

**Kajian Resiliensi Fisik Pasca Bencana Gerakan Tanah Sebagai Dasar
Dalam Penentuan Kebijakan Relokasi, Studi Kasus Kabupaten Bogor, Jawa Barat*****Assessment of Physical Resilience in Post-Disaster Landslides for Development of
Resettlement Policy: A Case Study of Bogor Regency, West Java***Iqbal Eras Putra^{1,2}, Asep Nursalim², dan Kibar M. Suryadana²¹Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan
Kebijakan (SAPPK) Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132 - Indonesia

²Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Jalan Diponegoro No. 57 Bandung 40122 Indonesia

e-mail: iqbalputra87@gmail.com

Naskah diterima 20 September 2023, selesai direvisi 20 April 2024, dan disetujui 25 April 2024

ABSTRAK

Gerakan tanah sebagai salah satu bencana yang terkait dengan curah hujan mengalami peningkatan frekuensi kejadian seiring dengan perubahan iklim yang terjadi secara global. Indonesia sebagai negara tropis dengan curah hujan yang tinggi membuat potensi bencana gerakan tanah juga semakin meningkat. Upaya penanggulangannya saat ini lebih banyak bersifat reaktif, yaitu dilakukan pasca terjadi bencana, salah satunya ialah kebijakan relokasi untuk masyarakat terdampak. Namun, kebijakan relokasi tersebut tidak selalu berhasil membuat kehidupan masyarakat terdampak menjadi lebih baik. Perpindahan tempat tinggal membuat masyarakat harus beradaptasi, terkadang meliputi segenap aspek sehingga resiliensi masyarakat pasca relokasi lebih rendah dibanding lokasi asal. Segenap masalah yang dapat muncul tersebut membuat masyarakat cenderung memilih untuk tetap tinggal dengan anggapan gerakan tanah tidak akan terjadi setiap waktu dibanding tinggal di tempat baru yang kemungkinan lebih aman dari bencana. Oleh karena itu, kebijakan relokasi menjadi pilihan terakhir ketika rehabilitasi lahan dan rekayasa geoteknik tidak memungkinkan. Untuk itu, resiliensi daerah terdampak perlu dikaji terlebih dahulu dengan pertimbangan bahwa menetap di daerah asal lebih menjamin resiliensi sosial dan ekonomi masyarakat. Dengan demikian diperlukan kajian aspek fisik di daerah terdampak untuk menilai tingkat resiliensi fisik pasca terdampak gerakan tanah. Resiliensi fisik meliputi berbagai aspek yang menjadi penyebab gerakan tanah seperti kemiringan lereng, kondisi batuan, keairan, tata guna lahan, serta curah hujan. Hasil kajian menunjukkan bahwa hampir semua aspek mengalami perubahan pasca terjadi gerakan tanah. Kemiringan lereng yang berkaitan dengan gerakan tanah susulan memiliki resiliensi yang paling rendah. Aspek berikutnya yang perlu diperhatikan adalah kondisi geologi sedangkan aspek curah hujan yang menjadi pemicu justru mengalami penurunan dalam 3 tahun terakhir.

Kata kunci: Gerakan Tanah, Pasca Bencana, Relokasi, Resiliensi**ABSTRACT**

The global climate change has led to significant changes in rainfall patterns, particularly in tropical countries like Indonesia. As a consequence, landslides have become more frequent as a hazard mostly induced by heavy rainfall. Post-disaster management is a primary focus in disaster risk reduction, with resettlement being one of the key policy points. Resettlement is not always a better option, as there are many cases where it's difficult to adapt to society, livelihood, and culture. These are the most common reasons, not to mention the problems of land ownership. Given all of these potential hazards, some people believe that it is preferable to face the risk of a landslide in their original neighborhood rather than stay safe in a new settlement, as they assume that a landslide may not occur frequently. Upon this condition, the affected area's physical resilience must be restored through rehabilitation and geotechnical engineering. Relocation should only be considered as a last resort if these measures are deemed insufficient. The physical aspects, such as slope, soil or geological condition, hydrology, land use, and average rainfall are the

controlling factors of landslides. Analysis shows that the landslide has influenced almost all aspects. However, the slope, which is highly related to the remedial landslide, has a poor resilience level. Geological settings need to be paid attention to while rainfall, as the most common triggering factor, has been decreasing over the past three years

Keywords: *Landslide, Post-Disaster, Resettlement, Resilience*

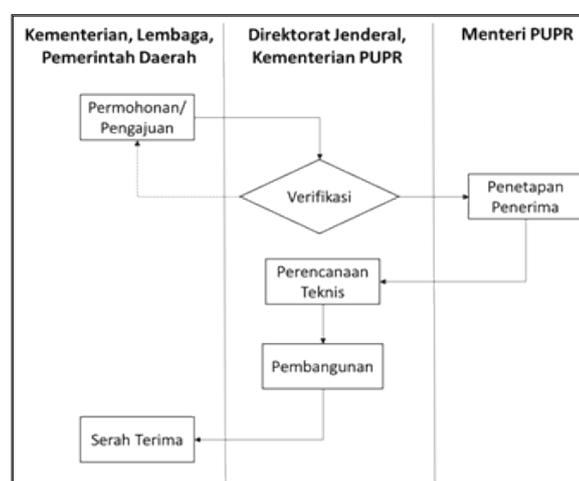
PENDAHULUAN

Gerakan tanah merupakan salah satu bencana yang terkait langsung dengan dinamika curah hujan. Perubahan iklim global beberapa tahun terakhir mengakibatkan peningkatan pada curah hujan (Liang & Ding, 2017; Zhang dr., 2019). Peningkatan curah hujan berimplikasi pada frekuensi kejadian bencana terkait cuaca seperti gerakan tanah (Gariano & Guzzetti, 2016) cenderung meningkat (Komori dr., 2018).

