RUANG: JURNAL ARSITEKTUR ISSN 3031-4371
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14
DOI: 10.22487/ruang.v20i1.311

Resiliensi Ekologi dalam Pengelolaan Zona Merah Pasca-Bencana Likuefaksi Balaroa

Akbar, [a,1]*, Muhammad Arsyad [b,2], Rifai Mardin[c,3], Supriadi Takwin [d,4]

[a]**Master's Student in Architecture, Tadulako University, Palu, Indonesia Tadulako University, Palu, Indonesia.**
[b]**Master's Student in Architecture, Tadulako University, Palu, Indonesia Tadulako University, Palu, Indonesia.**
[c]**Lecturer in Architectural Engineering, Tadulako University, Palu, Indonesia.**
[d]**Lecturer in Architectural Engineering, Tadulako University, Palu, Indonesia.**
[1]**abang230679@gmail.com*; [2]muharsyad01@gmail.com; [3]rifaimardin@gmail.com;**
[4]**Supriadi.takwin@untad.ac.id**
***abang230679@gmail.com**

Submitted: November 27, 2025 | Revised: February 14, 2026 | Accepted: February 15, 2026

ABSTRACT

The Balaroa area in Palu City experienced severe damage due to liquefaction triggered by the 2018 earthquake and was subsequently designated as a red zone where rebuilding is prohibited. This condition requires a safe and adaptive area management approach. This study aims to identify the forms and indicators of ecological resilience that have developed and to formulate an ecological resilience–based management strategy for post-liquefaction red zones. The research employs a descriptive qualitative approach with a case study method, using field observations, semi-structured interviews with residents and related stakeholders, and document review. Data were analyzed using a descriptive-interpretative technique through data reduction, ecological and spatial categorization, and conceptual synthesis based on ecological resilience principles.The results indicate the emergence of natural vegetation regeneration, the use of open spaces as infiltration and productive garden areas, and the development of adaptive non-permanent structures as key indicators of locally grounded ecological resilience. Based on the synthesis of empirical findings, the proposed management strategy emphasizes multifunctional ecological open spaces, strengthening vegetation and infiltration functions, and low-impact physical interventions without violating red-zone regulations. This study contributes a conceptual framework for environmental-based resilience in managing post-liquefaction disaster areas.

Keywords: Ecological Resilience, Red Zone, Post-Disaster, Liquefaction

PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh global, khususnya dinegara-negara yang rentan terhadap aktivitas tektonik dan peruahan iklim. Gempa bumi, tsunami, banjir, tanah longsor dan likuefaksi merupakan bentuk bencana yang tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik infrastruktur, tetapi juga menimbulkan dampak sosial, ekonomi, dan ekologis jangka panjang. Kawasan rawan bencana alam didefenisikan sebagai bagian dari kawasan lindung yang memiliki karakteristik tertentu, baik didaratan maupun diperairan yang berpotensi tinggi mengalami bencana seperti longsor, gelombang pasang/tsunami, banjir, letusan gunung berapi, dan gempa bumi. (Kuswandi et al., 2020).

Berbagai studi pasca-bencana di beberapa negara menunjukkan bahwa wilayah terdampak gempa dan likuefaksi yang tidak dikelola dengan pendekatan yang berbasis ketangguhan lingkungan cenderung mengalami degradasi ekologis, pemanfaatan ruang tidak terkendali, serta konflik pemanfatan lahan dalam jangka panjang. Pengalaman rekonstruksi pasca-bencana menunjukkan bahwa pendekatan berbasis resiliensi ekologis dan penataan ruang adaptif menjadi kunci dalam mengurangi resiko berulang sekaligus memulihkan fungsi lingkungan. Tanpa

pengelolaan berbasis ketangguhan, kawasan bekas bencana beresiko menjadi ruang terbengkalai, tidak produktif, dan berbahaya untuk di huni kembali.

Kelurahan Balaroa, Kecamatan Palu Barat adalah merupakan salah satu wilayah yang mengalami kerusakan paling parah akibat peristiwa gempa dan likuefaksi Tahun 2018. Wilayah ini berada di jalur sesar aktif sehingga memiliki tingkat kerentanan geologi yang tinggi. Fenomena likuefaksi yang terjadi menyebabkan amblesnya permukiman secara masif pada saat gempa berkekuatan7,4 SR pada 28 September 2018 (Wiwin & Nuraedah, 2022). Likuefaksi adalah fenomena hilangnya kekuatan pada lapisan tanah akibat gempa, serta hilangnya nyawa dan dampak sosial-ekonomi yang berkepanjangan (Taufiq Wira Buana, 2019). Likuefaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan tanah akibat getaran gempa, yang umumnya terjadi pada tanah berpasir jenuh air dengan kepadatan rendah dan aktivitas seismik tinggi (Ramli, 2020). Dampaknya tidak hanya merusak bangunan tetapi juga dapat mengubur kawasan permukiman secara menyeluruh (N O Anidhea, 2021).

