

Luminenx

EDISI
04
FEB-MAR 2019

MAJALAH DWIBULANAN
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

**Rector Cup
UKI 2019**

**National
Moot Court
Competition
di UKI**

**Peningkatan
Kompetensi
Guru Indonesia
di Era Revolusi
Industri 4.0**

**Ade Rai:
"Segalanya Tidak Bisa Diraih
Tanpa Sehat"**



KETIKA BUMI TIDAK LAGI DAPAT DIPIJAK

Belajar dari Bencana Gempa dan Likuifaksi Palu oleh Lolom E. Hutabarat

"Kawan coba dengar apa jawabnya ketika ia kutanya mengapa Bapak ibunya telah lama mati ditelan bencana alam ini"

Kutipan di atas adalah sepenggal lagu dari Ebiet G. Ade yang sangat terkenal di awal era tahun 1980 bahkan sampai saat ini.

Lagu ini terinspirasi oleh meletusnya kawah beracun Sinila di Dieng, Jawa Tengah pada 1979 yang menelan korban setidaknya 149 jiwa. Sejak itu bencana demi bencana alam terus melanda Indonesia karena wilayah Indonesia yang merupakan rawan gempa. Bencana yang lebih dahsyat kemudian terjadi di penghujung tahun lalu dengan peristiwa gempa bumi di wilayah Palu Donggala pada tanggal 28 September 2018.

Bencana alam yang terjadi kali ini merupakan peristiwa yang sangat khusus karena gempa juga diikuti dengan tsunami dan likuifaksi (pergerakan tanah) sehingga korban jiwa mencapai 2.256 serta 1.309 hilang menurut data BNPB (21/10/2018). Selain itu bangunan dan infrastruktur

yang juga hancur atau rusak akibat bencana diantaranya 68.451 unit rumah, 327 unit rumah ibadah, 265 unit sekolah, 78 unit perkantoran, 362 unit toko, 168 titik jalan rusak/retak serta 7 unit jembatan hancur¹. Peristiwa ini meninggalkan duka yang sangat mendalam bukan saja bagi masyarakat Indonesia tapi juga bagi dunia. Kejadian gempa yang diikuti oleh peristiwa likuifaksi bukanlah sesuatu hal yang sering terjadi baik di Indonesia ataupun di belahan dunia lain. Masyarakat perlu memahami apa yang dimaksud dengan peristiwa likuifaksi sehingga bisa mengantisipasi kejadian serupa di masa mendatang.

Fenomena Likuifaksi

Peristiwa likuifaksi di Palu mengundang banyak perhatian dari para peneliti karena merupakan kejadian yang termasuk langka dunia. Khususnya karena likuifaksi tersebut bersifat masif dan telah menimbulkan tingkat kerusakan yang sangat tinggi serta korban jiwa yang sangat banyak. Untuk itu perlu diberikan pemahaman apa yang disebut dengan likuifaksi. Fenomena likuifaksi ini mulai menarik para peneliti setelah gempa bumi Niigata di Jepang tahun 1964 dan

¹ <http://kaltim.tribunnews.com/2018/10/21/info-terkini-gempa-palu-korban-terwas-2256-orang-danmasih-hilang-1309-orang-berikut-rinciannya>.

"Pencairan tanah atau likuifaksi tanah (soil liquefaction) adalah fenomena yang terjadi ketika tanah yang jenuh air atau agak jenuh kehilangan kekuatan dan kekakuan akibat adanya peningkatan tegangan yang sangat besar secara tiba-tiba"

Alaska tahun 1964. Pencairan tanah ini juga menjadi faktor utama kerusakan di Distrik Marina San Francisco setelah gempa bumi Loma Prieta tahun 1989 dan di Pelabuhan Kobe akibat gempa bumi Hanshin tahun 1995. Pencairan terakhir yang mengakibatkan kerusakan besar menimpa perumahan di timur pinggiran kota dan kota satelit Christchurch, Selandia Baru, setelah gempa bumi Canterbury 2010 dan 2011².