Indonesia sebagai negara tropis yang memiliki rata-rata curah hujan tinggi mengalami dampak dari perubahan iklim tersebut. Perubahan pola musim dan terjadinya cuaca ekstrim akibat perubahan iklim global (Mann dr., 2017) menjadikan Indonesia semakin rawan terhadap bencana gerakan tanah. Peningkatan frekuensi kejadian gerakan tanah dapat dilihat dari data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Frekuensi kejadian gerakan tanah di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat dengan puncaknya terjadi pada tahun 2021 sebanyak 1321 kejadian di seluruh Indonesia (BNPB, 2024).

Upaya pengurangan resiko bencana untuk mengatasi dampak dari perubahan iklim secara umum telah dituangkan dalam kerangka Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR) melalui konsep *Build Back Better* (UNISDR, 2015). Salah satu upaya yang diangkat adalah relokasi masyarakat yang berada di daerah rawan bencana terutama yang pernah terkena bencana. Upaya ini diperkuat kembali dalam komitmen Bali Agenda poin pertama agar upaya pengurangan risiko bencana, termasuk relokasi, diintegrasikan dalam bentuk kebijakan pembangunan (UNDRR, 2022). Akan tetapi, kebijakan relokasi yang sudah disusun masih berlaku umum untuk semua matra bencana, belum melihat karakteristik dari masing-masing bencana tersebut sehingga implementasinya perlu melalui kajian terlebih dahulu.

Relokasi merupakan pemindahan penduduk beserta pemukiman dan sarana penunjangnya, dalam beberapa kasus termasuk mata pencaharian dan lapangan pekerjaannya, disebabkan lokasi semula tidak dapat dihuni kembali (UNDP, 2022), salah satunya akibat terdampak bencana (Baert dr., 2020; Guo & Kapucu, 2017; Liu



Gambar 1. Alur tahapan penyediaan rumah khusus, termasuk relokasi pemukiman terkait bencana. Dalam tahap permohonan, harus disertai kajian teknis terkait area yang diajukan.

dr., 2020). Upaya ini ditempuh sebagai langkah rehabilitasi dan rekonstruksi pemukiman ini dengan harapan lahan yang baru akan aman dari gerakan tanah dan kondisi masyarakat terdampak dapat pulih kembali. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Permen PUPR) nomor 7 Tahun 2022 pasal 71, relokasi terkait bencana termasuk dalam pasal penyediaan rumah khusus, sementara tahapan pelaksanaannya diatur dalam pasal 72 seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Tahap permohonan dilakukan oleh pemerintah daerah, dengan persyaratan proposal dan teknis, yang memuat pernyataan bahwa lokasi yang diajukan tidak berada di kawasan rawan bencana (Permen PUPR, 2022). Pada prakteknya, kawasan perbukitan hampir seluruhnya merupakan kawasan rawan bencana gerakan tanah sehingga pilihan untuk lahan relokasi menjadi terbatas. Oleh karena itu, pernyataan terkait kondisi kerawanan bencana gerakan tanah dikeluarkan setelah dilakukan kajian terlebih dahulu oleh instansi yang berwenang dalam mitigasi bencana.

Namun, relokasi sejatinya tidak hanya memindahkan rumah dan penghuninya, tetapi juga memindahkan pola kehidupan sosial dan mata pencahariannya yang dapat berimplikasi pada kesejahteraan warga yang direlokasi tersebut (Baert dr., 2020; Madushani dr., 2019). Kebijakan relokasi di beberapa negara telah gagal membuat kehidupan masyarakat menjadi lebih baik akibat desain dan infrastruktur yang kurang layak, isu kepemilikan lahan, serta masalah budaya (Sultana dan Tan, 2021) dan aspek sosial-ekonomi warga yang dipindahkan (Sridarran dr., 2018). Meskipun resiliensi fisik daerah relokasi umumnya lebih baik, namun masalah sosial-ekonomi yang muncul akibat perpindahan tempat dapat membuat resiliensi sosial-ekonominya menurun (Liu dr., 2020).

Dampak negatif tersebut dapat membuat warga cenderung kembali ke tempat semula, dengan resiko gerakan tanah susulan yang mungkin melanda mereka di masa depan. Keengganan untuk direlokasi tersebut dapat berkembang

menjadi penolakan jika ada warga lain yang masih diperbolehkan tinggal atau ada keterikatan budaya lokal dengan daerah asalnya (Baert dr., 2020). Aspek sosial yang sudah kuat tersebut berpotensi terganggu ketika dipindah ke tempat baru (Liu dr., 2020), terlebih faktor psikologi pada aspek sosial relatif sulit untuk diprediksi secara akurat. Oleh karena itu, kebijakan relokasi sebaiknya menjadi pilihan terakhir setelah kajian resiliensi fisik menghasilkan bahwa daerah terdampak memang sudah tidak menunjang untuk pemukiman pasca terkena gerakan tanah.