Pasca-bencana, sebagian besar wilayah Balaroa ditetapkan sebagai zona merah yang tidak layak huni, dan tidak diperbolehkan untuk dibangun kembali melalui regulasi Pemerintah Provinsi Sulawesi Tengah, melalui Pergub Nomor 10 Tahun 2019. Kebijakan ini mewajibkan relokasi warga ke kawasan yang lebih aman. Namun dalam praktiknya, ditemukan fenomena sebagian masyarakat tetap bertahan, kembali memanfaatkan atau membangun kembali secara terbatas dikawasan tersebut. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebijakan tata ruang berbasis resiko dan realitas sosial-ekonomi masyarakat dilapangan. Faktor keterbatasan ekonomi, keterikatan tempat (place attachment) serta pertimbangan sosial dan psikologis mempengaruhi keputusan warga untuk tetap beraktivitas dikawasan zona merah.

Secara fisik dan ekologis, kawasan Balaroa saat ini menunjukkan kecenderungan degradasi, kurang produktif akibat tidak terkelola dengan baik. Ini ditandai dengan tumbuhnya berbagai vegetasi-vegetasi liar, lahan tidak tertata serta tidak adanya model pemanfaatan ekologis yang terencana. Apabila kondisi ini dibiarkan tanpa arahan pengelolaan berbasis ketangguhan lingkungan, maka kawasan zona merah berpotensi menjadi ruang tidak produktif sekaligus tetap beresiko. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang tidak berorientasi pada pembangunan kembali permukiman, tetapi pada pengelolaan berbasis resiliensi ekologi.

Konsep resiliensi menekankan kemampuan sistem untuk meyerap gangguan, beradaptasi, dan bertransformasi dalam menghadapi perubahan (Folke, 2016); (Walker B, 2004). Dalam perspektif ekologi, ketanggunahan merujuk pada kemampuan ekosistem mempertahan kan fungsi dan struktur dasarnya meskipun mengalami tekanan atau gangguan (Holling, 1973). Banyak ahli ekologi berpendapat bahwa ketahanan adalah kunci pengelolaan ekosistem yang berkelanjutan dan keanekaragaman meningkatkan ketahanan, stabilitas dan fungsi ekosistem (Richard J.T. Klein, 2004). Integrasi ketangguahn sosial dan ekologis dalam pengelolaan zona merah pasca-bencana dinilai mampu menghasilakn solusi yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas aspek geologi likuefaksi, kebijakan relokasi status hukum zona merah serat ketangguhan sosial masyarakat pasca-bencana. Namun demikian, masih terbatas penelitian yang secara khusus merumuskan strategi pengelolaan zona merah berbasis resiliensi ekologi pasca-bencana likuefaksi. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya kajian yang menghubungkan konsep resiliensi ekologi dengan praktik pengelolaan spasial zona merah pasca-bencana. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab pertanyaan berikut, yaitu pertama, bagaimana bentuk dan indikator resiliensi ekologi yang berkembang di zona merah pasca-bencana likuefaksi Balaroa dan kedua, bagaimana strategi pengelolaan berbasis resiliensi ekologi dapat dirumuskan untuk pemanfaatan kawasan yang aman dan berkelanjutan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis praktik dan serta potensi resiliensi ekologi di kawasan zona merah Balaroa serta merumuskan strategi pengelolaan berbasis ketangguhan ekologi sebagai alternatif pemanfaatan kawasan pasca-bencana. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan konstribusi konseptual dan praktis bagi pengelolaan zona merah pasca-bencana di wilayah rawan likuefaksi maupun bencana geologi lainnya.

