

## ANALISIS PERUBAHAN BIDANG TANAH TERDAFTAR AKIBAT GEMPABUMI DAN LIKUIFAKSI PALU TAHUN 2018

Hartato Kurniawan Ratode  
Tanjung Nugroho  
Yendi Sufyandi  
Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional

**Abstract:** Deformation, due to the earthquake and liquefaction, in Palu at 2018 has resulted the changes of the shape of land parcels that were registered and unregistered. Quantitative methods that supplemented with data interview were used to answer the research questions: 1) how many land movement occurred in the areas affected by liquefaction ?; and (2) what is the strategy carried out by the Palu City Land Office for those areas?. The results showed that the majority of land parcels in the liquefaction area could not be identified cadastrally, with an average lateral position difference of 7.016 m in Balaroa and 4.273 m in Petobo. Based on these conditions, the possibilities that can be done are reconstruction or re-measurement in areas that are not too severe and relocation of dwellings to areas of high severity. The conclusion of this study is there are several types in a liquefaction zone that require different land policy.

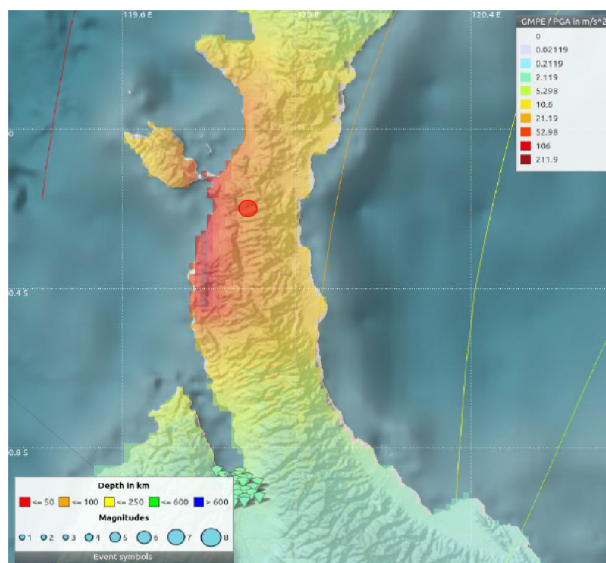
**Keywords:** Deformation, Parcel Position, and Land Policy

**Intisari:** Deformasi akibat gempabumi maupun likuifaksi di Palu pada tahun 2018 berdampak pada perubahan bentuk bidang-bidang tanah yang sudah terdaftar maupun belum terdaftar. Metode kuantitatif yang dilengkapi dengan data hasil wawancara digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian: 1) berapa besar pergerakan tanah yang terjadi di kedua wilayah terdampak likuifaksi?; dan (2) bagaimana strategi yang dilakukan oleh Kantor Pertanahan Kota Palu terhadap kawasan terdampak? Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas bidang tanah di area likuifaksi tidak bisa diidentifikasi batas bidang tanahnya secara kadastral, dengan nilai rata-rata perbedaan posisi secara lateral 7,016 m di Balaroa dan 4,273 m di Petobo. Berdasarkan kondisi tersebut, kemungkinan yang bisa dilakukan adalah rekonstruksi atau pengukuran ulang di wilayah yang tidak terlalu parah dan relokasi hunian terhadap area dengan tingkat keparahan tinggi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat beberapa tipe dalam sebuah area zona likuifaksi yang membutuhkan penanganan pertanahan yang berbeda.

**Kata Kunci:** Deformasi, Posisi Bidang Tanah, dan Kebijakan Pertanahan

### A. Pendahuluan

Gempabumi yang terjadi di Sulawesi Tengah pada tahun 2018 telah memporak-porandakan sejumlah tempat di wilayah tersebut. BMKG (2018) mencatat bahwa gempa berkekuatan 7,4 skala *richter*, dengan kedalaman 11 km dan berpusat di 26 km utara Donggala Sulawesi Tengah merupakan akibat aktivitas sesar Palu Koro (Gambar 1). Aktivitas tersebut berupa deformasi struktur sesar dengan arah mendatar. Adanya aktivitas ini menimbulkan adanya tsunami yang melanda Kota Palu yang berada di Teluk Palu. Tidak hanya tsunami, deformasi struktur sesar juga menyebabkan likuifaksi di daerah Petobo dan Balaroa (Tim Pusat Studi Gempa Nasional 2018).