Resiliensi fisik pasca bencana dilakukan pada lokasi terdampak bencana gerakan tanah yang membuat pemukiman rusak berat dan tidak bisa dihuni kembali. Paper ini membahas tentang aspek fisik apa saja yang berubah pasca terjadi gerakan tanah beserta pengaruhnya terhadap resiliensi daerah tersebut. Menilai tingkat resiliensi dari masing-masing aspek tersebut menjadi tujuan dari paper ini, untuk menjadi dasar dalam tingkat resiliensi daerah terdampak untuk dihuni kembali. Hasil dari penilaian tersebut menjadi dasar penentuan apakah perlu ditetapkan kebijakan relokasi atau tidak. Resiliensi fisik pasca bencana gerakan tanah tidak selalu berkurang sedangkan secara sosial-ekonomi, menetap di daerah asal relatif lebih resilien dibanding merelokasi warga ke tempat baru. Adapun kerugian akibat bencana gerakan tanah, menurut Dai dr. (2002) sebenarnya dapat dikurangi dengan perencanaan dan manajemen wilayah yang baik. Dengan alternatif pilihan ini diharapkan masyarakat dapat tetap tinggal di sekitar lokasi asal sehingga tidak mengubah resiliensi sosio-ekonomi namun tetap terhindar dari bencana gerakan tanah di masa depan.

METODE PENELITIAN

Dalam pengajuan permohonan lahan relokasi, harus disertai proposal dan kajian teknis (Gambar 1). Proposal tersebut harus memiliki beberapa persyaratan teknis yang dilakukan oleh instansi lain sesuai kompetensi teknis yang dibutuhkan. Pada prakteknya, persyaratan teknis

ini kerap diabaikan untuk mempercepat proses pengajuan.

Salah satu pemerintah daerah yang rutin melakukan kajian teknis dalam pembuatan proposal lahan relokasi adalah Pemda Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Bencana gerakan tanah yang pada tahun 2020 yang terjadi secara masif di Kabupaten Bogor merupakan salah satu pemicu utamanya. Tidak kurang dari 500 titik gerakan tanah terjadi di Kecamatan Sukajaya saja, dengan Desa Cileuksa menjadi wilayah yang terdampak paling parah. Berdasarkan klasifikasi Cruden & Varnes (1996), gerakan tanah yang terjadi berupa longsoran tanah (*rotational slides*) yang berkembang menjadi aliran (*debris flow*). Gerakan tanah tipe ini cenderung membuat lereng menjadi kembali mencapai kesetimbangan (Cruden & Varnes, 1996) namun dapat juga menjadi tahap awal dari mekanisme gerakan tanah lain yang lebih besar (Hungrr dr., 2014). Gerakan tanah ini mengakibatkan akses jalan terputus dan 194 rumah rusak hingga tidak dapat dihuni kembali, namun tidak ada korban meninggal. Dampak gerakan tanah yang masif tersebut menjadi dasar pemerintah daerah untuk mengeluarkan kebijakan relokasi total seluruh desa yang terdampak (Aryani dr., 2023).

Proses pembangunan lahan relokasi pasca bencana gerakan tanah tahun 2020 tersebut sebagian belum selesai hingga tahun 2022 lalu, disebabkan masih terkendala ketersediaan lahan yang relatif datar/landai sehingga aman dari bencana gerakan tanah. Morfologi Desa Cileuksa yang berbukit dengan kemiringan curam menjadi kendala terbesar dalam mencari lahan yang memadai untuk pemukiman. Keterbatasan tersebut membuat pemerintah setempat memutuskan untuk merekayasa morfologi pemukiman asal yang terdampak bencana agar memadai dan aman sebagai lahan relokasi (Gambar 2). Keunikan pemilihan lahan relokasi ini menjadi menarik karena secara tidak terlalu mengganggu aspek sosial dan budaya masyarakat, namun perlu dianalisis apakah aspek fisik daerah tersebut masih memiliki resiliensi yang cukup pasca bencana gerakan tanah.

Gerakan tanah merupakan bencana yang dikontrol oleh faktor penyebab dan faktor pemicu. Faktor penyebab merupakan berbagai aspek yang mendorong berkurangnya kestabilan lereng sedangkan faktor pemicu adalah aspek yang mendorong terjadinya gerakan tanah (McColl, 2022). Morfologi, kondisi geologi, tata guna lahan dan hidrologi merupakan faktor penyebab



Gambar 2. Permukiman di kaki bukit yang hancur akibat gerakan tanah di Desa Cileuksa. Area ini akan direkonstruksi untuk menjadi lahan relokasi bagi warga terdampak tanpa perlu pindah ke lokasi baru.

sementara faktor pemicu berupa curah hujan, gempa bumi, dan aktivitas manusia (McColl, 2022; Popescu, 2002). Faktor-faktor tersebut diamati langsung di lapangan kemudian dianalisis lebih lanjut berdasarkan data lapangan yang sudah dikumpulkan.

Pengamatan lapangan dilakukan dengan mengukur, mendeskripsikan, dan melakukan pengujian untuk mengidentifikasi parameter yang mewakili aspek morfologi, geologi, tata guna lahan, dan hidrologi. Tahap ini dilakukan saat peninjauan lapangan dengan peralatan lapangan maupun pengamatan langsung. Beberapa foto sebagai dokumentasi serta bahan untuk analisis dikumpulkan pada periode yang sama.