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14

METODE

Pendekatan dan Jenis Penelitian

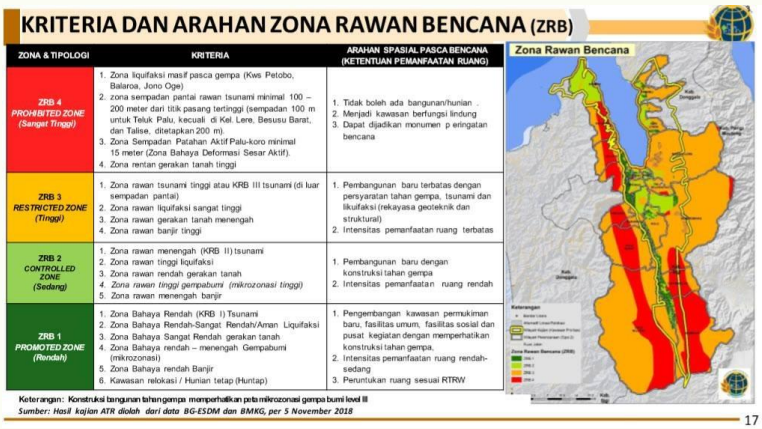
Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus untuk memahami secara mendalam kondisi, parktik, dan potensi resiliensi ekologi, pada kawasan zona merahpasca-bencana likuefaksi di Kelurahan Balaroa. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggali fenomena sosial-ekologis secara kontekstual melalui data lapangan dan pengalaman aktor lokal.

Desain Penelitian

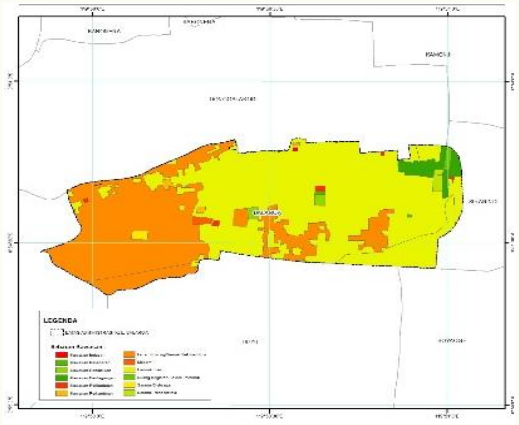
Desain studi kasus digunakan untuk mengeksplorasi kondisi actual kawasan terdampak likuefaksi serta dinamika pemanfaatannya pasca-bencana. Fokus kajian diarahkan pada hubungan antara kondisi ekologis kawasan, parktik adaptasi masyarakat dan potensi perumusan strategi pengelolaan berbasis resiliensi ekologi.

Lokasi Penelitian

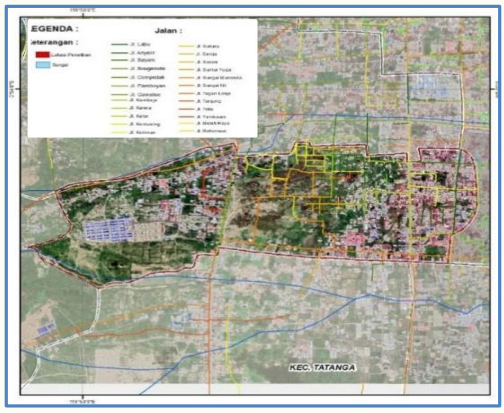
Lokasi penelitian berada di Kelurahan Balaroa, Kota Palu, khususnya di wilayah yang ditetapkan sebagai zona merah pasca-bencana gempa dan likuefaksi 28 September 2018 yang mencakup pengumpulan data lapangan, analisis, dan penyusunan laporan.



Gambar 1. Kriteria dan Arahan Zona Rawan Bencana (ZRB)

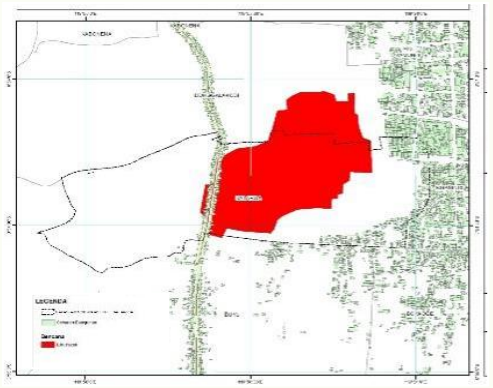


Gambar 2. Peta Sebaran Kawasan Balaroa



Gambar 3. Peta Citra Kelurahan Balaroa

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14



Gambar 4. Peta Kawasan Likuefaksi Balaroa

Gambar 5. Lokasi Likuefaksi Balaroa

Secara spasial, batas kawasan likuefaksi Balaroa ditandai oleh sejumlah elemen jalan utama, yaitu Jalan Gawalise di sisi barat, Jalan Kelor di sisi timur, Jalan Sungai Manonda di sisi selatan, dan Jalan Manggis di sisi utara. Keempat batas ini mengapit area inti likuefaksi yang menjadi fokus kajian dalam penelitian ini.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama meliputi :

a. Observasi Lapangan

   Obeservasi dilakukan secara langsung di kawasan zona merah Balaroa untuk mengidentifikasi fisik, tutupan vegetasi, bentuk pemanfaatan lahan serta aktivitas masyarakat yang masih berlangsung. Obeservasi juga di dukung dengan dokumentasi foto.

