



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN  
TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
Gedung Prof.Dr. Retno Sriningsih Satmoko (Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)  
Kampus Sekaran, Gunungpati Tlp/Faks.(024) 8508089 Semarang 50229  
Laman: <http://lppm.unnes.ac.id> Surel: [lppm@mail.unnes.ac.id](mailto:lppm@mail.unnes.ac.id)

---

**KONTRAK PENELITIAN LANJUTAN**  
**Sumber Dana Kemendikbudristek Tahun Anggaran 2022**  
**Nomor: 6.17.3/UN37/PPK.6.8/2022**

Pada hari ini Kamis tanggal Tujuh Belas bulan Maret tahun dua ribu dua puluh dua, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. **Dr. Suwito Eko Pramono, M. Pd.** : **Pejabat Pembuat Komitmen** Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Semarang yang berkedudukan di Semarang, berdasarkan Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor : B/770/UN37/HK/2021 tanggal 31 Desember 2021, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama KPA Universitas Negeri Semarang, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
  
2. **Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc.** : Dosen FT Universitas Negeri Semarang, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Lanjutan Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1**  
**Dasar Hukum**

Kontrak Penelitian ini berdasarkan kepada:

1. Kontrak Penelitian TA 2022 antara Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dengan Universitas Negeri Semarang Nomor 038/E5/PG.02.00.PT/2022 tanggal 16 Maret 2022.
2. Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor B/770/UN37/HK/2021 tanggal 31 Desember 2021, tentang Pengangkatan Pejabat Perbendaharaan / Pengelola Keuangan Tahun Anggaran 2022 Universitas Negeri Semarang.
3. Keputusan Rektor Universitas Negeri Semarang Nomor B/307/UN37/HK/2022 tanggal 25 Maret 2022, tentang Pengangkatan Pejabat Perbendaharaan / Pengelola Keuangan Tahun Anggaran 2022 Universitas Negeri Semarang.
4. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang (UNNES) Nomor DIPA-SP.DIP-023.17.2.677507/2022, tanggal 17 November 2021.

**Pasal 2**  
**Ruang Lingkup**

**PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2022 dengan judul

"Aplikasi Pengembangan Metode Surface dan Subsurface untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Bencana Likuifaksi akibat Gempa Bumi di Indonesia".

### **Pasal 3 Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 2 adalah sebesar 138.104.000,- (seratus tiga puluh delapan juta seratus empat ribu rupiah) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui DIPA UNNES Nomor SP-DIP-023.17.2.677507/2022, tanggal 17 November 2021.

### **Pasal 4 Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian**

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a. Pembayaran Tahap pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu 70% x 138.104.000,- = 96.672.800,- (sembilan puluh enam juta enam ratus tujuh puluh dua ribu delapan ratus rupiah), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah mengunggah hasil revisi proposal dan surat pernyataan kesanggupan penelitian ke laman **BIMA**.
  - b. Pembayaran Tahap kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu 30% x 138.104.000,- = 41.431.200,- (empat puluh satu juta empat ratus tiga puluh satu ribu dua ratus rupiah), dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** setelah mengunggah SPTB ke laman **BIMA paling lambat tanggal 16 Agustus 2022**.
  - c. Khusus untuk dana pembayaran 70% yang baru cair setelah tanggal 9 Agustus 2022, maka unggah dokumen sebagaimana dimaksud pada pasal 4 ayat 1 huruf b ke laman **BIMA** selambat-lambatnya **dua minggu setelah dana cair**.
  - d. Khusus untuk dana pembayaran 30% yang baru cair setelah tanggal 13 November 2022, maka unggah dokumen Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) dan laporan kemajuan pelaksanaan pekerjaan paling lambat 2 (dua) minggu setelah dana dicairkan.
  - e. Dana luaran tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** setelah luaran tambahan divalidasi oleh Kemendikbudristek.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening BNI atas nama Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc. dengan nomor rekening 246581245.
- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

### **Pasal 5 Jangka Waktu**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 17 Maret 2022**, dan berakhir pada **Tanggal 20 November 2022**.

**Pasal 6**  
**Target Luaran**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib dan/atau tambahan penelitian.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (3) Target luaran wajib dan/atau tambahan penelitian tercantum dalam Rancangan Pelaksanaan Penelitian.

**Pasal 7**  
**Hak dan Kewajiban**

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
  - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** dokumen hasil unggahan di laman BIMA serta *hardcopy* masing-masing 1 (satu) eksemplar, sebagai berikut:
    1. Revisi proposal penelitian;
    2. Surat Pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian;
    3. Catatan harian pelaksanaan penelitian
    4. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
    5. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
    6. Laporan akhir penelitian (dilaporkan pada tahun terakhir pelaksanaan penelitian); dan
    7. Luaran penelitian
  - b. *Hardcopy* dokumen sebagaimana dimaksud dalam ayat 1 huruf (a), paling lambat diserahkan pada tanggal **31 Desember 2022**.
  - c. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
  - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3;
  - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah ke laman **BIMA** dokumen sebagai berikut:
    1. Revisi proposal penelitian;
    2. Surat Pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian;
    3. Catatan harian pelaksanaan penelitian
    4. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian, paling lambat tanggal **20 November 2022**
    5. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan paling lambat tanggal **20 November 2022**;
    6. Luaran penelitian
  - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul Aplikasi Pengembangan Metode Surface dan Subsurface untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Bencana Likuifaksi akibat Gempa Bumi di Indonesia”
  - d. Menyerahkan hasil penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** melalui **Berita Acara Terima (BAST)**
  - e. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
  - f. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana atas dana penelitian yang telah ditetapkan.
  - g. Laporan hasil penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
    - a. Format font Times New Romans Ukuran 12 spasi 1,5
    - b. Bentuk/ukuran kertas A4
    - c. Di bawah bagian sampul cover ditulis:

Dibiayai oleh:  
Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi  
Sesuai dengan Kontrak Nomor: 038/E5/PG.02.00.PT/2022 tanggal 16 Maret 2022

### **Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi**

**PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2022 kepada **PIHAK KEDUA** sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

### **Pasal 9 Penilaian Luaran**

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai, maka dana tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas negara.

### **Pasal 10 Penggantian Keanggotaan**

1. Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi.
2. Apabila Ketua Tim pelaksana penelitian tidak dapat menyelesaikan penelitian atau mengundurkan diri, maka **PIHAK KEDUA** harus menunjuk salah satu anggota tim sebagai pengganti setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.
3. Dalam hal tidak adanya pengganti Ketua tim pelaksana penelitian sesuai dengan syarat ketentuan yang ada, maka penelitian dibatalkan dan dana dikembalikan ke kas Negara.

### **Pasal 11 Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan telah berakhir, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8, maka **PIHAK KEDUA** akan dikenai sanksi administratif yang dapat berupa penghentian pembayaran dan/atau Ketua Tim Pelaksana Penelitian tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Peneliti/Pelaksana yang tidak hadir dalam kegiatan monitoring dan evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi maka Pelaksana Penelitian mendapat sanksi sesuai ketentuan.
- (3) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas negara.

**Pasal 12**  
**Pajak-Pajak**

Ketentuan pengenaan pajak pertambahan nilai dan/atau pajak penghasilan dalam rangka pelaksanaan kegiatan penelitian ini wajib dilaksanakan oleh **PIHAK KEDUA** sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di bidang perpajakan

**Pasal 13**  
**Kekayaan Intelektual**

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari Pelaksanaan Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan.
- (2) Setiap publikasi makalah dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.
- (3) Pencantuman nama **PIHAK PERTAMA** sebagaimana dimaksud pada ayat (2), paling sedikit mencantumkan nama Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.