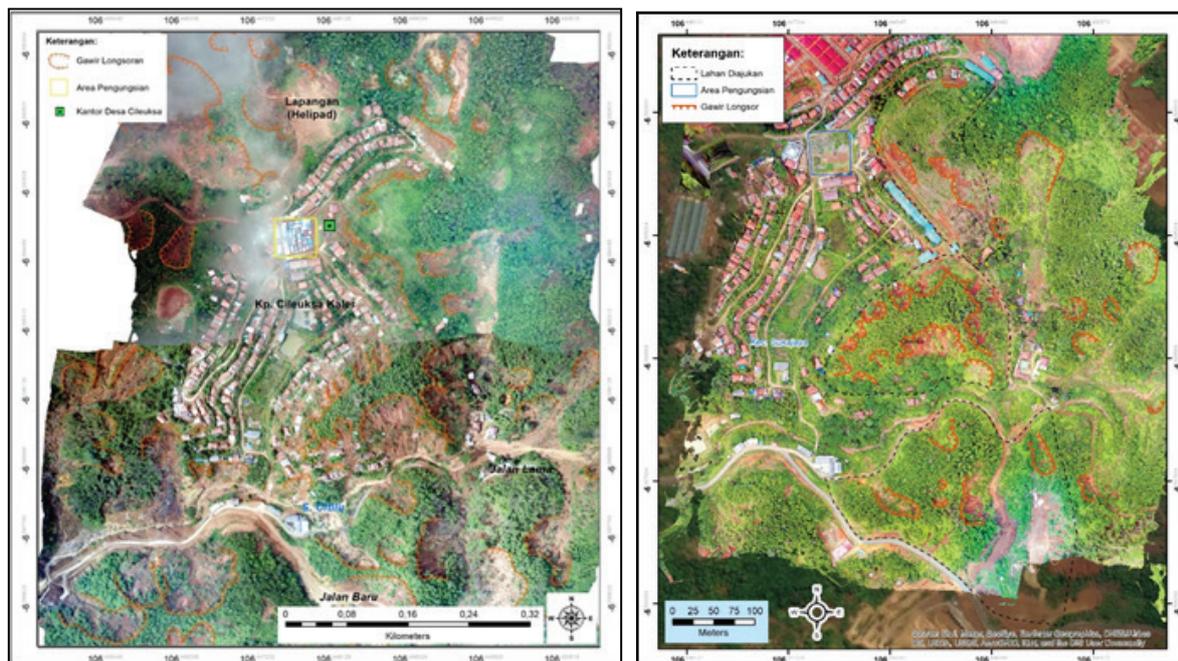
Analisis selanjutnya dilakukan secara spasial berdasarkan foto udara yang telah diolah menjadi data *Digital Surface Model* (DSM). Data ini menggambarkan bentuk permukaan suatu daerah termasuk bangunan dan vegetasi (dalam Julzarika & Harintaka, 2019) sehingga dapat digunakan untuk analisis tata guna lahan (Qiao dr., 2016).

Faktor lain yang tidak dapat diamati langsung maupun dianalisis secara spasial seperti curah

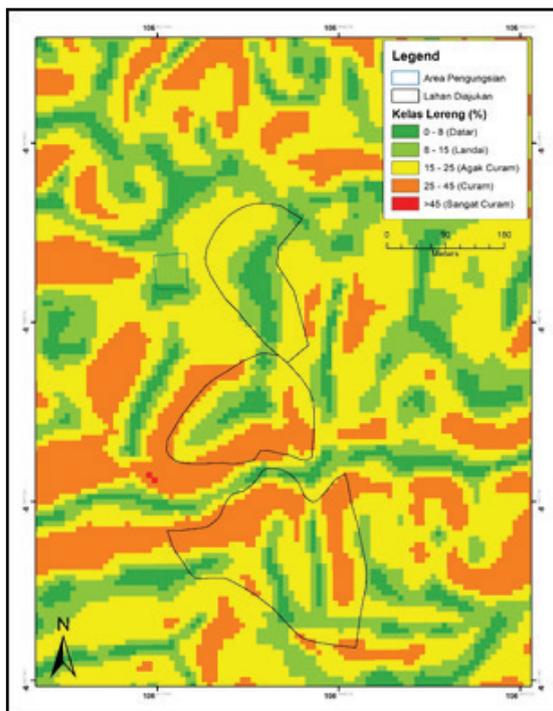
hujan diperoleh dari data sekunder. Adapun aktivitas manusia dianggap sebagai faktor eksternal yang memerlukan analisis lebih lanjut (McColl, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan lapangan pada daerah yang diajukkan untuk lahan relokasi menunjukkan adanya jejak gerakan tanah lama yang signifikan pada lerengnya. Adanya gerakan tanah lama tersebut mengindikasikan bahwa lereng di lahan ini sudah terganggu terutama di area sekitar gawir mahkota longsor. Gerakan tanah ini terjadi pada tahun 2020 secara serentak yang dipicu oleh curah hujan tinggi. Perbandingan area gerakan tanah pada tahun 2020 (Gambar 3a) dengan tahun 2022 (Gambar 3b) tidak menunjukkan adanya gerakan tanah susulan, yang menandakan bahwa gerakan tanah ini cenderung membuat lereng mencapai kesetimbangan baru. Selain itu, gerakan tanah yang terjadi pada bagian lereng yang dipotong (*cut slope*) membuat lereng menjadi relatif lebih landai dan lebih stabil.



Gambar 3. Perbandingan kondisi gerakan tanah tahun 2020 (a) dan tahun 2022 (b). Gawir gerakan tanah relatif tidak meluas, mulai tertutup vegetasi, dan tidak menunjukkan adanya gerakan tanah susulan yang menunjukkan bahwa gerakan tanah ini cenderung membuat lereng mencapai kesetimbangan baru.