b. Wawancara

   Wawancana di lakukan kepada informan kunci, yang terdiri dari warga yang masih bertahan atau yang memanfaatkan kawasan, tokoh masyarakat serta pihak terkait. Wawancara dilakukan agar peneliti tetap memeliki panduan pertanyaan namun memberikan ruang eksplorasi terhadap pengalaman, praktik adaptasi, dan pandangan responden mengenai pemanfaatan kawasan zona merah.

c. Studi Dokumentasi dan Literatur

   Data sekunder diperoleh dari dokumen kebijakan serta zonasi resiko, regulasi pemerintah daerah serta publikasi ilmiah terkait resiliensi ekologi pengelolaan kawasan pasca-bencana dan zona rawan likuefaksi. Studi literatur digunakan sebagai dasar konseptual dalam penyusunan kerangka analisis dan perumusan strategi.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan deskriptif-interpretatif denagn menggabungkan hasil observasi lapangan, wawancara dan studi dokumentasi. Hasil observasi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi fisik kawasan, pola pemanfaatan lahan, tutupan vegetasi, serta bentuk intervensi ekologis yang muncul pasca-bencana. Data wawancara dianalisis secara interpretatif, dengan menelaah pandangan, pengalaman dan praktik adaptasi masyarakat terhadap pemanfaatan zona merah. Studi literatur digunakan sebagai kerangka pembanding konseptual terhadap indikator resiliensi ekolagi dan pengelolaan pasca-bencana.

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14

Validitas Data

Untuk menjamin validitas data dalam penelitian ini, digunakan pendekatan triangulasi sumber dan triangulasi metode.

a. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari berbagai jenis informan, seperti tokoh masyarakat, warga terdampak, tokoh agama, relawan, serta pihak pemerintah setempat. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh konsisten dan merepresentasikan berbagai perspektif.
b. Triangulasi metode dilakukan dengan membandingkan hasil wawancara mendalam, observasi lapangan, dan dokumentasi (seperti foto, peta, dan laporan kebijakan). Dengan cara ini, peneliti dapat memverifikasi kebenaran dan konsistensi informasi dari berbagai pendekatan, sekaligus memperkuat temuan penelitian baik dalam aspek ketangguhan sosial maupun ekologi di kawasan eks-likuefaksi Balaroa.
c. Validasi data dilakukan untuk memastikan bahwa indikator resiliensi ekologi dan rumusan strategi yang dihasilkan benar-benar diturunkan dari temuan empiris lapangan, bukan hanya dari asumsi konseptual.

HASIL

Kondisi Aktual Kawasan Pasca-Bencana Likuefaksi Balaroa

Kawasan eks likuefaksi Balaroa di Kota Palu mengalami perubahan fisik dan fungsi ruang yang signifikan pasca-bencana gempa 2018. Area yang sebelumnya merupakan permukiman padat kini didominasi oleh lahan terbuka dengan topografi tidak merata, sisa infrastruktur terbatas, serta pertumbuhan vegetasi liar yang berkembang secara alami. Sebagian koridor jalan utama masih dapat dikenali, namun banyak tapak bangunan telah hilang atau tertutup sedimentasi.

Observasi lapangan menunjukkan bahwa sebagian area berkembang menjadi ruang terbuka tidak terkelola, sementara pada beberapa titik muncul intervensi vegetasi melalui penanaman pohon oleh komunitas dan lembaga. Fungsi kawasan juga mengalami pergeseran dari permukiman menjadi ruang terbuka, ruang memorial, serta area aktivitas sosial-keagamaan berkala. Dokumentasi lapangan memperlihatkan keberadaan jalur vegetasi linear, kebun skala kecil, dan ruang berkumpul temporer.