**Pasal 14**  
**Integritas Akademik**

- (1) Pelaksana penelitian wajib menjunjung tinggi integritas akademik yaitu komitmen dalam bentuk perbuatan yang berdasarkan pada nilai kejujuran, kredibilitas, kewajaran, kehormatan, dan tanggung jawab dalam kegiatan penelitian yang dilaksanakan.
- (2) Penelitian dilakukan sesuai dengan kerangka etika, hukum, dan profesionalitas, serta kewajiban sesuai dengan peraturan yang berlaku
- (3) Penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi standar ketelitian dan integritas tertinggi dalam semua aspek penelitian

**Pasal 15**  
**Keadaan Kahar (*force majeure*)**

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam kontrak penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh kejadian di luar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam Kontrak Penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan Kontrak Penelitian.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak berwajib dan **PARA PIHAK** dengan etiket baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

**Pasal 16**  
**Penyelesaian Perselisihan**

Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili Hukum di Pengadilan Negeri Semarang.

**Pasal 17**  
**Amandemen Kontrak**



Apabila terdapat hal lain yang belum diatur atau terjadi perubahan dalam Kontrak Penelitian ini, maka akan dilakukan amandemen Kontrak Penelitian.

**Pasal 18**  
**Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Apabila terdapat hal-hal yang belum diatur dalam Kontrak Penelitian ini dan memerlukan pengaturan, maka akan diatur kemudian oleh **PARA PIHAK** melalui amandemen Kontrak Penelitian dan/atau melalui pembuatan perjanjian tersendiri yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.

**Pasal 19**  
**Penutup**

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 4 (empat) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA	PIHAK KEDUA
	
<b>Dr. Suwito Eko Pramono, M. Pd.</b>	<b>Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc.</b>
NIP. 195809201985031003	NIP. 197809212005012001



### SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc.  
NIP : 197809212005012001  
Unit Kerja : FT  
Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa Penelitian saya berjudul:

“Aplikasi Pengembangan Metode Surface dan Subsurface untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Bencana Likuifaksi akibat Gempa Bumi di Indonesia”

yang dibiayai oleh DIPA Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2022 melalui DIPA UNNES Nomor SP-DIP-023.17.2.677507/2022, tanggal 17 Nopember 2021, dengan Kontrak Penelitian Nomor 6.17.3/UN37/PPK.6.8/2022 tanggal 17 Maret 2022 adalah **bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.**

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidak sesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima ke Kas Negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

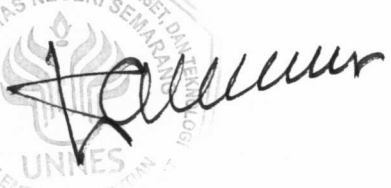
Semarang, 17 Maret 2022

Yang menyatakan  
Ketua Pelaksana,

Materai 10.000

  
Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc.  
NIP 197809212005012001

Mengetahui  
Ketua LPPM,

  
Dr. Suwito Eko Pramono, M. Pd.  
NIP. 195809201985031003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN  
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Gedung Prof. Dr. Retno Sriningsih Satmoko, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Telp/Fax (024) 8508087, (024) 8508089

Laman: <http://lppm.unnes.ac.id> Email: [lppm@mail.unnes.ac.id](mailto:lppm@mail.unnes.ac.id)

**PERNYATAAN KESANGGUPAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

NOMOR: B/1473/UN37.3.1/PG/2022

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc.

Fakultas : FT

Universitas Negeri Semarang

Sehubungan dengan pembayaran uang yang diterima dari Kuasa Pengguna Anggaran Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Semarang (UNNES) Kode Satker (677507) sebesar 138.104.000,- (seratus tiga puluh delapan juta seratus empat ribu rupiah) Berdasarkan Kontrak Penelitian:

Tanggal : 17 Maret 2022

Nomor : 6.17.3/UN37/PPK.6.8/2022

Pekerjaan : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2022

"Aplikasi Pengembangan Metode Surface dan Subsurface untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Bencana Likuifaksi akibat Gempa Bumi di Indonesia"

Nilai Kontrak : 138.104.000,-

Dengan ini menyatakan bahwa Saya bertanggungjawab penuh untuk menyelesaikan prestasi pekerjaan sebagaimana diatur dalam Kontrak Penelitian tersebut di atas.

Apabila sampai dengan masa penyelesaian pekerjaan sebagaimana diatur dalam Kontrak Penelitian tersebut di atas saya lalai / cidera janji / wanprestasi dan / atau terjadi pemutusan Kontrak Penelitian, saya bersedia untuk mengembalikan / menyetorkan Kembali uang ke Kas Negara sebesar nilai sisa pekerjaan yang belum ada prestasinya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Mengetahui  
Ketua LPPM,

Yang menyatakan  
Ketua Pelaksana,



  
Dr. Suwito Eko Pramono, M. Pd.  
NIP. 195809201985031003

Materai 10.000,-

Dr. RINI KUSUMAWARDANI, S. T., M. T., M. Sc.  
NIP. 197809212005012001



**LAPORAN AKHIR**  
**PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**Aplikasi Pengembangan Metode Surface dan  
Subsurface untuk Deteksi Dini Daerah Rawan  
Bencana Likuifaksi akibat Gempa Bumi di Indonesia**

**TIM PENGUSUL:**

**Dr. Rini Kusumawardani , M.T., M.Sc.**

**NIDN:** 0021097802

**Untoro Nugroho, ST, MT**

**NIDN:** 0015066907

**Togani Cahyadi Upomo, ST, MT**

**NIDN:** 0020048109

**MAHASISWA :**

**Naufal Hanif**

**NIM :** 5111417033

**Raihan Valentino**

**NIM :** 5113416011

Dibiayai oleh :

Direktorat Riset , Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi

Sesuai dengan Kontrak Nomor : 038/E5/PG.02.00.PT/2022 tanggal 16 Maret 2022

**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**November 2022**

## HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN

Judul Penelitian : Aplikasi Pengembangan Metode Surface dan Subsurface untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Bencana Likuifaksi akibat Gempa Bumi di Indonesia

Ketua Peneliti  
a. Nama Lengkap : Dr. Rini Kusumawardani, ST, MT, MSc  
b. NIDN : 0021097802  
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
d. Program Studi : Teknik Sipil  
e. Nomor HP : 0818270087  
f. Alamat surel (e-mail) : rini.kusumawardani@mail.unnes.ac.id

Anggota Peneliti (1)  
a. Nama Lengkap : Untoro Nugroho, ST, MT  
b. NIDN : 0015066907  
c. Prodi : Teknik Sipil

Anggota Peneliti (2)  
a. Nama Lengkap : Togani Cahyadu Upomo, ST, MT  
b. NIDN : 0020048109  
c. Prodi : Teknik Sipil

Mahasiswa terlibat Penelitian : 2 orang  
a. Nama/NIM : Naufal Hanif / 5111417033  
b. Nama/NIM : Raihan Valentino / 5113416011

Staff Pendukung Penelitian : 1 orang, Nama : Faizal Ramity Sidore  
Alumni Terlibat Penelitian : 1 orang, Nama : Naufal Ermansyah  
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 138.104.000  
Biaya Yang diperlukan :  
a. Sumber dari BRIN : Rp. 138.104.000  
b. Sumber lain (inkind) :

Jumlah : Rp. 138.104.000 (Seratus tiga puluh delapan juta seratus empat ribu rupiah)