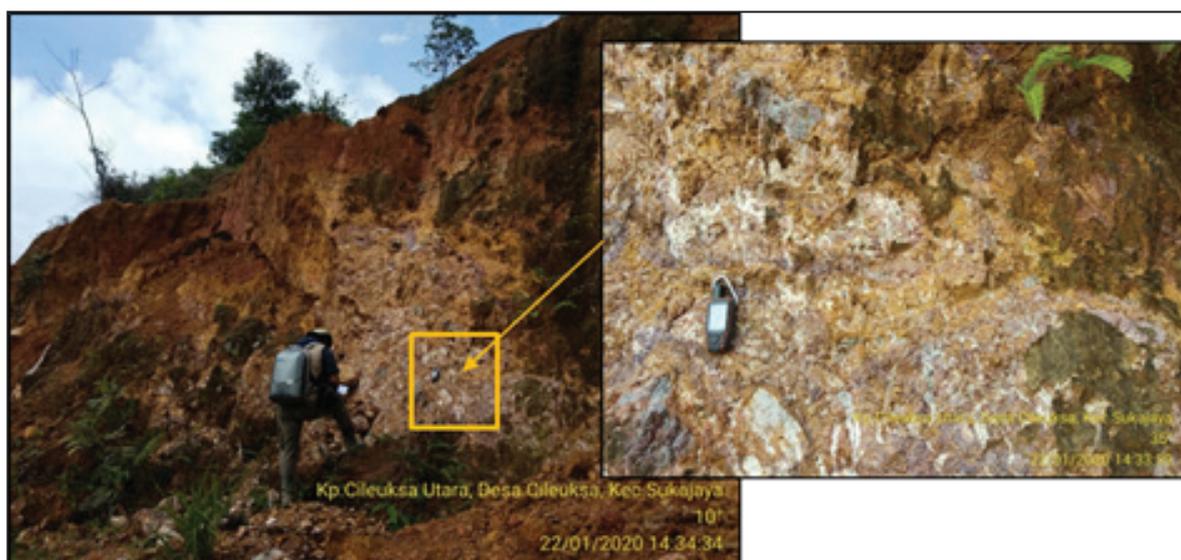
Gambar 4. Kemiringan lereng calon lahan relokasi di Desa Cileuksa yang diolah dari data DEMNAS.

Pengukuran lapangan menghasilkan bahwa daerah terdampak yang akan dijadikan lahan relokasi berada pada kemiringan lereng antara 20% – 45% dengan morfologi perbukitan yang puncaknya relatif landai. Lereng dengan kisaran tersebut tergolong curam untuk kawasan budidaya berdasarkan Permen PU Nomor 41 Tahun

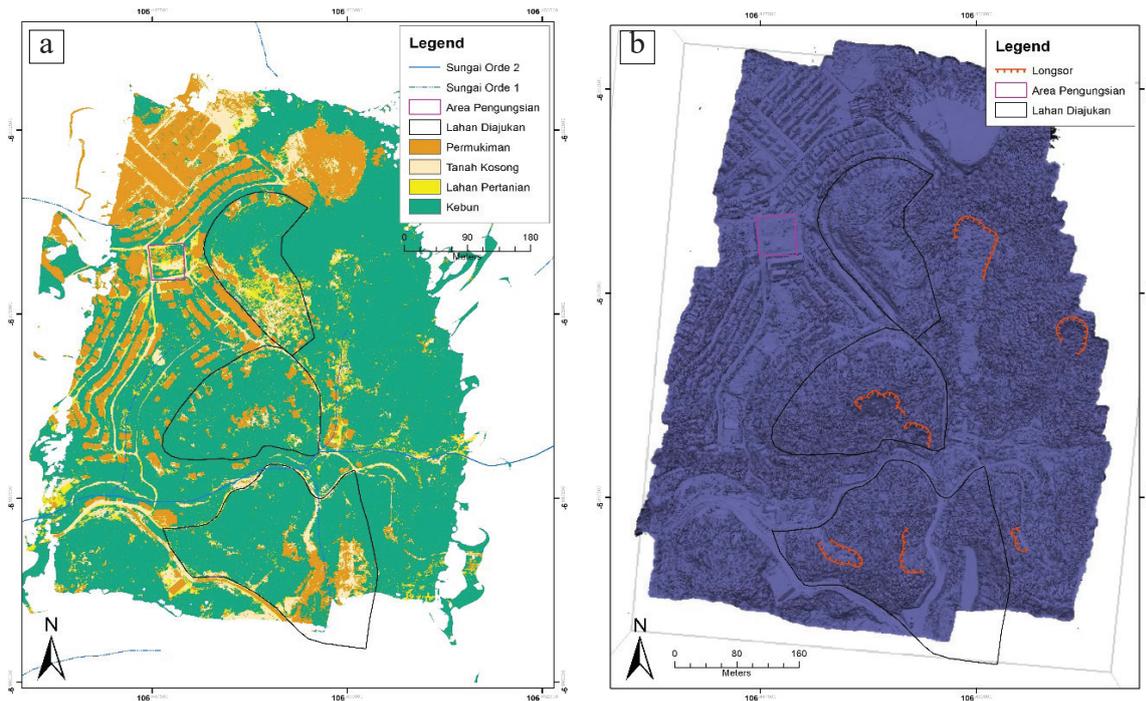
2007. Kelas lereng pada Gambar 4 menunjukkan bahwa daerah landai dan datar tidak cukup luas dan hanya sebatas di bagian atas punggung.