Pasca likuefaksi, sebagian besar warga di relokasi ke hunian tetap (huntap), namun masih terdapat beberapa warga yang tetap bertahan dan membangun kembali dilokasi tersebut dengan berbagai alasan serta adanya aktivitas komunitas yang bertahan di sekitar zona merah, Beberapa warga sesekali datang kembali, terutama untuk kegiatan sosial dan keagamaan seperti berkumpul, berdoa, atau mengikuti acara keagamaan. Ini menunjukkan bahwa meskipun kawasan tersebut tidak lagi menjadi tempat tinggal tetap, ikatan emosional dan budaya masyarakat terhadap lokasi tersebut masih sangat kuat. Lahan eks-likuefaksi mengalami degradasi fisik, namun juga menunjukkan upaya pemulihan vegetasi secara alami maupun melalui intervensi masyarakat dan lembaga. Munculnya praktik ritual, dzikir bersama, wisata kekebencanaan serta penanaman pohon secara kolektif mencerminkan adaptasi sosial dan ekologis yang sedang berlangsung. Kawasan ini kini menjadi ruang yang secara fungsional bergeser dari permukiman menuju ruang memorial dan kawasan terbuka hijau.

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14

Gambar 6. Kondisi Lahan Pasca-Bencana Likuefaksi Balaroa Tanpa Pengelolaan Menjadi Hutan Belantara

Gambar 7. Kondisi Lahan Pasca-Bencana Likuefaksi Balaroa Penanaman Vegetasi Sepanjang Jalan Utama Area Likuefakasi

Gambar 8. Kondisi Lahan Pasca-Bencana Likuefaksi Balaroa Aktivitas Wisata Kebencanaan dan Ritual Dzikir Bersama

Bentuk dan Indikator Resiliensi Ekologi Yang Berkembang

Vegetasi memiliki peranan penting dalam fungsi penguatan dan membentuk rangkaian ikatan pada lapisan tanah (Hamdi et al., 2021). Sementara ketangguhan ekologi berkaitan dengan pemulihan dan keberlanjutan lingkungan, termasuk rehabilitasi lahan, konservasi sumber daya, serta pengelolaan ruang terbuka hijau (RTH). Dalam konteks pasca-likuifaksi, pemulihan ekologi seperti revegetasi, pemanfaatan zona hijau sebagai penyangga bencana, dan restorasi lahan dapat meningkatkan kualitas lingkungan sekaligus mendukung kehidupan sosial dengan menyediakan ruang interaksi, mata pencaharian berbasis lingkungan, serta peningkatan kesadaran mitigasi.

Hasil observasi dan dokumentasi menunjukkan munculnya bentuk resiliensi ekologi berbasis proses alami dan praktik lokal masyarakat. Resiliensi tidak muncul melalui rekayasa teknis besar, tetapi melalui regenerasi vegetasi, pemanfaatan ruang terbuka, dan intervensi berdampak rendah. Beberapa indikator resiliensi ekologi yang teridentifikasi di lapangan meliputi regenerasi tutupan vegetasi, peningkatan fungsi resapan, pemanfaatan lahan sebagai kebun produktif, serta penggunaan struktur non-permanen.

Tabel 1. Indikator Resiliensi Ekologi Berdasarkan Temuan Lapangan

Temuan Lapangan	Indikator Resiliensi Ekologi
Pertumbuhan Vegetasi Spontan	Regenerasi Ekosistem Alami
Penanaman Pohon Sepanjang Jalan Utama Oleh Komunitas Maupun Pemda Setempat	Pemulihan Berbasis Partisipasi
Ruang Terbuka Yang Tidak Terbangun dan Ditata dengan Baik	Meningkatkan Area Serapan
Kebun dan Tanaman Produktif	Fungsi Ekologi Produktif
Terdapatnya Bangunan yang Mengalami Perubahan Material	Adaptasi Terhadap Resiko
Koridor Hijau dan Drainase Sepanjang Jalan	Konektifitas Vegetasi dan Pengairan

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun kawasan berstatus zona larangan bangun, proses pemulihan ekologis tetap berlangsung melalui mekanisme alami dan intervensi lokal berskala kecil.

Praktik Adaptasi dan Pola Pemanfaatan Oleh Masyarakat

Wawancara dengan warga dan informan kunci menunjukkan bahwa kawasan eks likuefaksi di Balaroa masih dimanfaatkan secara terbatas untuk aktivitas sosial, ritual, dan kunjungan berkala. Bentuk adaptasi yang muncul bersifat tidak tetap dan muncul pada waktu tertentu, seperti kegiatan doa bersama, ziarah lokasi bencana, dan wisata kebencanaan.