Semarang, 22 November 2022

Ketua Peneliti,

Dr. Rini Kusumawardani, ST, MT, MSc  
NIP. 197809212005012001



Prof. Dr. Benny Riyanto, SH, MHum, CN  
NIP. 196204101987031003

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

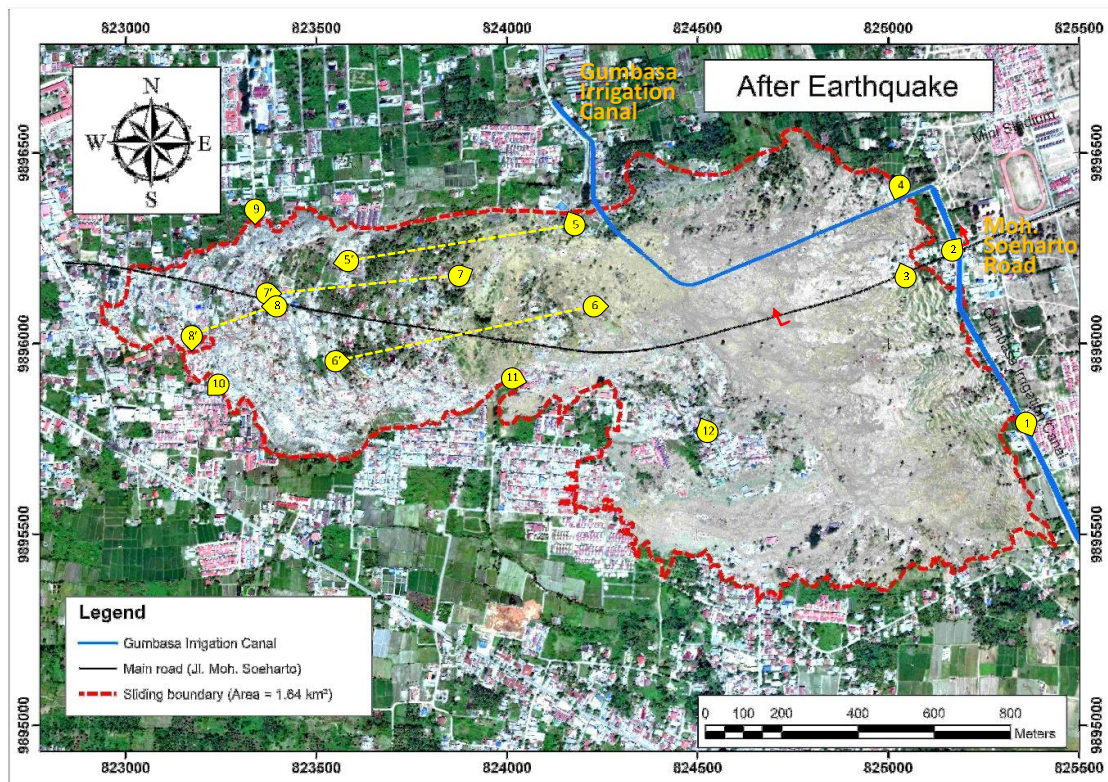
### 1. Rangkuman hasil pelaksanaan penelitian

Pada tahun kedua, penelitian difokuskan pada analisis penelitian di lapangan. Penelitian lapangan dilaksanakan di daerah Petobo, Palu, Sulawesi Tengah yang pada tahun 2018 mengalami bencana likuifaksi akibat gempa dengan magnitude 7.5 dengan epicenter gempa terletak 70 km di sebelah utara kota Palu [1]-[9]. Gempa ini terjadi akibat dari aktivitas sesar Palu-Koro yang terletak di tengah pulau Sulawesi [10]-[15]. Bencana likuifaksi Petobo tercatat sebagai salah satu bencana terburuk di Indonesia karena menyebabkan kerugia secara material karena banyak bangunan dan infrastruktur yang mengalami rusak parah serta banyaknya korban jiwa yang meninggal [16]-[18]. Pada tahun pertama ini, tahapan pelaksanaan pengujian meliputi :

### 2. Data yang diperoleh pada penelitian Tahun II (2022)

#### a. Investigasi di lokasi terdampak likuifaksi (daerah Petobo, Palu, Sulawesi Tengah)

Selama penyelidikan di lapangan ditemukan beberapa lokasi di bagian tengah dari daerah longsor digenangi rawa dan disajikan dengan air artesis. Terbukti bahwa muka air tanah di lokasi-lokasi tersebut seharusnya sangat tinggi, dan diduga akibat peristiwa likuifaksi yang parah sebelumnya.



**Gambar 1** Lokasi lokasi penting utama di lokasi Petobo untuk perbandingan sebelum dan sesudah slide, dengan juga lokasi bagian yang dipetakan di sepanjang Moh. Jalan Soeharto dibahas di bagian akhir tulisan ini. Foto dasar diambil dari citra satelit Google Earth tahun 2018.10.02.



Foto 1. Sebelum gempa (dilihat dari Selatan)



Foto 1. Setelah gempa (dilihat dari Selatan)



Foto 2. Sebelum gempa (dilihat dari Timur Laut)



Foto 2'. Setelah gempa (dilihat dari Timur Laut)



Foto 3. Sebelum gempa (dilihat dari Utara)



Foto 3'. Setelah gempa (dilihat dari Utara)



Foto 4. Sebelum gempa (dilihat dari Barat Daya)



Foto 4'. Setelah gempa (dilihat dari Barat Daya)



Foto 5. Sebelum gempa (dilihat dari Timur Laut)



Foto 5'. Setelah gempa (dilihat dari Timur Laut)



Foto 6. Sebelum gempa (dilihat dari Timur)



Foto 6'. Setelah gempa (dilihat dari Timur)



Foto 7. Sebelum gempa (dilihat dari Timur)



Foto 7'. Setelah gempa (dilihat dari Timur)



Foto 8. Sebelum gempa (dilihat dari Timur)



Foto 8'. Setelah gempa (dilihat dari Timur)



Foto 9. Sebelum gempa (dilihat dari Barat Daya)



Foto 9'. Setelah gempa (dilihat dari Barat Daya)



Foto 10. Sebelum gempa (dilihat dari Barat Daya)



Foto 10'. Setelah gempa (dilihat dari Barat Daya)



Foto 11. Sebelum gempa (dilihat dari Timur)

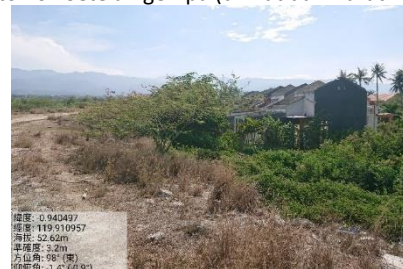


Foto 11'. Setelah gempa (dilihat dari Timur)

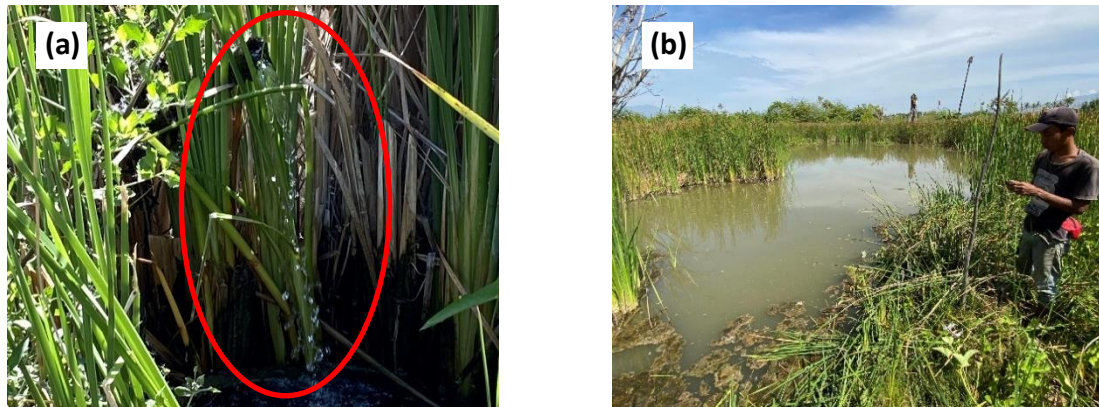


Foto 12. Sebelum gempa (dilihat dari Timur Laut)



Foto 12'. Sebelum gempa (dilihat dari Timur Laut)