Kondisi geologi yang diamati berupa jenis batuan dan kenampakan struktur geologi. Secara regional, batuan di Desa Cileuksa terdiri dari breksi gunung api, lava dan tuf yang dikelompokkan dalam Batuan Gunung Api Endut (Sujatmiko dan Santosa, 1992). Pada pengamatan lapangan, bagian permukaan berupa tanah pelapukan dengan ketebalan 3 – 4 meter yang merupakan tanah residu dari breksi gunungapi dan tuf (Gambar 5). Tanah pelapukan berwarna kemerahan, berukuran pasir lempungan, mudah diremas tangan, porous dan mudah pecah dalam kondisi kering. Secara regional maupun pengamatan lapangan tidak ditemukan jejak struktur geologi berupa sesar, lipatan, atau kelurusan di sekitar lokasi kajian. Material lereng relatif homogen sehingga bidang gelincir gerakan tanah berada di batas tanah pelapukan dengan tuf sehingga potensi gerakan tanah susulan akan naik seiring dengan tingkat pelapukan tuf yang tersingkap di gawir gerakan tanah.

Pada pengamatan lapangan, aliran sungai teridentifikasi bersifat musiman yang hanya terisi saat musim hujan. Orde sungai pada Gambar 6 menunjukkan bahwa lahan relokasi merupakan



Gambar 5. Kondisi geologi di sekitar calon lahan relokasi yang terdiri dari breksi gunung api dan tanah pelapukannya yang berwarna kemerahan.



Gambar 6. Peta tata guna lahan di sekitar calon lahan relokasi yang didominasi permukiman dan kebun (a). Citra DSM calon lahan relokasi yang memperlihatkan perbedaan vegetasi dan lahan terbangun sehingga jejak gerakan tanah yang mengganggu pola keduanya terlihat jelas membentuk guratan memanjang (b).

zona resapan yang menjadi hulu dari beberapa anak Sungai Cileuksa. Pada lembah sungai masih terdapat lumpur dari material gerakan tanah lama yang membuat geometri lembahnya lebih landai dan lebar. Morfologi yang landai dan aliran yang bersifat musiman membuat kekuatan erosi di kaki lereng relatif rendah.

Secara umum, tata guna lahan Desa Cileuksa didominasi oleh pemukiman, hutan dan lahan lainnya dengan sebaran seperti yang terdapat pada Gambar 6a. Permukiman berkelompok dengan pola ruang terpusat, menempati area yang relatif landai di perbukitan. Pola ruang ini membentuk kelompok masyarakat yang saling terikat, sehingga relokasi dilakukan secara menyeluruh meskipun tidak semua rumah harus direlokasi. Permukiman berada di lereng perbukitan sehingga terdapat gangguan lereng berupa potong-timbun (*cut and fill*) tanpa disertai perhitungan teknis dengan tapak rumah seluruhnya menempel di tanah. Permukiman dikelilingi oleh hutan yang didominasi oleh semak belukar dan pepohonan berakar tunggang. Sementara lahan

lainnya merupakan area terbuka seperti lapangan, jalan, atau merupakan jejak material gerakan tanah yang belum dimanfaatkan kembali.

Perbedaan tata guna lahan ini terlihat di citra DSM yang dihasilkan dari Model Solid foto udara dengan kenampakan yang khas (Gambar 6b). Permukiman diproyeksikan oleh bentuk persegi panjang yang berkelompok sedangkan area kebun memiliki relief kasar dan tidak beraturan. Dari citra tersebut dapat dilihat bahwa vegetasi cukup rapat sementara susunan permukiman cenderung mengikuti kontur. Citra halus memanjang menunjukkan jalan sedangkan citra halus yang terhampar menunjukkan tanah kosong atau area terbuka.

Pada citra DSM di Gambar 6b, terlihat guratan-guratan halus memanjang yang memotong kelompok tata guna lahan lain. Guratan tersebut merupakan jejak longsor lama yang menunjukkan bahwa gerakan tanah di daerah ini mencakup area yang luas di berbagai tata guna lahan termasuk daerah bervegetasi lebat. Artinya, faktor vegetasi yang ada di daerah ini

kurang mendukung kestabilan lereng sehingga menjadi beban tambahan pada lereng alih-alih memperkuat lereng tersebut.

Desa Cileuksa sebagai bagian dari wilayah Kecamatan Sukajaya memiliki curah hujan rata-rata 2809,90 mm per tahun. Data ini diperoleh dari kompilasi data curah hujan rata-rata dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bogor selama 5 tahun terakhir (Tabel 1). Dari data pada Tabel 1 dapat terlihat bahwa secara umum Desa Cileuksa memiliki curah hujan yang fluktuatif setiap tahunnya. Curah hujan tertinggi ialah pada tahun 2020 ketika terjadi gerakan tanah secara masif yang melanda Kecamatan Sukajaya, Kecamatan Cigudeg, dan Kecamatan Nanggung. Curah hujan tersebut kemudian menurun hingga tahun 2022 namun masih melewati ambang batas kriteria curah hujan untuk kawasan rawan bencana longsor yaitu 2500 mm/tahun.

Hasil kajian aspek fisik tersebut dirangkum dalam Tabel 2, yang disertai rekomendasi tingkat resiliensi yang dibutuhkan. Kriteria fisik untuk kawasan rawan gerakan tanah dan kawasan permukiman yang diatur dalam Permen PU Nomor 22 Tahun 2007 dijadikan acuan dalam menentukan batas aman masing-masing param-

ter. Efek bencana gerakan tanah terhadap setiap parameter yang ditemukan saat pemeriksaan lapangan menjadi penentu tingkat resiliensi parameter tersebut.

Resiliensi rendah berarti parameter fisik di Desa Cileuksa melebihi batas aman dan dapat terkena dampak bencana. Resiliensi sedang artinya parameter fisik berada dalam batas aman namun terdampak bencana sedangkan resiliensi tinggi ketika parameter tersebut berada dalam batas aman dan tidak terdampak bencana. Khusus untuk curah hujan, tingkat resiliensi hanya ditentukan berdasarkan batas aman karena parameter ini berperan sebagai faktor pemicu terjadinya bencana gerakan tanah (McColl, 2022).