Hasil wawancara kami bersama Drs. Iksam Djorimi, M.Hum, (Arkeolog), Pak Iksam menjelaskan bahwa berdasarkan peta geologi 1973 yang diperbarui pada 1996, wilayah Perumnas Balaroa terletak di jalur patahan Sesar Koro, yang secara geologis sudah diprediksi berisiko likuifaksi. Bencana yang terjadi pada 2018 membuktikan prediksi tersebut. Pak Iksam menegaskan bahwa lahan bekas likuifaksi di Balaroa tidak layak dijadikan permukiman karena secara geologis tidak memungkinkan. Ia menyarankan agar lahan tersebut dimanfaatkan sebagai ruang publik, seperti memorial park, wisata geologi, atau sarana edukasi untuk meningkatkan kesadaran mitigasi bencana. Ia juga menyoroti bahwa Balaroa merupakan bekas sungai kering dan likuifaksinya berbeda dengan Petobo, di mana Balaroa mengalami likuifaksi kering akibat struktur tanah yang lemah dan posisi kemiringan. Sebagai langkah mitigasi, ia merekomendasikan pemanfaatan lahan dengan mempertimbangkan PRB (Pengurangan Risiko Bencana), seperti pembangunan jalur evakuasi (Akbar & Bakri, 2025).

Sebagian informan menyatakan bahwa keterikatan emosional terhadap lokasi mendorong kunjungan ulang dan kegiatan memorial. Selain itu, terdapat praktik penanaman vegetasi kolektif dan pemanfaatan lahan untuk tanaman produktif skala kecil. Adaptasi ini menunjukkan kombinasi antara respons sosial dan ekologis terhadap perubahan lanskap pasca-bencana. Keterangan informan ahli juga menegaskan bahwa secara geologis kawasan tidak layak untuk permukiman kembali, namun masih relevan untuk fungsi ruang publik, memorial, dan edukasi kebencanaan. Pandangan ini memperkuat kecenderungan pemanfaatan non-hunian dan berbasis ruang terbuka.

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14

Sintesis Temuan Menuju Strategi Resiliensi Berbasis Lingkungan

Sintesis antara temuan observasi, wawancara, dan pemetaan kondisi spasial menunjukkan bahwa pola pemulihan kawasan mengarah pada pembentukan lanskap terbuka ekologis dengan intervensi rendah. Dari temuan tersebut dapat diturunkan arah strategi pengelolaan berbasis resiliensi ekologi yang kontekstual. Strategi tidak dirumuskan secara normatif, tetapi diturunkan langsung dari pola yang telah muncul di lapangan, yaitu dominasi vegetasi, ruang terbuka, fungsi resapan, dan aktivitas memorial-edukatif.

Tabel 2. Temuan dan Arahan Strategi

Temuan Utama	Makna Ekologis	Arah Strategi
Vegetasi Alami Berkembang	Pemulihan Alami	Zona Vegetasi Terkelola
Penanaman Komunitas dan Pemda Setempat	Partisipasi Ekologis	Program Tanam Kolaboratif
Ruang Terbuka Luas	Kapasitas Resapan dan Area Hijau	Taman Resapan, Green Buffer, Area Multifungsi
Aktifitas Memorial	Nilai Sosial dan Budaya Setempat	Memorial Park, Ruang Terbuka Hijau (RTH)
Kunjungan Spontan Edukatif	Literasi Resiko Bencana	Taman Edukasi Bencana
Perubahan Struktur Pada Hunian Yang Bertahan	Adaptasi Resiko	Pemanfaatan Lahan dengan Struktur Non Permanen

Berdasarkan sintesis tersebut, strategi environmental-based resilience yang dirumuskan mencakup penguatan fungsi ruang terbuka ekologis, revegetasi berbasis spesies berakar kuat, pemanfaatan kawasan sebagai memorial dan ruang edukasi bencana, serta pembatasan intervensi fisik permanen. Strategi ini selaras dengan karakter risiko kawasan dan praktik adaptasi yang telah berkembang.

PEMBAHASAN PENELITIAN

Temuan penelitian menunjukkan bahwa bentuk resiliensi ekologi di kawasan eks likuefaksi tidak muncul melalui rekayasa teknis berskala besar, melainkan berkembang melalui proses regenerasi alami, intervensi vegetasi berbasis komunitas, serta pemanfaatan ruang terbuka berintensitas rendah. Pola ini menegaskan bahwa pada kawasan dengan risiko geologi tinggi, pendekatan pemulihan berbasis alam lebih adaptif dibandingkan pendekatan pembangunan fisik kembali. Dalam konteks kawasan eks likuefaksi di Balaroa, proses pemulihan ekologis justru terjadi ketika tekanan pembangunan permanen dihentikan, sehingga memungkinkan terbentuknya fungsi resapan, pertumbuhan vegetasi, dan stabilisasi permukaan secara bertahap.