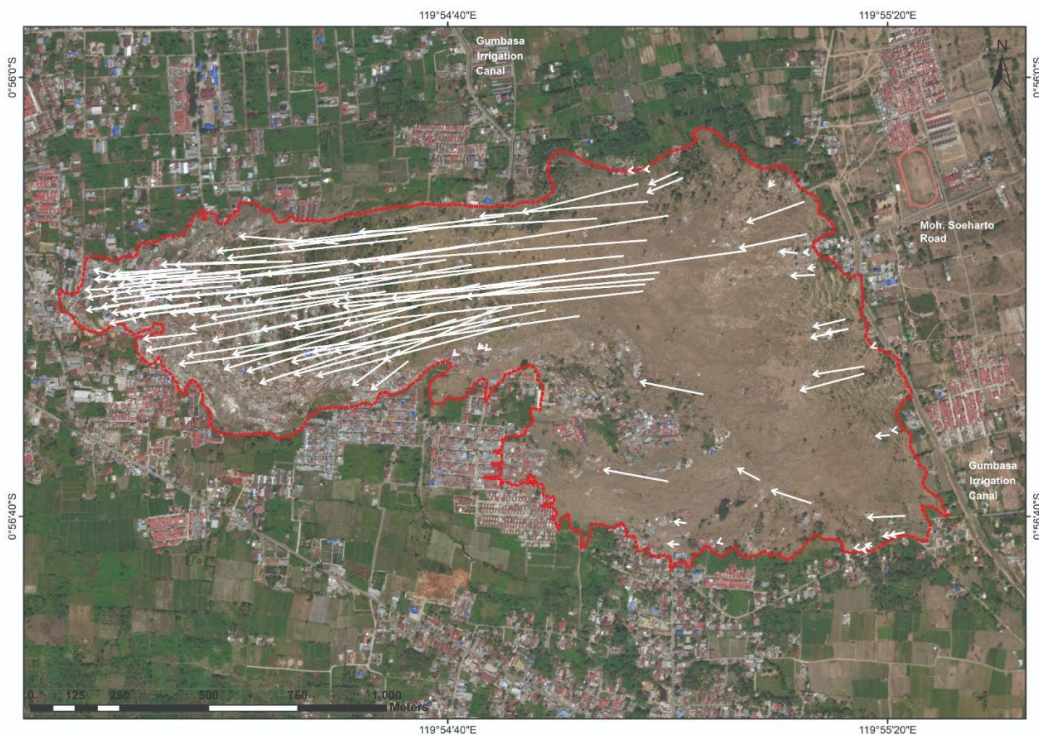
**Gambar 2** Foto sebelum dan sesudah terjadinya gempa Palu-Donggala 28.09.2018. Foto sebelum kejadian gempa diambil dari Google street view. Lokasi pasangan foto ditunjukkan pada gambar sebelumnya.



**Gambar 3** a Kemunculan air artesis di area fowlslide. b sebuah danau yang terbentuk setelah gempa di tengah area bencana

### b. Perpindahan tanah akibat longsoran likuifaksi

Analisis pergeseran tanah diidentifikasi berdasarkan penyelidikan lapangan di lokasi dan kemudian digabung dengan citra satelit Google Earth sebelum dan sesudah gempa. Gambar 4 menunjukkan vektor perpindahan objek di permukaan area bencana Petobo. Seperti yang terlihat, untuk bagian timur area tersebut, tanah longsor yang terjadi mencapai kira-kira sepanjang 200 m. Untuk di bagian tengah, perpindahan tanah mencapai jarak 500~1000 m dan sedangkan di bagian barat area Petobo, perpindahan tanah kurang dari 400 m.

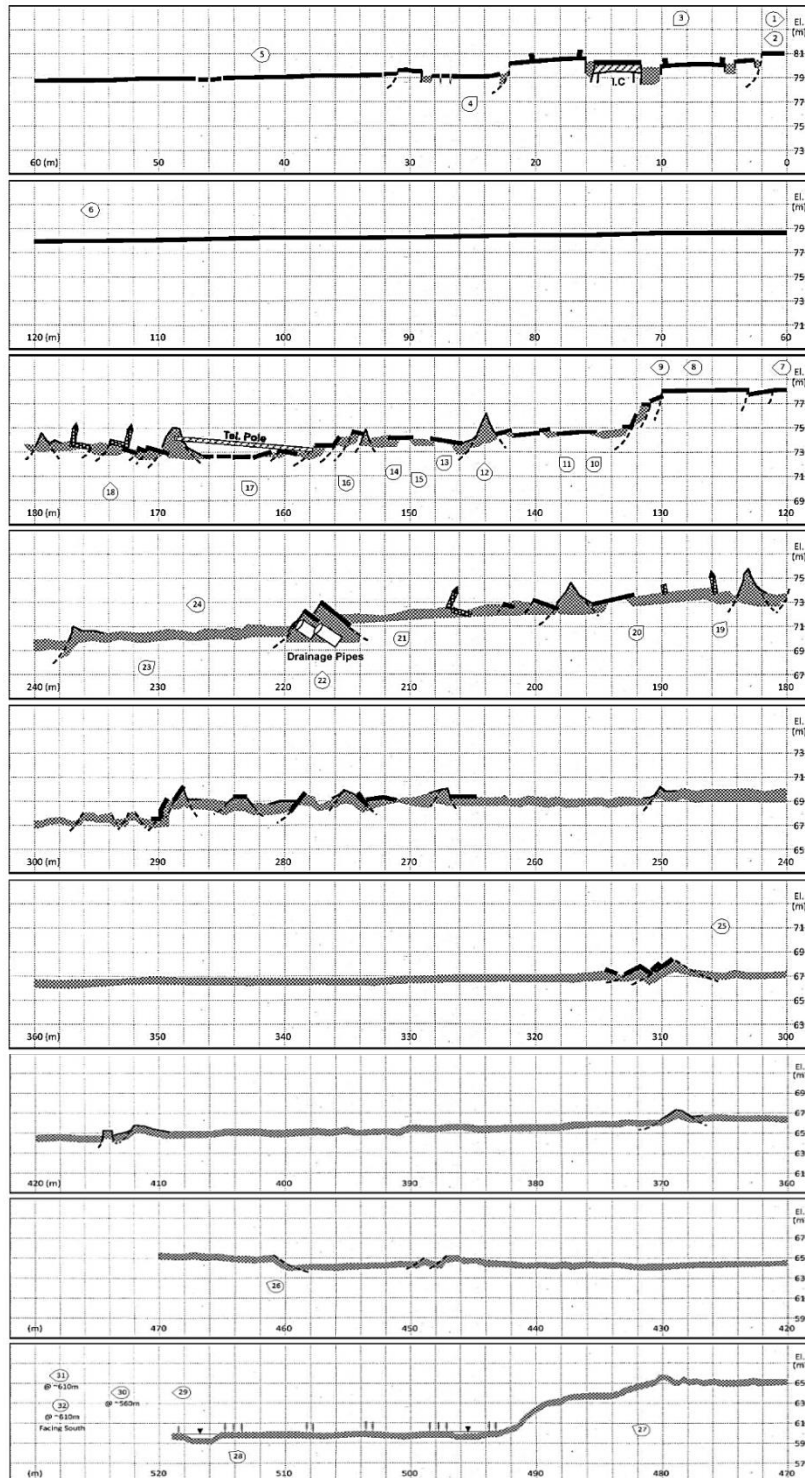


**Gambar 4.** Vektor displacements pada obyek yang berada di permukaan tanah di area Petobo. Panah putih menunjukkan arah perpindahan yang terjadi.

**c. Hasil analisis Tahun II (2022)**

**1. Observasi morfologi di sepanjang jalan Moh Soeharto, Palu**

Hasil observasi di lapangan dilakukan pemetaan secara rinci di sepanjang jalan Moh. Jalan Soeharto. Untuk mengkaji perubahan fenomena tanah akibat bencana dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 5 yang menunjukkan definisi karakterisasi ciri morfologi dan zonasi area sehingga dapat diketahui inisiasi serta proses terjadinya longsor akibat likuifaksi pada kejadian gempa ini. Berdasarkan ilustrasi Gambar 5 mengambil potongan pada Jalan Moh. Soeharto yang melintang dari timur ke barat sepanjang 520 meter. Saluran irigasi Gumbasa ditemukan sekitar 10 meter dari titik nol dan diketahui bahwa ¼ dari panjang potongan tersebut adalah area longsor.