Pencairan tanah atau likuifaksi tanah (soil liquefaction) adalah fenomena yang terjadi ketika tanah yang jenuh air atau agak jenuh kehilangan kekuatan dan kekakuan akibat adanya peningkatan tegangan yang

² https://id.wikipedia.org/wiki/Pencairan_tanah

sangat besar secara tiba-tiba, misalnya getaran akibat gempa bumi dengan *magnitude* yang cukup besar atau perubahan tegangan lain secara mendadak, sehingga tanah yang padat berubah perilakunya menjadi seperti fluida atau cairan dan kehilangan kekuatan dukungannya. Fenomena ini paling sering diamati pada tanah berpasir



Perpindahan Lateral Tanah (*Lateral Spread*) di Sigi

yang jenuh dan tidak padat (*loose*). Ini karena pasir lepas merupakan jenis tanah yang tidak memiliki ikatan antar butiran (*cohesionless*) serta memiliki kecenderungan untuk memampat ketika mengalami tegangan. Jika tanah jenuh dengan air, suatu kondisi yang sering terjadi ketika tanah berada di bawah permukaan air tanah atau permukaan laut, maka air mengisi kesenjangan di antara butir-butir tanah (rongga atau pori tanah). Sebagai respon terhadap tanah yang memampat, air ini meningkatkan tekanan dan mencoba untuk mengalir keluar dari tanah ke zona bertekanan rendah (biasanya ke atas menuju permukaan tanah). Tapi, jika peningkatan tegangan berlangsung cepat dan cukup besar, serta diulangi berkali-kali (contoh getaran gempa bumi dan gelombang badai), maka air tidak sempat mengalir keluar sesuai waktunya sebelum siklus pembebanan berikutnya terjadi. Tekanan air pori eksese tersebut dapat bertambah melebihi tekanan kontak antara butir-butir tanah yang menjaga

mereka tetap saling bersentuhan satu sama lain. Kontak antara butir-butir ini merupakan media pemindahan berat bangunan dan lapisan tanah di atas dari permukaan tanah ke lapisan tanah atau batuan pada lapisan yang lebih dalam. Hal ini menyebabkan tanah kehilangan semua kekuatannya (kemampuan untuk memindahkan tegangan geser) dan fenomena ini terlihat seperti mengalir menyerupai cairan maka disebut pencairan tanah (*likuifaksi tanah*). Kejadian likuifaksi di Palu merupakan penyebab utama kerusakan rumah dan infrastruktur di atasnya. Umumnya kejadian likuifaksi didahului oleh peristiwa yang disebut dengan *sand boil* atau naiknya lapisan pasir ke permukaan tanah.

Naiknya Lapisan Pasir ke Permukaan



Perpindahan Lateral Tanah (*Lateral Spread*) di Sigi

Sand boil atau keluarnya pasir dari bawah permukaan tanah tidak selalu menyebabkan keruntuhan tanah tetapi mengindikasikan bahwa di bawah permukaan tanah terjadi likuifaksi. Hal ini terjadi karena air yang naik ke permukaan tanah akibat peningkatan tegangan air pori eksese tersebut membawa material pasir dari bawah. Air bertekanan tinggi yang muncul di lapisan permukaan tanah yang tidak mengalami likuifaksi dan membawa tanah sedimen untuk kemudian diendapkan seperti kerucut berkawah yang terbentuk dalam jumlah

yang besar. Sehingga seringkali terjadi perpindahan secara lateral di bagian permukaan tanah.

Perpindahan Lateral

Perpindahan lateral (*lateral spread*) adalah pergerakan blok-blok tanah dalam arah

lateral sebagai dampak dari likuifaksi yang terjadi karena tanah lapisan bawah kehilangan kekuatan gesernya. Perpindahan lateral merupakan hasil kombinasi akibat gaya gravitasi dan gaya-gaya inersia yang ditimbulkan oleh gempa pada lereng yang relatif landai. Tingkat kerusakan yang terjadi tergantung pada berapa jauh perpindahan lateral yang terjadi serta posisi bangunan dan infrastruktur yang ada di permukaan tanah. Peralihan lateral tersebut bisa mencapai beberapa meter seperti yang terjadi di Sigi dan Balaroa³. Di beberapa lokasi dimana tegangan geser pada lapisan tanah di permukaan justru selalu naik terhadap regangan geser ketika terjadi likuifaksi maka yang terjadi adalah *cyclic mobility* dan bukan *lateral spread*. Pada *cyclic mobility* semakin besar regangan geser maka tegangan geser juga semakin besar dan kondisi tanah makin kuat. Deformasi yang ditimbulkan oleh *cyclic mobility* umumnya terbatas dan serupa dengan perpindahan lateral.