Dalam Tabel 2 terlihat bahwa aspek fisik calon lahan relokasi secara umum memiliki resiliensi yang rendah sehingga kurang menguntungkan terhadap risiko bencana gerakan tanah. Akan tetapi, morfologi Desa Cileuksa yang berbukit membuat lahan yang ideal sulit ditemukan sehingga perlu adaptasi dan rekayasa lahan agar tingkat resiliensi fisik tersebut dapat meningkat. Langkah adaptasi diutamakan terhadap parameter yang memiliki resiliensi rendah dan dapat direkayasa seperti kemiringan lereng, vegetasi, air permukaan dan tata guna lahan.

Curah hujan sebagai salah satu pemicu terjadinya gerakan tanah perlu menjadi pertimbangan utama dengan penataan aliran air permukaan dan mengurangi kontak langsung antara presi-

Tabel 1. Curah hujan rata-rata di Desa Cileuksa dalam 5 tahun terakhir (kompilasi data BPS Kab. Bogor)

Tahun	2018	2019	2020	2021	2022	Rata-Rata
Curah hujan (mm)	2255,04	2388,96	3531,00	3183,00	2691,48	2809,90

Tabel 2. Penilaian tingkat resiliensi fisik daerah terdampak yang akan dijadikan lahan relokasi

Aspek Fisik	Hasil	Batas Aman	Efek Bencana	Resiliensi
Morfologi:				
Kemiringan lereng	25% - 45%	<15%	Ya	Rendah
Geologi:				
Tanah Pelapukan	3-4 meter	<2 meter	Ya	Rendah
Struktur Geologi	Tidak ada	Tidak Ada	Tidak	Tinggi
Hidrologi:				
Air Tanah	Tidak Diketahui	Tersedia	Tidak	Sedang
Air Permukaan	Musiman	Melimpah	Ya	Rendah
Tata Guna Lahan:				
Vegetasi	Lebat	Lebat	Ya	Sedang
Permukiman	Terpusat	Ada Buffer	Ya	Sedang
Curah Hujan	2809,90 mm/tahun	<2500 mm/tahun	Tidak	Rendah

pitasi dengan permukaan tanah. Hal ini untuk mencegah pengrusakan agregat dan struktur tanah bagian permukaan sehingga tanah tidak cepat jenuh dan tidak tererosi. Langkah ini dapat dilakukan dengan memelihara vegetasi atau pembuatan saluran kedar terutama di daerah berlereng terjal.

Langkah berikutnya terkait adaptasi lereng adalah dengan melakukan pelandaian, pembuatan lereng berjenjang, atau membangun struktur perkuatan lereng. Selain adaptasi terhadap kemiringan, langkah ini juga dapat dilakukan untuk mengurangi ketebalan tanah pelapukan hingga mencapai batas aman yang ditentukan. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan desain rekayasa lereng yang optimal dari aspek biaya dan kebutuhan lahannya.

KESIMPULAN

Hasil dari kajian dan analisis di lahan untuk relokasi warga Desa Cileuksa menunjukkan bahwa secara fisik, daerah yang pernah terdampak gerakan tanah ini memiliki resiliensi yang rendah terhadap bencana gerakan tanah. Aspek fisik yang menjadi penyebab gerakan tanah yaitu morfologi, geologi dan hidrologi melebihi batas aman, hanya tata guna lahan yang relatif resilien. Curah hujan sebagai faktor pemicu berada dalam kondisi melimpah sehingga potensi erosi air permukaan perlu diperhitungkan.

Jika tempat ini akan digunakan sebagai lahan relokasi, maka harus dilakukan rekayasa lereng dan penataan kawasan. Kemiringan dan tinggi lereng dapat dikurangi dengan metode potong-timbun (*cut and fill*) yang disesuaikan dengan keteknikan batuanannya. Perlu diidentifikasi lebih lanjut terkait posisi kedalaman air tanah atau rembesan yang bersifat musiman. Vegetasi di daerah lereng terjal harus dilestarikan terutama yang berbatasan dengan alur air di dasar lembah.

Kondisi alam Desa Cileuksa hampir sama sehingga pemilihan lahan relokasi di tempat baru menjadi terbatas. Dengan probabilitas yang sama

dalam hal penataan kawasan dan rekayasa lereng, maka memanfaatkan daerah asal sebagai lahan relokasi tampak lebih efisien dari aspek fisik dan sosial. Selain itu, mencari lahan baru yang belum diketahui potensi bencananya dapat memicu kegagalan program relokasi tersebut. Dengan opsi ini, resiliensi sosial relatif terjaga dan potensi bencana sudah diketahui secara pasti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Ninik Suhartini, S.T., Murp., Ph.D yang telah memberi masukan dan arahan selama proses penulisan makalah ini. Kepada rekan-rekan kerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang telah membantu dalam penyediaan laporan-laporan historis, serta kepada teman-teman sejawat yang telah bersedia meninjau artikel ini sebelum diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryani, W.D., Widodo, P., & Saragih, H.J.R. (2023). Post Disaster Relocation through Special Housing Program in Indonesia: The Case of Post Flood and Landslide in Bogor, West Java. In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 8, Issue 2). www.ijisrt.com
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bogor. (2019). *Kecamatan Sukajaya dalam angka Tahun 2019*. Cibinong: BPS Kabupaten Bogor
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bogor. (2020). *Kecamatan Sukajaya dalam angka Tahun 2020*. Cibinong: BPS Kabupaten Bogor
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bogor. (2021). *Kecamatan Sukajaya dalam angka Tahun 2021*. Cibinong: BPS Kabupaten Bogor
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bogor. (2022). *Kecamatan Sukajaya dalam angka*