**Gambar 5** Ilustrasi sketch yang ditemukan ketika penyelidikan lapangan di sepanjang jalan Moh. Soeharto



Photo 1



Photo 2



Photo 3



Photo 4



Photo 5



Photo 6



Photo 7



Photo 8



Photo 9



Photo 10



Photo 11



Photo 12



Photo 13

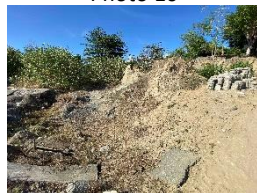


Photo 14



Photo 15



Photo 16



Photo 17



Photo 18



Photo 19



Photo 20

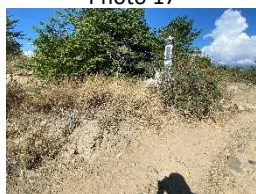


Photo 21



Photo 22



Photo 23



Photo 24

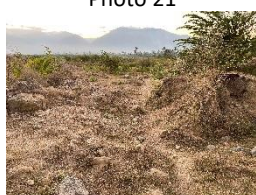


Photo 25

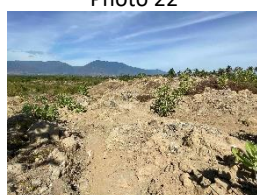


Photo 26



Photo 27



Photo 28



Photo 29



Photo 30



Photo 31



Photo 32

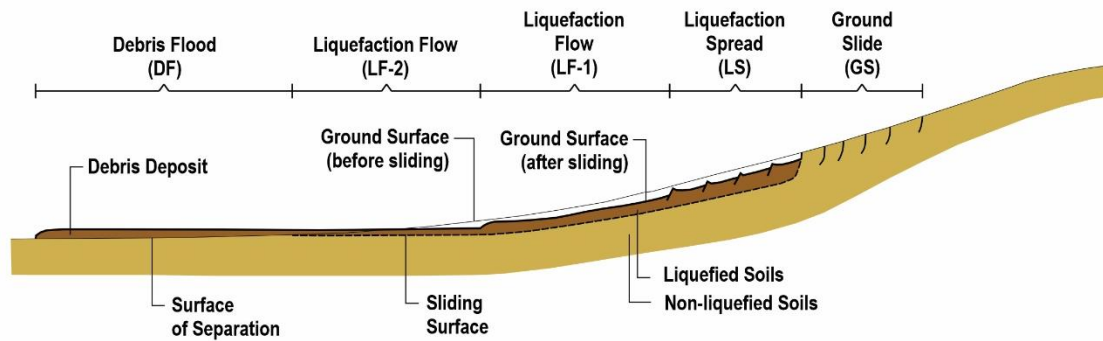
**Gambar 6** Kumpulan foto di lokasi penelitian di sepanjang jalan yang ditampilkan dalam peta sketch di gambar.



## 2. Analisis potensi likuifaksi dan zonasi morfologi daerah Petobo

Berdasarkan hasil pemetaan pada Moh. Jalan Soeharto, kenampakan permukaan yang diamati dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe morfologi. Ciri-ciri morfologi ini mungkin terkait dengan inisiasi dan kemajuan longsor di Petobo selama gempa. Definisi zonasi di area Petobo didasarkan pada terminologi yang umum diadopsi dalam rekayasa geoteknik seperti yang ditunjukkan oleh Hungr et al. [13] agar konsisten sehingga diusulkan empat jenis zona morfologi untuk penelitian ini, seperti yang digambarkan dalam ilustrasi skema yang ditunjukkan pada Gambar. 17. Definisi terkait fitur morfologi dibahas di bawah ini:

- a. Ground Slide (GS) – “Ground Slide” adalah fenomena keruntuhan berupa geseran (slip) material tanah yang koheren [19]-[20], seperti yang diidentifikasi antara Jarak 0~130 m dari bagian yang dipetakan (Gbr. 6) dan diilustrasikan pada Gbr. 5. Umumnya, retakan atau lereng curam terlihat di permukaan, yang membagi tanah menjadi beberapa blok tanah yang tebal. Longsoran tanah dapat dipicu oleh peningkatan inersia tanah secara tiba-tiba, seperti guncangan gempa bumi, dan/atau karena penurunan atau hilangnya penopang pada bagian lereng bawah, seperti pemotongan pada ujung kaki lereng. Permukaan geser/slip pada dasarnya melewati massa tanah utuh, yang tidak dicairkan selama tanah bergetar [21]-[24].
- b. Liquefaction Spread (LS) – “Liquefaction Spread” adalah fenomena kegagalan atau keruntuhan tanah oleh penyebaran siklik lateral kerak bumi yang disebabkan oleh tanah yang dicairkan di bawahnya dalam proses ketika menerima beban siklik [25], seperti yang terlihat pada bagian yang dipetakan antara Jarak 130~290 m (Gbr. 5) dan pada Gambar 7. Manifestasi permukaan penyebaran likuifaksi dapat mencakup serangkaian retakan linier atau puncak tanah (punggungan) dengan tanah yang rusak dan diturunkan (ke samping (yaitu, medan horst dan graben). Struktur permukaan dapat hancur, miring atau terdistorsi (memanjang) sebagai akibat dari gerakan siklik dan penyebaran kerak bumi. Pasir cair yang diekstrusi dapat ditemukan di tanah di daerah retak dan memuncak. Penyebaran likuifaksi dipicu oleh likuifaksi di bawah tanah. Karena sifat siklik dari guncangan, kerak tanah akan bergerak maju mundur secara lateral, menghasilkan penyebaran bertahap, dan ketinggian yang lebih rendah juga, ke arah dengan hambatan lateral yang lebih sedikit [26]-[27].
- c. Liquefaction Flow (LF) – “Liquefaction Flow” adalah fenomena keruntuhan akibat geseran monotonik atau aliran material tanah cair sepenuhnya, yang terjadi terutama setelah guncangan gempa [28], seperti yang digambarkan dalam Jarak tempuh 290~492 m dan lebih dari bagian yang dipetakan (Gambar. 5) dan pada Gambar 7. Permukaan tanah dari aliran likuifaksi biasanya tidak rata dan bergelombang dengan paparan luas pasir likuifaksi. Struktur pada permukaan yang dicairkan dapat tenggelam (terkubur), miring atau terapung dengan aliran untuk jarak yang jauh. Aliran likuifaksi biasanya terjadi di tanah miring di mana bahan tanah sepenuhnya jenuh dan dicairkan karena guncangan tanah. Sebagai akibat dari gravitasi dan/atau gaya pendorong tambahan dari sisi atas lereng, seperti oleh longsoran tanah atau penyebaran likuifaksi, material tanah yang dicairkan dapat mulai mengalir ke bawah lereng setelah guncangan [29]. Aliran likuifaksi dapat berlangsung secara bertahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17, tergantung pada viskositas bahan tanah yang dicairkan, tingkat likuifaksi yang dapat ditahan oleh massa geser, riwayat guncangan, dan geometri permukaan tanah dan geser, dll.
- d. Debris Flood (DF) – “Debris Flood” adalah fenomena kegagalan, mirip dengan “Debris Flood”, dengan meluncurnya secara monoton atau mengalirnya material tanah akibat fenomena likuifaksi yang bercampur dengan puing-puing konstruksi [30]. Namun, Debris Flood berbeda dengan aspek bahwa tanah yang ada di daerah banjir umumnya tidak terlikuidasi (yaitu, stabil) tetapi ditutupi dengan tanah likuifaksi dan puing-puing dari sisi hulu (Gambar. 7). Tanah yang mengalir bercampur dengan puing-puing konstruksi sangat besar dan kuat, dan merusak struktur di tanah yang ada. Manifestasi permukaan dari banjir puing-puing dicirikan oleh permukaan yang tidak teratur dari material dan puing-puing tanah yang dicairkan, hancurnya struktur yang ada dan yang diangkut, dan permukaan tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang tidak terpengaruh oleh banjir. Penyebab banjir puing mirip dengan aliran likuifaksi. Material tanah di sisi hulu pertama-tama mencair sepenuhnya selama guncangan gempa, kemudian mengalir ke bawah lereng secara gravitasi setelah guncangan.