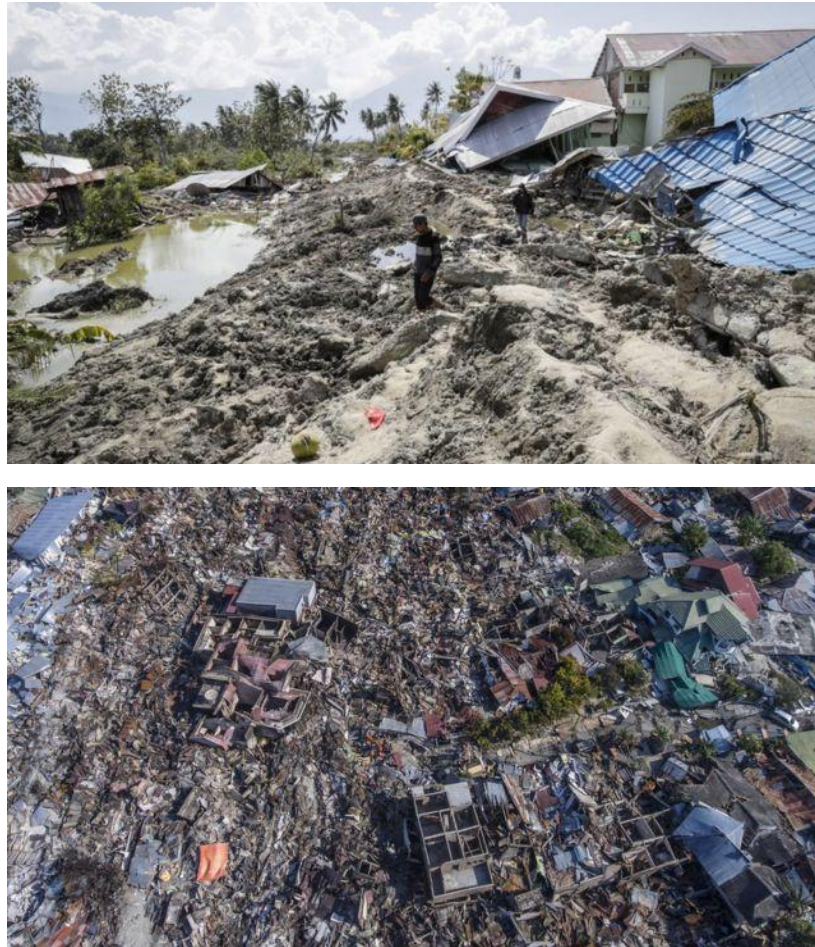


Gambar 1. Lokasi Gempabumi di Donggala pada tanggal 29 September 2018.

Sumber: BMKG 2018

Dari beberapa penelitian di sejumlah negara menunjukkan bahwa likuifaksi pada umumnya terjadi pada daerah yang terbentuk oleh lapisan sedimen yang jenuh air dengan kepadatan yang rendah ditambah dengan pergerakan di permukaan yang melebihi ambang batas (Seed dan Idris 1971; Kramer 1996). Likuifaksi yang disebabkan oleh gempabumi dapat berakibat pada empat jenis kegagalan tanah, yaitu: (1) hilangnya daya dukung tanah; (2) pergerakan osilasi permukaan tanah dimana kemiringan permukaan tanah  $< 0,1\%$ ; (3) penyebaran lateral dimana kemiringan permukaan tanah antara  $0,1\%$  dan  $5\%$ ; dan (4) gerakan tanah tipe aliran dimana kemiringan tanah lebih dari  $5\%$  (Youd 1984). Hasil penelitian Tim Pusat Studi Gempa Nasional (2018) mengungkap bahwa adanya likuifaksi di daerah Petobo dan Balaroa ditunjukkan dengan adanya tumpukan tanah yang sudah membeku dan teralirkan membentuk gundukan tanah yang sudah bercampur dengan material lainnya. Gundukan-gundukan tanah tersebut membentuk pola gerakan dari arah timur ke arah barat.

