 5.3 Analisis Kriteria Historis Gempa Bumi di Desa Petobo, Kota Palu – Sulawesi Tengah.....	V-5
Gambar 5.4 <i>Sieve Analysis</i> dengan menggunakan grafik Tsucida (1970)	V-7
Gambar 5.5 Identifikasi potensi likuifaksi dari uji CPTu 01a berdasarkan nilai <i>friction ratio</i> dan <i>cone bearing</i> (Robertson & Campanella, 1983).....	V-8
Gambar 5.6 Identifikasi potensi likuifaksi dari uji CPTu 01 berdasarkan nilai <i>friction ratio</i> dan <i>cone bearing</i> (Robertson & Campanella, 1983).....	V-9
Gambar 5.7 Identifikasi potensi likuifaksi dari uji CPTu 02 berdasarkan nilai <i>friction ratio</i> dan <i>cone bearing</i> (Robertson & Campanella, 1983).....	V-9
Gambar 5.8 Data hasil pengujian CPTu titik 01a di Petobo Atas	V-14

Gambar 5.9 Data hasil pengujian CPTu titik 01 di Petobo Atas.....	V-16
Gambar 5.10 Data hasil pengujian CPTu titik 02 di Petobo Bawah (Belakang Rumah Sakit Nasanapura).....	V-18
Gambar 5.11 Grafik perilaku tanah berdasarkan data CPTu	V-20
Gambar 5.12 Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun untuk Kota Palu, Sulawesi Tengah.....	V-31
Gambar 5.13 <i>Window input</i> data profile tanah berdasarkan Data CPTu 01a.....	V-32
Gambar 5.14 <i>Window input</i> data motion berdasarkan Peta <i>Hazard</i> Gempa Indonesia 2017	V-33
Gambar 5.15 <i>Window Solution manager</i> pada <i>Software ProShake 2.0</i>	V-34
Gambar 5.16 <i>Window Output manager</i> pada <i>Software ProShake 2.0</i>	V-35
Gambar 5.17 Grafik Time History dengan PGA 1.0g.....	V-36
Gambar 5.18 a. Grafik Respons Spektrum dengan PGA 1.2g, b. Grafik <i>Depth Plot Peak Acceleration</i> dengan PGA 1.2g	V-37
Gambar 5.19 Grafik hasil pembacaan <i>Magnitude Scaling Factor</i> (MSF)	V-53