**Gambar 7** Schematic illustration of types of morphological zonation observed in Petobo sliding area due to 2018 Palu-Donggala earthquake.

### 3. Critical state Line

Kondisi morfologi di area Petobo dapat diidentifikasi secara umum dengan melalui pandangan mata burung dari foto drone Sorallump (2018). Seperti ditunjukkan pada Gambar. 8(a), zona longsor tanah (GS) ditemukan di sepanjang Moh. Jalan Soeharto yang berdekatan dengan batas timur longsor Petobo, di mana retakan dan slip terlihat di permukaan dan membagi tanah menjadi beberapa blok tanah. Gambar 8(b) menunjukkan zona penyebaran likuifaksi (LS), aliran likuifaksi (LF) dan banjir puing (DF) di bagian tenggara daerah longsor. Penyebaran likuifaksi ditandai dengan serangkaian fitur lengkung di tanah, sebagai akibat dari penyebaran siklik selama gemetar. Aliran likuifaksi muncul di sebelah hilir dari zona sebaran, dengan permukaan tanah yang relatif lebih halus, karena aliran monoton setelah pengocokan. Banjir puing adalah tanah cair yang mengalir di atas dan menggenangi tanah yang ada, seperti yang terlihat di sisi terjauh dari foto (Gbr. 8(b)), di mana sekitar area kecil dengan rumah-rumah yang ada telah dihancurkan dan dikubur di puing-puing.

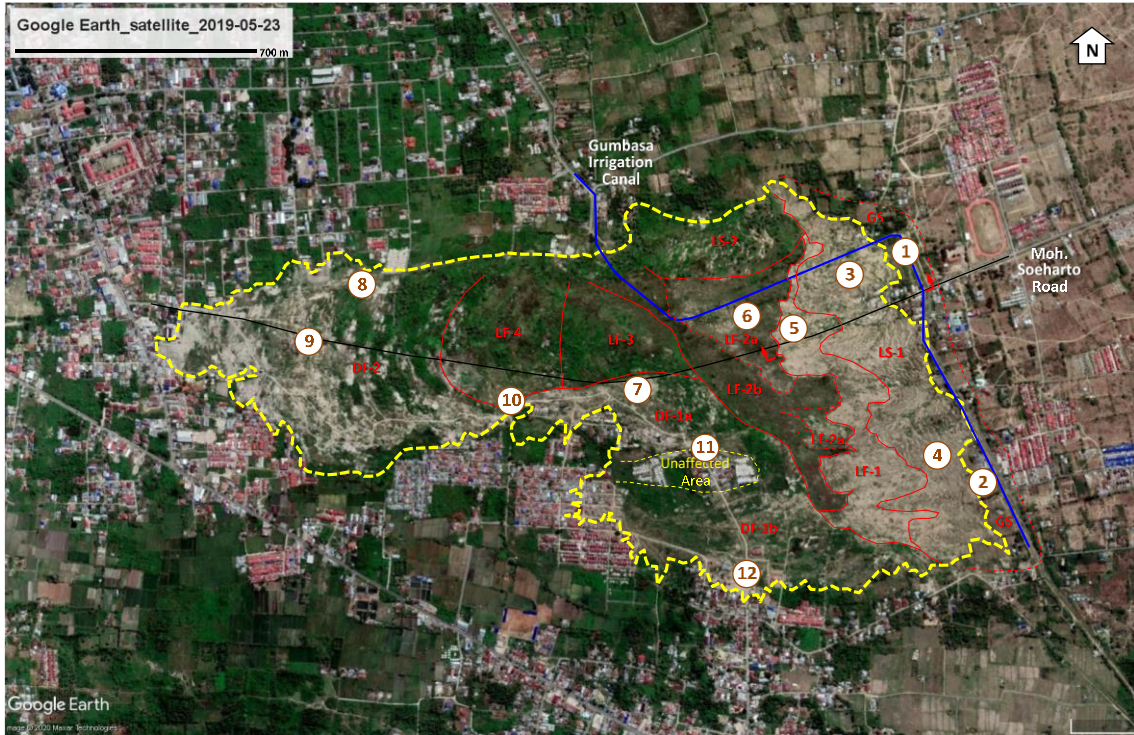


**Gambar 8** Kondisi morfologi permukaan yang diambil dari gambar video oleh Sorallump (2018). **a** Foto kondisi e ground slide di sepanjang jalan Moh. Soeharto road dilihat dari sisi batas timur area Petobo. **b** foto permukaan pada zona liquefaction spread, liquefaction flow, and debris flood pada bagian tenggara Petobo.

Ciri-ciri morfologi yang dikarakterisasi dan ditentukan, terutama berdasarkan pemetaan di sepanjang Moh. Jalan Soeharto, selanjutnya diterapkan untuk zonasi seluruh daerah longsor di Petobo, dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar. 19 & 20. Seperti terlihat pada Gambar 19, longsor tanah (GS) jatuh di zona sempit kira-kira di sepanjang saluran irigasi Gumbasa dan berbatasan dengan batas timur daerah longsor. Foto 1 & 2 dari Gambar 10 menunjukkan fitur representatif (yaitu, retakan dan longsor) dari permukaan longsor tanah. Zona penyebaran likuifaksi (LS) berbatasan dengan barat zona GS, dengan lebar sekitar 300 m ke arah timur-barat. Foto 3 & 4 dari Gambar 10 menunjukkan pola linier dari adanya punggungan tanah dan retakan yang diamati pada sebaran tanah yang terlikuifaksi di lokasi bencana.

Zona aliran likuifaksi (LF) lebih jauh ke barat zona LS. Seperti terlihat pada Foto 5 & 6 dari Gambar 10, yang menunjukkan permukaan aliran likuifaksi umumnya tidak rata dan bergelombang dengan eksposur luasan pasir yang berbutir halus. Selama penyelidikan di lokasi, terlihat bahwa area aliran likuifaksi dapat dibagi menjadi beberapa zona atau area kecil, seperti yang digambarkan pada Gambar 9. Hal ini terjadi diperkirakan akibat perubahan viskositas tanah yang dicairkan selama longsor, kejadian yang berulang. pasca-terjadinya gempa ke area bencana.

Zona banjir puing (DF) berbatasan di sebelah barat zona LF, dekat jari-jari kaki lereng di sebelah barat dan selatan daerah longsor (Gambar 9). Permukaan tanah zona DF ditutupi oleh tanah cair akibat likuifaksi dan puing-puing konstruksi dari sisi hulu, dan hal inilah yang menyebabkan kenaikan elevasi tanah hingga sekitar 8 m dari tanah yang ada. Foto 7~12 dari Gambar 10 menunjukkan timbunan puing di bagian timur dan selatan bidang longsor, dengan komposisi campuran tanah yang terlikuifaksi dan sisa konstruksi, serta tanah yang mengalami perubahan ketinggian elevasi dibandingkan dengan bangunan di sekitarnya yang tidak terpengaruh oleh debris flood.