Likuifaksi Mengalir

Pada struktur tanah dalam kondisi lepas (lereng alam dan lereng buatan) akan mengalami penurunan kuat geser

³ Seminar Rehabilitasi dan Mitigasi Bencana Gempa Palu 28 September 2018 Unpar Bandung



Sumber: <http://www.technindonesia.com>

yang cukup besar diikuti dengan regangan geser yang sangat besar saat peristiwa likuifaksi terjadi. Ketika tegangan geser yang terjadi di lapangan akibat gaya gravitasi dan beban bangunan di atasnya lebih besar dari kuat geser residual tanah saat terjadi likuifaksi maka tanah bisa mengalir sangat jauh. Syarat terjadinya likuifaksi adalah pada tanah pasir (*cohesionless*) yang tidak banyak mengandung lempung. Likuifaksi mengalir dapat mengakibatkan keruntuhan fatal, yang dapat dicirikan dengan pergerakan yang besar dan cepat sehingga menyebabkan dampak kerusakan yang hebat sebagaimana yang terjadi di Sulawesi Tengah meliputi wilayah Palu, Balaroa, Petobo, dan Sigi.

Likuifaksi di Palu

Hasil kunjungan tim PKM Prodi Teknik Sipil FT UKI pada tanggal 14-21 Oktober 2018 menemukan

di wilayah Balaroa terdapat lapisan pasir halus yang mendominasi wilayah tersebut. Kondisi ini memenuhi syarat untuk terjadinya likuifaksi akibat gempa yang terjadi dengan $M=7,4$ (BMKG) yang berpusat 26 Km dari Donggala. Gempa terjadi pada sesar Palu-Koro yang membentang utara-selatan di sepanjang tepi Teluk Palu sehingga menyebabkan terjadinya tsunami, longsor, likuifaksi dan perpindahan lateral (*lateral spread*). Wilayah Balaroa merupakan daerah yang mengalami likuifaksi terparah dibandingkan daerah yang lainnya.

Secara umum kondisi geologi regional kota Palu merupakan endapan alluvium dan deposit pantai. Endapan ini terdiri dari kerikil, pasir, lumpur, dan batu kapur karang. Endapan ini terbentuk di sungai dangkal, delta dan lingkungan laut. Berdasarkan peta geologi Palu⁴ (Sukanto, 1995) menunjukkan bahwa keberadaan ⁴ Badan Geologi Kementerian ESDM, "Di Balik Pesona Palu Bencana Melanda Geologi Menata", Cetakan Pertama 2018.

lapisan alluvial yang ada di Palu cukup tebal. Hal ini menjadi faktor amplifikasi dan deamplifikasi perambatan gelombang gempa. Ketebalan lapisan pasir yang ada sangat berpengaruh terhadap dampak likuifaksi ditambah dengan banyak kandungan air. Akuifer yang ada pada kota Palu bersifat dangkal karena terdapat lapisan pasir yang tebal.

Di daerah Petobo, di sebelah selatan bandara Palu, terlihat daerah tersebut mengalami hal yang sama dengan Balaroa. Perumahan yang ada di daerah ini tenggelam. Lumpur dengan volume sangat besar tenggelam dan menyeret kompleks perumahan di Petobo sehingga sebagian besar dari mereka menjadi seolah-olah tertelan masuk ke dalam bumi. Diperkirakan 744 unit rumah ada di sana⁵. Untuk itu dibutuhkan tindak lanjut pasca gempa

⁵ Laporan PKM Prodi Teknik Sipil FT UKI, "Investigasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Palu 28 September 2018".



dan likuifaksi Palu agar bisa mereduksi kerusakan bangunan dan infrastruktur jika kejadian serupa berulang di masa mendatang.

Pasca Gempa dan Likuifaksi Palu

Pada umumnya kerusakan yang terjadi akibat Gempa Palu adalah dipengaruhi beberapa faktor sebagai berikut:

- Karakteristik goyangan gempa: intensitas, lama dan muatan frekuensi getaran tanah
- Karakteristik tanah: topografi, geologi dan kondisi tanah lokal
- Karakteristik bangunan: kekuatan, kekakuan, daktilitas dan kekompakan struktur merespon getaran.

Faktor lainnya yang perlu diperhatikan adalah:

- Kepadatan Penduduk
- Waktu terjadinya gempa bumi (saat beraktifitas di dalam gedung)
- Kesiapan penduduk

Dalam rangka untuk menjaga warga Palu dan sekitarnya di Sulteng terkait dengan

masalah bangunan tahan gempa, maka saran-saran berikut dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan pembangunan rumah tinggal di masa mendatang:

- Untuk dapat membuat rumah tinggal yang tahan gempa, pemilihan bahan bangunan yang berkualitas (mempunyai kekuatan yang tinggi), perlu diperhatikan.
- Bentuk denah bangunan harus diusahakan memenuhi syarat sebagai bangunan tahan gempa.
- Pembuatan pondasi bangunan harus disesuaikan dengan kondisi dan kekuatan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
- Struktur bangunan (slof, kolom, dan ring balk) harus dibuat sesuai dengan aturan. ■