Hasil ini memperluas pemahaman resiliensi pasca-bencana yang selama ini lebih banyak dibahas dalam kerangka resiliensi sosial dan rekonstruksi permukiman. Pada kasus di Kota Palu, khususnya kawasan eks likuefaksi Balaroa, resiliensi justru terwujud melalui transformasi fungsi ruang dari hunian menjadi lanskap terbuka ekologis dan memorial. Ini menunjukkan bahwa resiliensi tidak selalu berarti kembali ke kondisi sebelum bencana, tetapi dapat berupa perubahan fungsi menuju sistem yang lebih aman dan adaptif secara ekologis.

Studi Kasus : Perencanaan Pasca-Bencana Kobe Jepang 1995

Rehabilitasi pascagempa di Kobe, Jepang dimulai melalui penetapan zona penyesuaian lahan oleh pemerintah, yang membagi wilayah terdampak menjadi beberapa zona prioritas. Zona dengan intervensi tinggi memperoleh dukungan pemerintah berupa penataan ulang lahan, pelebaran jalan, dan penyediaan taman, sementara zona lain mendapat dukungan terbatas sehingga pemulihan berlangsung lebih lambat. Dalam proses ini, organisasi komunitas *machizukuri* berperan penting sebagai wadah partisipasi warga dalam perencanaan dan rehabilitasi kawasan, serta menjadi penghubung antara masyarakat dan pemerintah.

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14

Salah satu contoh adalah kawasan Mano, yang meskipun berada di zona dengan dukungan terbatas, mampu pulih melalui inisiatif masyarakat, jaringan komunitas yang kuat, dan kepemimpinan lokal. Warga terlibat aktif dalam penanganan darurat, rekonstruksi bertahap, serta pengembangan fasilitas sosial dan lingkungan. Keberhasilan pemulihan didukung oleh kolaborasi antara komunitas, konsultan perencanaan, dan pemerintah, serta ditopang oleh modal sosial dan kepemimpinan yang konsisten. Kasus Kobe menunjukkan bahwa pemulihan pascabencana tidak hanya ditentukan oleh intervensi fisik, tetapi juga oleh kapasitas organisasi komunitas, partisipasi warga, dan tata kelola kolaboratif.

Gambar 9. Pasca Gempa Kobe, Japan 1995

Kesimpulan dari studi kasus pascagempa di Kobe menunjukkan bahwa keberhasilan pemulihan kawasan tidak hanya bergantung pada rekonstruksi fisik dan kebijakan zonasi pemerintah, tetapi sangat ditentukan oleh kekuatan organisasi komunitas, partisipasi warga, dan kepemimpinan lokal. Pembentukan organisasi *machizukuri* menjadi kunci karena mampu menjembatani komunikasi antara warga dan pemerintah serta mendorong perencanaan berbasis kebutuhan lokal. Bahkan di zona dengan dukungan terbatas, kawasan tetap dapat pulih jika memiliki modal sosial yang kuat dan inisiatif masyarakat yang aktif. Kasus Kobe menegaskan bahwa pendekatan kolaboratif berbasis komunitas dan tata kelola partisipatif merupakan faktor penting dalam membangun ketangguhan kawasan pasca-bencana.

Jika dibandingkan dengan praktik pengelolaan lanskap pascagempa di Jepang, terutama pada wilayah terdampak Kobe, pendekatan environmental-based resilience juga menekankan ruang terbuka, taman memorial, koridor hijau, dan infrastruktur resapan sebagai bagian dari strategi pengurangan risiko jangka panjang. Kesamaan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan ruang terbuka pasca-bencana bukan hanya solusi ekologis, tetapi juga instrumen memori kolektif dan edukasi risiko. Namun, kebaruan temuan penelitian ini terletak pada konteks likuefaksi tropis, di mana proses regenerasi vegetasi berlangsung cepat dan dapat menjadi modal ekologis utama dalam strategi pengelolaan kawasan.