Akibat yang ditimbulkan dari likuifaksi sangat besar. Kerusakan di Balaroa meliputi area sekitar  $34,5$  Ha dan keliling  $2,5$  km, sedangkan di Petobo meliputi area sekitar  $158$  Ha dengan keliling  $6,58$  km (Tim Pusat Studi Gempa Nasional 2018). Kondisi penggunaan tanah secara umum di kedua wilayah berupa permukiman. Besarnya kerusakan tersebut tidak dapat dilepaskan dari faktor geologi dan hidrologi yang ada di wilayah tersebut sehingga keduanya memiliki tingkat kerentanan likuifaksi tinggi (Soekamto dkk 1973; Zefitni 2013).



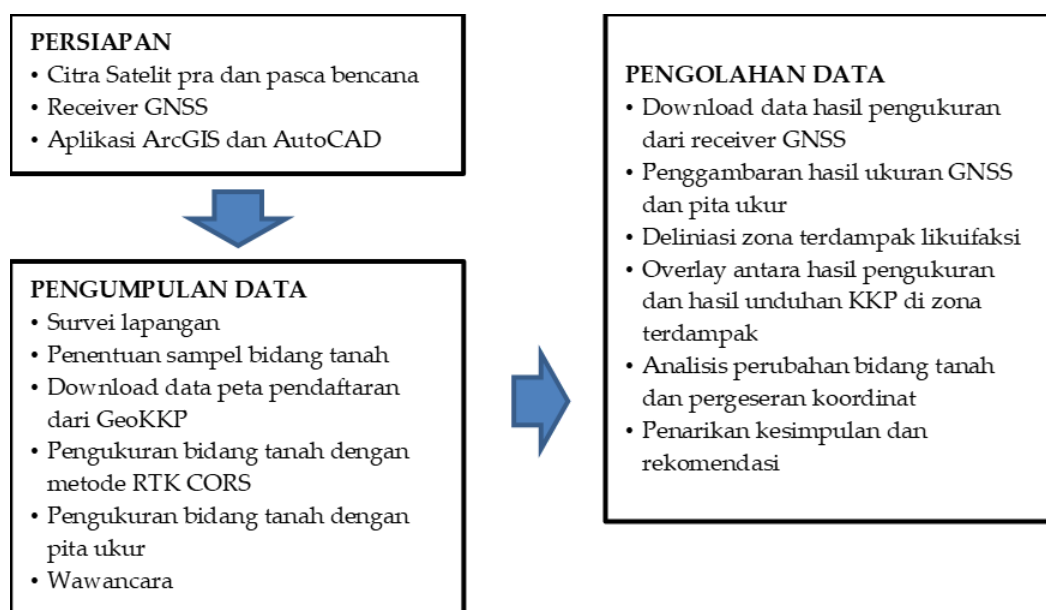
Gambar 2. Dampak likuifaksi di kelurahan Petobo (atas) dan Balaroa (bawah)

Sumber: BBC News Indonesia, 2018

Sebagai sebuah daerah yang secara administrasi terletak di Kota Palu maka dapat dipastikan bahwa telah terbit banyak sertifikat hak atas tanah di kedua wilayah terdampak likuifaksi. Sebagai akibat dari likuifaksi, batas-batas antar bidang tanah menjadi tidak jelas atau bahkan hilang. Dengan adanya kondisi sebagaimana tersebut maka yang menjadi pertanyaan dalam penelitian ini adalah: (1) berapa besar pergerakan tanah yang terjadi di kedua wilayah terdampak likuifaksi?; dan (2) bagaimana strategi yang dilakukan oleh Kantor Pertanahan Kota Palu terhadap kawasan terdampak?.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif. Metode ini dipilih karena lebih menekankan pada pengukuran variabel pergerakan muka tanah berdasar teknik dan alat ukur yang objektif. Selain pengumpulan data fisik melalui pengukuran di lapangan, dilakukan pula wawancara kepada beberapa pihak terkait untuk mengetahui kondisi sebelum dan sesudah terjadinya bencana. Hasil wawancara nantinya digunakan sebagai data pendukung dalam pengolahan data untuk menemukan strategi atau

kebijakan yang akan diterapkan pada lokasi terdampak bencana. Kedua lokasi bencana likuifaksi, Petobo dan Balaroa, menjadi fokus penelitian mengingat sebagai daerah yang paling parah terdampak bencana likuifaksi dan letaknya di Kota Palu yang notabene telah banyak bidang tanah terdaftar atau bersertipikat hak atas tanah. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk menemukan besaran pergerakan bidang tanah dan strategi atau kebijakan yang akan diberlakukan di kedua wilayah terdampak.