**Gambar 9** Zonasi morfologi permukaan area Petobo yang terbagi menjadi empat area yaitu Ground Slide (GS), Liquefaction Spread (LS), Liquefaction Flow (LF) dan Debris Flood (DF)



Foto 1 (Tipe: GS)



Foto 2 (Tipe: GS)



Foto 3 (Tipe: LS)



Foto 4 (Tipe: LS)



Foto 5 (Tipe: LF)



Foto 6 (Tipe: LF)



Foto 7 (Tipe: DF/LF)



Foto 8 (Tipe: DF)

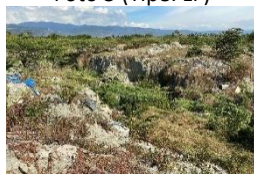


Foto 9 (Tipe: DF)



Foto 10 (Tipe: DF)



Foto 11 (Tipe: DF)



Foto 12 (Tipe: DF)

**Gambar 10** Kumpulan foto yang menggambarkan kondisi morfologi berdasarkan pembagian identifikasi zona pada gambar sebelumnya.

**d. Capaian luaran Tahun II (2023)**

Luaran wajib : Hak Cipta “Sanning Electron Microscope (SEM) Tanah Permukaan Area Petobo, Sulawesi Tengah”  
Nomor Hak Cipta : EC00202238497  
Status : Granted

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Janis Luaran wajib : Hak Cipta  
Identitas Luaran Wajib : Sanning Electron Microscope (SEM) Tanah Permukaan Area Petobo, Sulawesi Tengah”  
Nomor Hak Cipta : EC00202238497  
Status ketercapaian : Granted

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra unggah melalui Simlitabmas.

Peran Mitra dalam penelitian ini membantu dengan meminjamkan alat penelitian di lapangan sehingga dapat dilakukan pengukuran dan identifikasi stratigraphy dari jenis tanah yang ada di lokasi penelitian. Dengan adanya peminjaman alat ini maka penelitian dapat berjalan lancar dan sesuai dengan perencanaan pelaksanaan penelitian. Adapun peminjaman alat yang dapat digunakan peneliti dalam penelitian ini adalah :

1. Data analyzer
2. Geo-resistivity

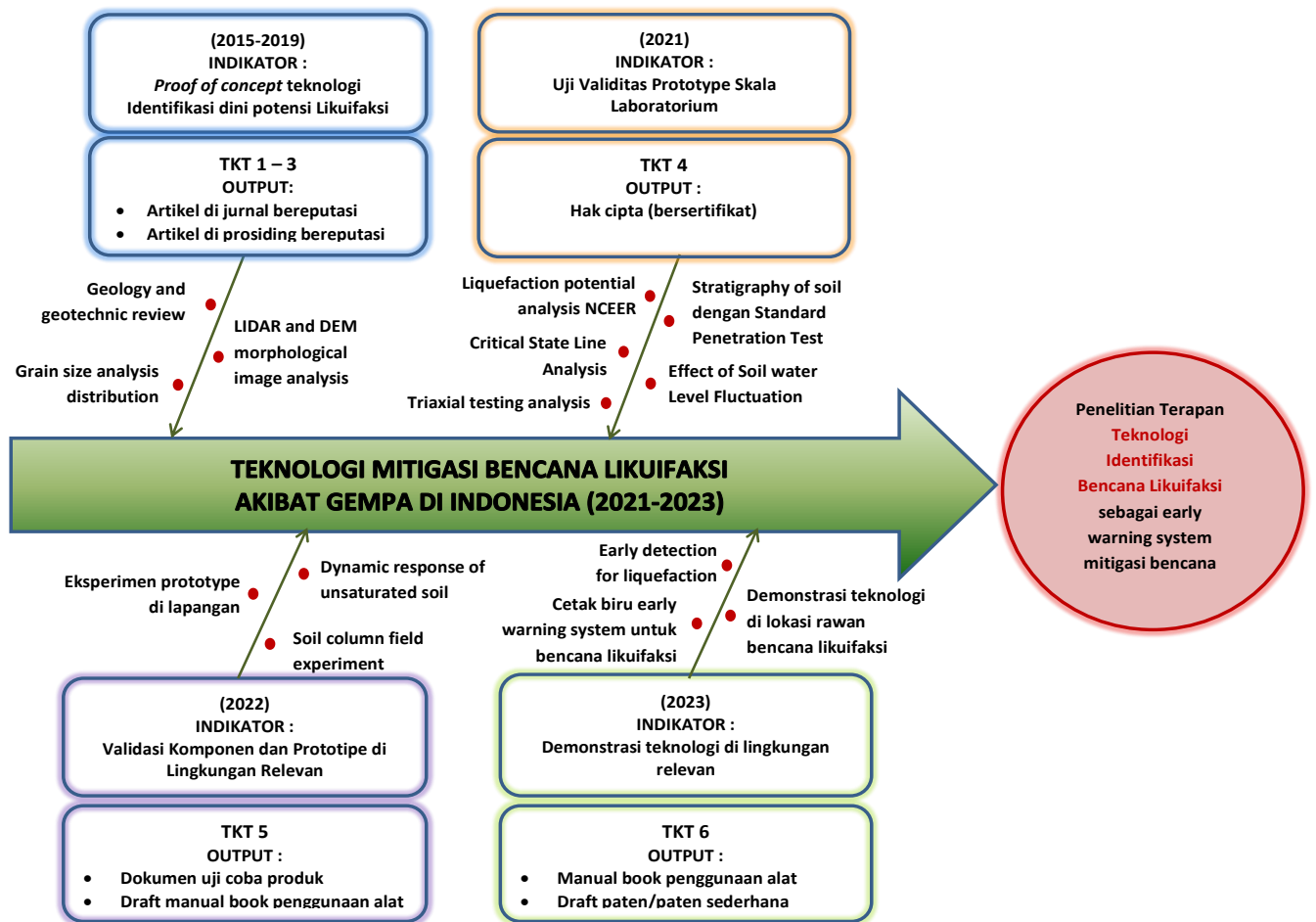
**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Salah satu masalah yang dihadapi selama penelitian ini adalah :

1. Dana penelitian yang baru turun di bulan Juni sehingga untuk bergerak melaksanakan penelitian lebih awal menjadi susah
2. Impor beberapa alat laboratorium yang ternyata terbentur dengan perbedaan jam kerja dengan negara pembuat alat laboratorium yang akan digunakan. Adanya perang Rusia-Ukraina membuat beberapa komponen dari spare part menjadi terkendala pengiriman sehingga . Selain itu, libur musim panas pada negara produsen alat laboratorium membuat pengiriman barang menunggu hingga libur musim panas selesai. Walaupun begitu alat tetap bisa sampai di laboratorium dan pelaksanaan penelitian tetap berjalan seperti rencana yang diharapkan.

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

1. Rencana penelitian di tahun berikutnya  
 Pada tahun ketiga (2023) ini akan dihasilkan engineering feasibility document untuk membuktikan fungsi dan karakteristik penting secara analitis dan eksperimental. Pada tahun ini juga, hasil dari engineering feasibility document digunakan untuk memvalidasi komponen/subsistem dalam lingkungan nyata di lapangan.
2. Rencana realisasi luaran wajib dan luaran tambahan  
 Untuk penelitian tahun ketiga (2023), penelitian dilanjutkan dengan melakukan kalibrasi pengujian lapangan dengan menggunakan alat Standard Penetration test dengan alat uji geo-resistivity. Setelah itu dilakukan integrasi sehingga didapatkan hasil terkait soil column field test. Ketika proses tahap ini dilakukan, maka akan dimasukkan parameter dynamic response unsaturated soil sehingga dapat diketahui perilaku longsor yang terjadi di site area penelitian. Hasil penelitian di tahun ketiga akan menghasilkan output :
  - a. Dokumen uji coba produk (luaran wajib)
  - b. Artikel yang teindeks dalam jurnal SINTA 2 (luaran tambahan)
3. Roadmap penelitian keseluruhan  
 Untuk penelitian secara keseluruhan dalam 3 tahun dapat dilihat pada roadmap di bawah ini.