- Tahun 2022. Cibinong: BPS Kabupaten Bogor
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bogor. (2023). *Kecamatan Sukajaya dalam angka Tahun 2023*. Cibinong: BPS Kabupaten Bogor
- Baert, M., Kervyn, M., Kagou, A. D., Guedjeo, C. S., Vranken, L., & Mertens, K. (2020). Resettlement preferences from landslide prone areas in Cameroon: Willingness to move, reasons to stay. *Land Use Policy*, *95*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.036>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2024). *Data Informasi Kejadian Bencana Indonesia (DIBI)*. https://dibi.bnpb.go.id/statistik_menurut_waktu (diakses tanggal 27 Februari 2024)
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes. In *Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report* (Vol. 247). <https://www.researchgate.net/publication/269710331>
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Ngai, Y. Y. (2002). Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, *64*, 65–87. www.elsevier.com/locate/enggeo
- Gariano, S. L., & Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 162, pp. 227–252). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2016.08.011>
- Guo, X., & Kapucu, N. (2017). Examining livelihood risk perceptions in disaster resettlement. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, *26*(5), 565–581. <https://doi.org/10.1108/DPM-06-2017-0121>
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. In *Landslides* (Vol. 11, Issue 2, pp. 167–194). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Julzarika, A., & Harintaka. (2019). FREE GLOBAL DEM: CONVERTING DSM to DTM and ITS APPLICATIONS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, *42*(4/W16), 319–325. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-319-2019>
- Komori, D., Rangsiwanichpong, P., Inoue, N., Ono, K., Watanabe, S., & Kazama, S. (2018). Distributed probability of slope failure in Thailand under climate change. *Climate Risk Management*, *20*, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.03.002>
- Liang, P., & Ding, Y. (2017). The long-term variation of extreme heavy precipitation and its link to urbanization effects in Shanghai during 1916–2014. *Advances in Atmospheric Sciences*, *34*(3), 321–334. <https://doi.org/10.1007/s00376-016-6120-0>
- Liu, W., Li, J., & Xu, J. (2020). Effects of disaster-related resettlement on the livelihood resilience of rural households in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *49*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101649>
- Madushani, S., Upeshika, J., & Ekanayaka, E. (2019). Equitable resilience: proceedings of 10th annual research symposium: 17th & 18th December 2019, Colombo, Sri Lanka. *Proceedings of 10th Annual Research Symposium - 2019, Equitable Resilience*, 335–344.
- Mann, M. E., Lloyd, E. A., & Oreskes, N. (2017). Assessing climate change impacts on extreme weather events: the case for an alternative (Bayesian) approach. *Climatic Change*, *144*(2), 131–142. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2048-3>
- McColl, S. T. (2022). Landslide causes and triggers. *Landslide Hazards, Risks, and Disasters*, 13–41. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818464-6.00011-1>
- Permen PU (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum). (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/PRT/M/2007 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor*.
- Permen PU (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum). (2007). *Peraturan Menteri Pe-*

- kerjaan Umum Nomor 41/PRT/M/2007 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya.*
- Permen PUPR (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat). (2022). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2022 Tentang Pelaksanaan Bantuan Pembangunan Perumahan dan Penyediaan Rumah Khusus.* <https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/PermenPUPR/2022/06/2022pmpupr7.pdf>
- Popescu, M. E. (2002). Landslide Causal Factors and Landslide Remedial Options. In *3rd international conference on landslides, slope stability and safety of infra-structures (pp. 61-81)* CI-Premier PTE LTD Singapore
- Qiao, X., Lv, S. H., Li, L. L., Zhou, X. J., Wang, H. Y., Li, D., & Liu, J. Y. (2016). Application Of DSM in obstacle clearance surveying of aerodrome. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 41*, 227–233. <https://doi.org/10.5194/isprsrarchives-XLI-B2-227-2016>
- Sridarran, P., Keraminiyage, K., & Amaratunga, D. (2018). Enablers and barriers of adapting post-disaster resettlements. *Procedia Engineering, 212*, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.017>
- Sujatmiko, & Santosa, S. (1992). *Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa Skala 1:100.000.* Bandung: Pusat Survey Geologi
- Sultana, N., & Tan, S. (2021). Landslide mitigation strategies in southeast Bangladesh: Lessons learned from the institutional responses. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 62*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102402>
- UNDP (United Nations Development Program). (2022). *Yemen Food Security Response and Resilience Project (P176129) Resettlement Framework (RF) Food Agriculture Organization (FAO) and United Nation Development Program (UNDP).* [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/FSRRP%20-%20Resettlement%20Framework%20\(RF\)%20_EN.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/FSRRP%20-%20Resettlement%20Framework%20(RF)%20_EN.pdf)
- UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2022). *PROCEEDINGS From Risk to Resilience: Towards Sustainable Development for All in a COVID-19 Transformed World UN Office for Disaster Risk Reduction Seventh Session.* <https://www.undrr.org/publication/proceedings-risk-resilience-towards-sustainable-development-all-covid-19-transformed>
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030.* http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf
- Zhang, X., Song, J., Peng, J., & Wu, J. (2019). Landslides-oriented urban disaster resilience assessment—A case study in ShenZhen, China. *Science of the Total Environment, 661*, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.074>