Gambar 3. Tahapan pelaksanaan penelitian  
Sumber: Peneliti (2020)

Penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian lain yang pernah dilakukan. Penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mayoritas berfokus pada kondisi fisik bumi. Terdapat pula penelitian yang menyoroti aspek sosial dan hukum pasca terjadinya bencana alam. Disandingkan dengan penelitian lain yang telah dilakukan, penelitian ini berfokus pada nilai pergeseran bidang tanah terdaftar di area terdampak gempa bumi dan likuifaksi, serta pada kebijakan pertanahan yang diambil pada lokasi terdampak bencana likuifaksi.

Tabel 1. Penelitian Lain Terkait

Peneliti	Hasil
Pakpahan, S dkk (2015)	Berdasarkan pengamatan terhadap data signal gempa bumi ditemukan bahwa terdapat tiga segmen sesar Palu Koro menurut lokasi dan mekanisme sumber kegempaan, yaitu segmen Lindu, Toro, dan Balaroa. Analisis menunjukkan bahwa ketiga segmen tersebut masih sangat aktif pergerakannya.

Peneliti	Hasil
Sarapang, H.T. dkk (2019)	Terdapat 3 (tiga) tingkatan kerentanan bencana tsunami di Kota Palu, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Pembagian tersebut berdasarkan hasil pembobotan terhadap parameter sosial, fisik, ekonomi, dan lingkungan. Ketiga kelas tersebut menentukan rekomendasi kebijakan yang diambil pemerintah daerah setempat untuk mengurangi korban akibat tsunami di masa yang akan datang.
Rahmanda (2019)	Penelitian dilakukan terhadap para pemilik bidang tanah yang lokasi bidang tanahnya terkena dampak likuifaksi. Dari penelitian tersebut ditemukan perlunya reposisi prosedur perolehan sertipikat hak atas tanah dengan tujuan untuk melindungi pemegang sertipikat dari ancaman hapusnya hak atas tanah akibat likuifaksi.

Sumber: Peneliti (2020)

## B. Deformasi Bidang Tanah

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang 1996). Pola atau besaran perubahan tersebut dapat diketahui melalui survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika sendiri terdapat beragam metode, mulai dari konvensional sampai dengan yang termutakhir. Pada metode konvensional, instrumen yang digunakan seperti *theodolit* ataupun sipat datar. Seiring dengan perkembangan teknologi maka metode konvensional mulai ditinggalkan dan yang digunakan saat ini yaitu dengan menggunakan sistem satelit. Sistem satelit yang digunakan dapat berupa konstelasi satelit untuk penentuan posisi maupun satelit penangkap citra untuk penginderaan jauh. Dari hasil amatan deformasi pada wilayah sampel yaitu Petobo, Balaroo, dan Talise Valangguni dapat dilakukan pembagian zona deformasi sebagai berikut:

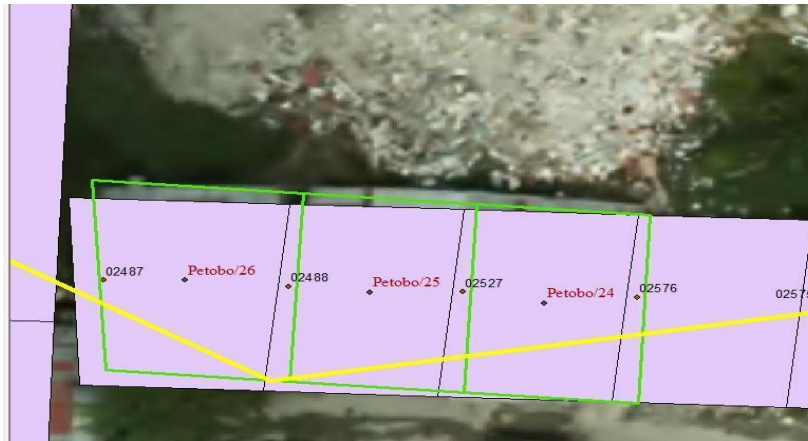
### 1. Zona likuifaksi

Pergeseran dan perubahan bidang tanah pada zona likuifaksi secara umum memiliki pola yang sama, yaitu perubahan batas-batas fisik bidang tanah yang sebagian besar tidak bisa teridentifikasi lagi. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh arah aliran atau alur pergeseran tanah ketika likuifaksi terjadi. Zona ini dapat ditemukan di Petobo dan Balaroo. Dari hasil interpretasi citra terhadap sejumlah sampel bidang tanah, ditemukan 4 (empat) kategori kondisi fisik bidang tanah sebagai berikut:

- a. Bidang tanah tetap, yaitu bidang-bidang tanah yang posisi, bentuk, dan sisi bidang tanahnya diasumsikan tidak berubah dan tidak dipengaruhi oleh likuifaksi. Gambar 4 menunjukkan hasil *overlay* antara bidang tanah unduhan GeoKKP dan bidang tanah hasil pengukuran. Unduhan GeoKKP ditunjukkan dengan bidang tanah yang



memiliki NIB, yaitu NIB.02527, 02488, dan 02487 sedangkan hasil ukuran ditunjukkan dengan garis warna hijau. Tidak ada perubahan batas yang signifikan mengingat titik batas ketika dilakukan pengukuran masih dapat diidentifikasi oleh penunjuk batas atau pemilik tanah.



Gambar 4. Identifikasi kategori bidang tanah tetap.  
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2020)

- b. Bidang tanah berubah sisi, yaitu pergeseran beberapa titik batas bidang tanah yang berakibat pada perubahan bentuk bidang tanah. Gambar 5 menunjukkan perubahan sisi bidang tanah, Petobo/19 dan Petobo/20, terhadap jalan. Bentuk jalan sebelum terjadinya bencana jalan mengikuti pola garis berwarna merah. Likuifaksi berakibat pada pergeseran bentuk atau pola jalan, demikian juga salah satu sisi pada bidang tanah.



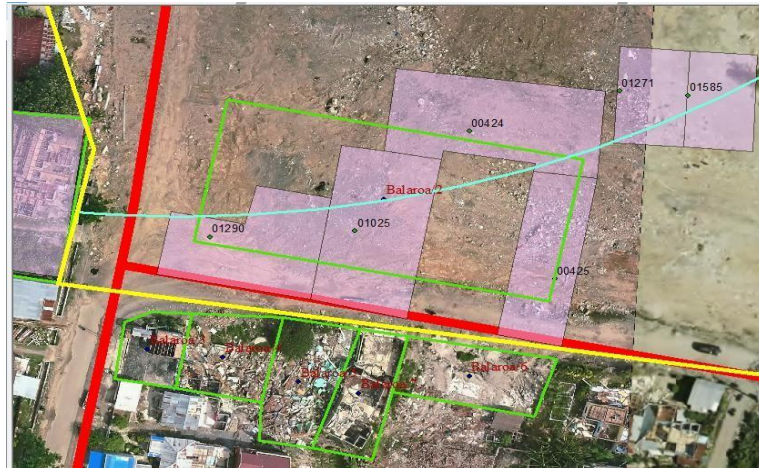
Gambar 5. Identifikasi perubahan sisi bidang tanah.  
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2020)

- c. Bidang tanah bergeser, yaitu bidang-bidang tanah yang mengalami perubahan atau pergeseran secara menyeluruh (*missplacing*). Gambar 6 menunjukkan beberapa bidang tanah yang bergeser, seperti bidang tanah Balaroa/32 yang posisinya bergeser signifikan dari posisi asalnya di NIB.01688 dan Balaroa/33 yang bergeser dari posisi NIB.01245 dan NIB.00303. Pengukuran bidang tanah dapat dilakukan oleh peneliti berdasarkan penunjukkan puing-puing bangunan atau tembok pagar oleh para pemilik bidang tanah.



Gambar 6. Identifikasi pergeseran bidang tanah.  
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2020)

- d. Bidang tanah tidak teridentifikasi, yaitu bidang-bidang tanah yang titik batasnya sudah tidak dapat diidentifikasi kembali karena perubahan struktur dan kondisi geografi tanah. Pengukuran bidang tanah Balaroa/2 dapat dilakukan karena beberapa pemilik tanah mulai mendirikan bangunan dengan memperkirakan posisi tanah miliknya (Gambar 7). Walaupun Petobo dan Balaroa telah ditetapkan sebagai zona merah likuifaksi dan dihimbau untuk tidak digunakan kembali sebagai wilayah permukiman, hal ini tidak dihiraukan oleh beberapa pemilik bidang tanah.