**Gambar 11** Road map penelitian secara keseluruhan

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Abendanon EC (1917) Expedition de la celedes centrale—Voyages geologiques et geographiques a travers la celedes centrale (1909—1910). Librairie et Imprimerie ci-devant. Leyde: E. J. Brill
2. Bellier O, Bourles DL, Beaudouin T, Braucher R (1999) Cosmic Ray Exposure (CRE) dating in a wet

- tropical domain: late quaternary fan emplacements in central Sulawesi (Indonesia). *Terra Nova* 11:174–180. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.1999.00242.x>
3. Bellier O, Sebrier M, Beaudouin T, Villeneuve M, Braucher R, Bourles D, Siame L, Putranto E, Pratomo I (2001) High slip rate for a low seismicity along the Palu-Koro active fault in central Sulawesi (Indonesia). *Terra Nova* 13: 463-470. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2001.00382.x>
  4. Bellier O, Sebrier M, Seward D, Beaudouin T, Villeneuve M, Putranto E (2006) Fission track and fault kinematics analyses for new insight into the Late Cenozoic tectonic regime changes in West-Central Sulawesi (Indonesia). *Tectonophysics* 413:201–220. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.10.036>
  5. Bradley K, Mallick R, Andikagumi H, Hubbard J, Meilianda E, Switzer A, Du N, Brocard G, Alfian D, Benazir B, Feng G, Yun S, Majewski J, Wei S, Hill EM (2019) Earthquake-triggered 2018 Palu Valley Landslides Enabled by Wet Rice Cultivation. *Nat. Geosci* 12:935–939.
  6. Centre of Data and Information Technology (2020) Lidar data of Petobo area before and after Palu earthquake 2018. Ministry of Public Works and Public Housing of the Republic of Indonesia
  7. Cipta A, Robiana R, Griffin JD, Horspool N, Hidayati S, Cummins PR (2016) A probabilistic seismic hazard assessment for Sulawesi, Indonesia. From: Cummins PR, Meilano I (eds) *Geohazards in Indonesia: Earth Science for Disaster Risk Reduction*, Geological Society, London, Special Publication, 441, <http://doi.org/10.1144/SP441.6>
  8. Cummins PR (2019) Irrigation and the Palu landslides. *Nature Geoscience* 12:881–882. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0467-7>
  9. Daryono MR (2016) Paleoseismology Tropis of Indonesia (Study case: Sumatera Fault, Palukoro-Matano Fault, and Lembang Fault). PhD Dissertation Institut Teknologi Bandung
  10. GEER team: H. Benjamin Mason, Aaron P. Gallant, Daniel H, Jack M, A. Nicole Reed, Joseph W, Masyhur I, Widjojo P, Didiek D, Dandung H, Idrus A, Paulus R, Pintor S, Aksan K, Rahma H (2019) Geotechnical Extreme Events Reconnaissance. *Geotechnical Reconnaissance: The 28 September 2018 M7.5 Palu-Donggala, Indonesia Earthquake*
  11. Hanifa R (2018) GEER – HATTI – PuSGeN Joint Survey on Palu Earthquake 2018 (M7.4) 13-18 Nov 2018. Presentation, Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education, Jakarta, Indonesia, November 12, 2018
  12. Hidayat RF, Kiyota T, Tada N, Hayakawa J, Nawir H (2020) Reconnaissance on liquefaction-induced flow failure cause by the 2018 Mw 7.5 Sulawesi earthquake, Palu, Indonesia. *J. Eng. Technol. Sci*, 52: 51-65
  13. Hungr O, Leroueil S, Picarelli L (2014) The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11:167-194. DOI 10.1007/s10346-013-0436-y
  14. Irsyam M, Cummins PR, Asrurifak M, Faizal L, Natawidjaja DH, Widiyantoro S, Meilano I, Triyoso W, Rudiyanto A, Hidayati S, Ridwan M, Hanifa NR, Syahbana AJ (2020) Development of the 2017 national seismic hazard maps of Indonesia. <https://doi.org/10.1177/8755293020951206>
  15. Jaya A, Nishikawa O, Jumadil S (2019) Distribution and morphology of the surface ruptures of the 2018 Donggala–Palu earthquake, Central Sulawesi, Indonesia. *Earth Planets Space* 71:144. <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1126-3>
  16. Kadarusman A, Van Leeuwen TM, Sopaheluwakan J (2011) Eclogite, Peridotite, Granulite, and Associated High-Grade Rocks from The Palu Region, Central Sulawesi, Indonesia: An Example of Mantle and Crust Interaction in A Young Orogenic Belt, in *Proceedings JCM Makassar*.
  17. Kiyota T, Furuichi H, Hidayat RF, Tada N, Nawir H (2020) Overview of long-distance flow-slide caused by the 2018 Sulawesi earthquake, Indonesia. *Soils and Foundation*. doi: 10.1016/j.sandf.2020.03.015
  18. Litwin MK, Reitz MD, Jerolmack DJ (2014) Generalized sorting profile of alluvial fans, *Geophys. Res. Lett.*, 41:7191–7199
  19. Meteorological, Climatological and Geophysical Agency (2021) Data Online Pusat Database –BMKG. Accessed through <https://dataonline.bmkg.go.id/home> in 30 March 2021
  20. Nugraha AMS, Hall R (2018) Late Cenozoic paleogeography of Sulawesi, Indonesia. *Paleogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 490:191–209. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.10.033>
  21. Patria A, Putra PS (2020) Development of the Palu–Koro Fault in NW Palu Valley, Indonesia. *Geosci. Lett.* 7, 1. <https://doi.org/10.1186/s40562-020-0150-2>
  22. PusGen (2018) Damages Associated with Geotechnical Problems in 2018 Palu Earthquake, Indonesia, A Summary on the Impact of Palu-Donggala Mw 7.4 Earthquake on Urban Area of Palu, Donggala, and Sigi
  23. Pyi ST, Subagyo P, Kirbani SB, Junji K, Wahyu W, Aiko F, Agung S, Rusnardi R (2015) Estimation of S-wave Velocity Structure for Sedimentary Layered Media Using Microtremor Array Measurements in Palu City, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences* 28:595-605. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.070>
  24. Risna W (2012) Geological Investigation on the Liquefaction Potential of Palu Area, Central Sulawesi Province. Indonesian Geological Agency (in Indonesian)
  25. Socquet A, Hollingsworth J, Pathier E, Bouchon M (2019) Evidence of supershear during the 2018

- magnitude 7.5 Palu earthquake from space geodesy. *Nature Geoscience* 12:192-199. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0296-0>
26. Socquet A, Vigny C, Chamot-Rooke N, Simons W, Rangin C, Ambrosius B (2006) India and Sunda plates motion and deformation along their boundary in Myanmar determined by GPS. *J Geophys Res* 111:1–15. <https://doi.org/10.1029/2005JB003877>
  27. Soralump S (2018) Drone videos: Petobo, Palu, Indonesia, 2018, Palu Earthquake (<https://www.youtube.com/watch?v=T4JkK9mrSk4>; accessed: 2020.11.28); Petobo, Palu, Liquefaction and lateral spreading, Indonesia ([https://www.youtube.com/watch?v=1HIbyMllw\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=1HIbyMllw_8); accessed: 2020.11.28)
  28. USGS (2020) Earthquake Hazards Program M7.5 - 70 km N of Palu, Indonesia. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive>. (Oct. 5th 2020).
  29. Watkinson IM, Hall R (2017) Fault systems of the eastern Indonesian triple junction: evaluation of Quaternary activity and implications for seismic hazards. In: Cummins PR, Meilano I (eds) *Geohazards in Indonesia: earth science for disaster risk reduction*. Geological Society of London Special Publications 441(1):71–120
  30. Watkinson IM, Hall R (2019) Impact of communal irrigation on the 2018 Palu earthquake-triggered landslides. *Nat. Geosci* 12:940–947. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0448-x>