Gambar 7. Sampel bidang tanah yang batasnya tidak dapat diidentifikasi  
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2020)

## 2. Zona gempabumi

Perubahan dan pergeseran bidang tanah untuk zona *pasca* gempabumi dilakukan di wilayah Talise Valangguni. Dari hasil peninjauan lapangan menunjukkan bahwa bidang-bidang tanah mengalami pergeseran bersama dengan bangunan di atasnya. Akibat dari pergeseran tersebut adalah munculnya ruang/bidang baru tanpa klaim pemilik (Gambar 8). Menyikapi kondisi demikian maka dibutuhkan strategi dan kebijakan pertanahan khusus agar di masa depan tidak memunculkan permasalahan sosial terkait batas dan luasan bidang tanah.



Gambar 8. Bidang tanah tanpa klaim pemilik.

Sumber: Dokumentasi Peneliti (2020).

Dari kedua macam zona deformasi dapat dihitung besaran pergeseran untuk masing-masing sampel bidang tanah. Hitungan pergeseran dilakukan terhadap *centroid* dari masing-masing bidang tanah. Pergeseran yang terjadi tidak lepas dari efek pergeseran sesar Palu Koro. Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai



deformasi di Balaroo dan Petobo walaupun keduanya berada dalam zona yang sama yaitu zona likuifaksi. Selain itu, nilai deformasi di Balaroo menjadi yang terbesar dibandingkan dengan 2 (dua) wilayah sampel penelitian lainnya.

Tabel 2. Analisis Pergeseran Lateral Bidang Tanah

Kelurahan	Perbedaan Posisi Lateral (meter)	Rata-rata Perbedaan Posisi (meter)
Balaroo	0,530 – 21,480	7,016
Petobo	0,659 – 16,038	4,273
Talise Valangguni	0,618 – 7,591	3,854

Sumber: Analisis Peneliti (2020)

### C. Strategi Terhadap Kawasan Terdampak

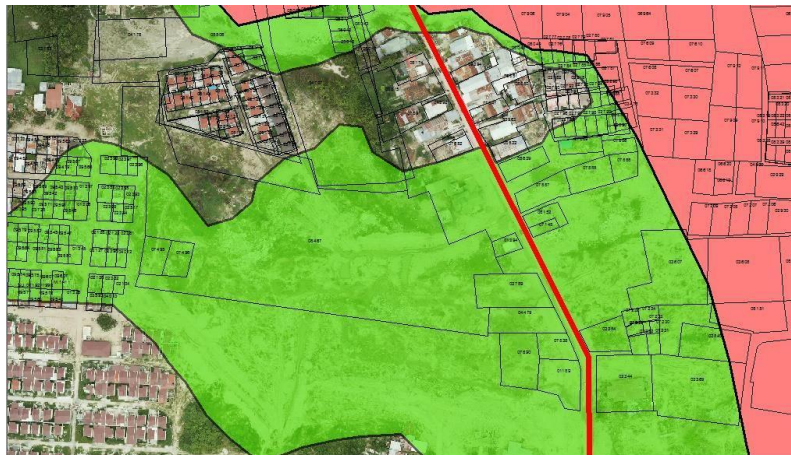
Dengan memperhatikan berbagai macam kemungkinan kebijakan yang akan diberlakukan pada area terdampak bencana, Kantor Pertanahan Kota Palu mulai melakukan inventarisasi subjek dan objek kepemilikan bidang tanah. Inventarisasi dilakukan untuk mempersiapkan database yang lengkap sehingga Kantor Pertanahan akan dapat menyajikan data apabila suatu saat dibutuhkan data ketika tahapan berikut ini dilakukan:

#### 1. Rekonstruksi Batas

Rekonstruksi batas berarti mengembalikan/meletakkan kembali patok-patok batas bidang tanah yang hilang atau berpindah tempat ke posisi asalnya berdasarkan dokumen yang tersedia atau alat bukti valid lainnya (Mardiyono dan Syaifullah 2009, 72). Sesuai dengan Juknis PMNA 3/1997 rekonstruksi batas merupakan kegiatan pengukuran yang dilakukan kedua atau ke beberapa kali terhadap suatu bidang tanah dengan mengacu pada data pendaftaran tanah pertama (BPN 1998). Beberapa pemilik bidang tanah mulai memilih untuk rekonstruksi batas mengingat belum ada kepastian terhadap pelaksanaan relokasi hunian ke tempat yang lebih aman.

Terhadap bidang tanah yang sudah terdaftar dan masih aktif status haknya akan dilayani rekonstruksi batasnya. Rekonstruksi ini dianggap penting karena pada bidang yang telah direkonstruksi dapat digunakan sebagai acuan penentuan batas bidang tanah lainnya. Namun demikian, rekonstruksi dapat dilakukan sepanjang kondisi di lapangan memungkinkan. Apabila tidak memungkinkan maka dilakukan pengukuran ulang batas bidang tanah berdasarkan kondisi fisik yang ada di lapangan dan dengan sepengetahuan

pemilik tanah dan tetangga bersebelahan. Pengukuran ulang dilakukan dalam rangka *updating* atau perbaikan data spasial bidang tanah terdaftar.



Gambar 9. Zona prediksi wilayah permukiman  
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2020)

Gambar 9 menampilkan zona likuifaksi, dengan area warna merah muda merupakan area yang terdampak paling parah dibandingkan area berwarna hijau. Dengan tingkat keparahannya tersebut maka dibutuhkan kebijakan khusus terhadap bidang-bidang tanah yang ada di dalamnya, sedangkan di area berwarna hijau masih dimungkinkan dilakukan pengukuran ulang atau rekonstruksi batas mengingat sudah mulai didirikannya sejumlah bangunan dan dibukanya kavlingan tanah. Dari sejumlah 2.644 bidang tanah yang terdampak likuifaksi di wilayah Balaroa dan Petobo hanya sejumlah 506 bidang tanah atau sekitar 19,14% dengan kondisi masih berpotensi untuk dikembalikan batasnya atau dapat dilakukan pengukuran ulang dan dihuni kembali, sedangkan sisanya perlu dicarikan tempat baru yang lebih aman untuk dijadikan tempat hunian (Tabel 3).

Tabel 3. Jumlah Bidang Tanah Dalam Zona Likuifaksi Dengan Potensi Pengukuran Ulang atau Rekonstruksi Batas

Kelurahan	Bidang Tanah Dalam GeoKKP	
	Jumlah bidang tanah masuk dalam zona likuifaksi	Jumlah bidang tanah berpotensi pengukuran ulang atau pengembalian batas
Balaroa	631	108
Petobo	2013	398
Total	2644	506

Sumber: Hasil Analisa (2020)

## 2. **Relokasi Hunian**

Pasca terjadinya bencana alam, Menteri Agraria dan Tata Ruang sempat menyatakan bahwa para penghuni yang ada di wilayah yang hancur akibat gempa akan dipindahkan ke tempat yang aman dan wilayah yang telah hancur akan dijadikan lahan pertanian dan perkebunan mengingat masih adanya potensi terulangnya pergeseran tanah (Akbar dan Syaefullah 2018). Dengan adanya wacana tersebut maka Kantor Pertanahan Kota Palu sedang mulai melakukan survei ke lokasi atau area lain yang dinilai berpotensi untuk dijadikan kawasan permukiman. Area yang terpilih sebagai kawasan hunian kemudian dipetakan dan digunakan sebagai dasar untuk membuat desain site plan hunian.

## D. **Kesimpulan dan Saran**

### 1. **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Terdapat dua zona deformasi, yaitu zona likuifaksi dan zona gempa bumi. Dalam zona likuifaksi terdapat 4 kondisi fisik bidang tanah ditinjau dari tingkat kerusakan lingkungannya yaitu bidang tanah tetap, bidang tanah berubah sisi, bidang tanah bergeser, dan bidang tanah tidak teridentifikasi. Zona likuifaksi dapat dijumpai di wilayah Balaroa dan Petobo, sedang zona gempa bumi dijumpai di Talise Valangguni.
- b. Balaroa menjadi daerah yang memiliki rata-rata tingkat pergeseran lateral terbesar dibandingkan daerah lainnya, yaitu 7,016 m. Di daerah Petobo, kendati juga termasuk dalam zona likuifaksi memiliki rata-rata pergeseran lateral yang berbeda yaitu sebesar 4,273 m. Sedangkan pergeseran lateral di daerah Talise Valangguni yang hanya mengalami kejadian gempa bumi nilainya sebesar 3,854 m.
- c. Belum adanya keputusan mengenai kebijakan yang akan diambil oleh Pemerintah terhadap para penghuni di wilayah terdampak likuifaksi membuat hak kepemilikan bidang tanah masih melekat kepada para pemilik bidang tanah yang telah terdaftar.

### 2. **Saran/Rekomendasi**

Saran peneliti terhadap hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Diperlukan regulasi yang secara khusus mengatur status hak atas tanah yang berada di dalam zona likuifaksi
- b. Diperlukan tim khusus untuk melakukan perubahan atau update data bidang tanah

- c. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai status hak atas tanah yang berada di dalam zona likuifaksi dan mengenai pergerakan sesar Palu Koro yang masih menunjukkan pergerakannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Raden J. dan Syaefullah 2018, 'Tak Boleh Dihuni, Begini Nasib Tanah Terdampak Likuifaksi di Palu', VIVA.co.id, 19 Oktober 2018, diakses pada 12 Februari 2021, <https://www.viva.co.id/berita/bisnis/1085869-tak-boleh-dihuni-begini-nasib-tanah-terdampak-likuifaksi-di-palu>
- Badan Meterorologi, Klimatologi, dan Geofisika 2018, Ulasan Guncangan Tanah Akibat Gempabumi Donggala, diakses pada 12 Februari 2021, [https://cdn.bmkg.go.id/Web/Ulasan-Gempa-DONGGALA\\_28092018\\_rev13102018.pdf](https://cdn.bmkg.go.id/Web/Ulasan-Gempa-DONGGALA_28092018_rev13102018.pdf).
- Badan Pertanahan Nasional 1998, Petunjuk Teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997: Materi Pengukuran dan Pendaftaran Tanah, Badan Pertanahan Nasional, Jakarta.
- Kramer, Steven L. 1996, *Geotechnical earthquake engineering*, Prentice Hall, New Jersey
- Kuang, Shanlong 1996, *Geodetic network analysis and optimal design : concepts and applications*, Ann Arbor Press. Inc, Michigan :
- Mardiyono, Yuli dan Syaifullah, Arief 2009, Materi Pokok Pengukuran Dan Pemetaan Kadastral II, Cetakan Pertama, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.
- Pakpahan, S., Ngadmanto, D., Masturyono, Rohadi, S., Rasmid, Widodo, H.S., dan Susilanto, P. 2015. 'Analisis Kegempaan di Zona Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah', *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, vol.6 no.3, hlm. 253-264.
- Rahmanda, Bagus 2019, 'Perlindungan Hukum Bagi Pengusaha Pemilik Tanah Akibat Musnahnya Tanah Oleh Bencana Alam Dan Kaitannya Dengan Pihak Ketiga', *Jurnal Gema Keadilan*, vol. 6 no.1, hlm.63-74
- Redaksi BBC News Indonesia, 'Likuifaksi: Ketika tanah di Kota Palu dan sekitarnya tiba-tiba 'ambles'', BBC News Indonesia, 2 Oktober 2018, diakses pada 12 Februari 2021, <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-45708229>
- Sarapang, H.T., Rogi, O.H.A., dan Hanny, P. 2019, 'Analisis Kerentanan Bencana Tsunami Di Kota Palu', *Jurnal Spasial*, vol. 6 no.2, hlm. 432-439



- Seed, H.B. dan Idriss, I.M. 1971, 'Simplified Procedure for Evaluation Soil Liquefaction Potential', *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, vol. 97 no. 9, hlm. 1249-1273
- Soekamto, RAB., Sumadirdja, H., Suptandar, T., Hardjoprawiro, S., dan Sudana, D. 1973, Peta Geologi Lembar Palu Skala 1:250.000, Sulawesi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional 2018, Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah 28 September 2018 (M7.4), Badan Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman (Balitbang) PUPR, Bandung.
- Youd, T.L. 1984, 'Geologic Effects-Liquefaction and Associated Ground Failure', *Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program: U.S. Geological Survey Open-File Report USGS*, hlm. 210-232
- Zeffitni 2013, 'Potensi Airtanah di Cekungan Airtanah (CAT) Palu Berdasarkan Satuan Hidromorfologi dan Hidrologi', *Jurnal Geografi*, vol. 11 no. 22, hlm.97-106