Sintesis temuan lapangan memperlihatkan bahwa indikator resiliensi ekologi seperti regenerasi vegetasi spontan, kebun produktif skala kecil, dan struktur non-permanen muncul dari praktik adaptasi lokal, bukan dari program formal. Hal ini menunjukkan bahwa strategi pengelolaan kawasan berisiko perlu membaca dan memperkuat pola adaptif yang sudah terjadi, bukan menggantikannya dengan model desain top-down yang seragam. Dengan demikian, strategi yang dirumuskan dalam penelitian ini bersifat kontekstual dan berbasis bukti empiris, bukan normatif konseptual semata.

Kontribusi konseptual penelitian ini terletak pada perumusan hubungan operasional antara indikator resiliensi ekologi dan arahan strategi spasial zona merah pascalikuifaksi. Penelitian sebelumnya cenderung membahas aspek geologi, relokasi, dan ketangguhan sosial, sementara studi ini menunjukkan bagaimana parameter ekologis dan pola pemanfaatan aktual dapat diterjemahkan menjadi kerangka strategi pengelolaan kawasan berisiko. Dengan demikian, environmental-based resilience tidak berhenti sebagai konsep, tetapi diturunkan menjadi arahan spasial dan fungsi lanskap yang aplikatif untuk kawasan larangan bangun pasca-bencana.

Peran Pemerintah, Masyarakat dan Sektor Swasta

Pemerintah dan sektor swasta memiliki peran krusial dalam pengelolaan zona merah pasca-bencana untuk memastikan keselamatan, keberlanjutan lingkungan, serta kesejahteraan sosial-ekonomi masyarakat terdampak.

a. Pemerintah berperan dalam penyusunan regulasi dan kebijakan**,** seperti menetapkan zona merah, melarang pembangunan kembali, serta memastikan kebijakan relokasi yang adil dan berkelanjutan.
b. Pemerintah bertanggung jawab dalam pemulihan ekosistem melalui program revegetasi, pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH), serta pembangunan kawasan memorial dan edukasi kebencanaan.

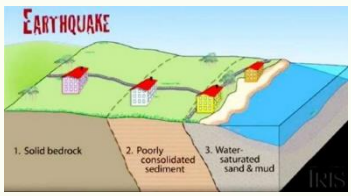
Sektor swasta dapat mendukung dengan investasi dalam infrastruktur ramah lingkungan**,** pengembangan ekonomi berbasis komunitas, serta menciptakan lapangan kerja bagi warga terdampak. Kolaborasi antara keduanya penting dalam pendanaan dan implementasi program rehabilitasi**,** termasuk pembangunan permukiman baru yang layak dan berketahanan bencana. Dengan sinergi yang baik, zona merah dapat dikelola sebagai ruang konservasi, edukasi, dan mitigasi yang memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat dan lingkungan.

Faktor-Faktor Resiliensi Ekologi

- **Kondisi Lahan dan Struktur Tanah**

  Pada fenomena likuefaksi di Sulawesi Tengah tanah yang semula padat menjadi fluida dengan pergerakan mengalir sehingga tanah tidak mmapu menopang beban yang berada di atasnya, fenomena ini sering terjadi pada tanah berpasir maupaun lanau jenuh. Pada struktur tanah yang terdampak likuefaksi lapisan atas terdiri dari pasir, tengah terdiri dari lanau jenuh dan liat pada lapisan bawah (N O Anidhea, 2021).

  Getaran gempa bisa merusak kestabilan tanah, salah yang berbahaya adalah liquefaction. Liquefaction adalah kondisi tanah yang ketiak digetarkan berubah dari padat menjadi cair (liquid) (Bisatya W.Maer, 2022).



Gambar 10. Tiga Kondisi Tanah Yang Berbeda

Gambar 11. Keruntuhan Karena Liquefaction bangunan dibagian tanah paling Tepi

RUANG: JURNAL ARSITEKTUR
Vol. 20. No. 1, Maret 2026, pp. 01-14

Mitigasi sangat akan sangat membantu kekhawatiran masyarakat, salah satu mitigasi yang dilakuka terhadap struktur tanah adalah dengan metode Stone Column. Stone Colomn salah satu upaya mitigasi bencana likuifaksi dengan metode perbaikan tanah pada kategori reinforcement atau perkuatan tanah.

Stone column merupakan suatu metode pembuatan kolom pada tanah lunak kohesif maupun non-kohesif lepas dengan memasukkan material granural seperti krikil maupun krakalmenggunakan vibro probe sebagai teknik untuk meningkatkan konsolidasi tanah. Stone column di nilai efektif untuk perbaikan tanah yang luas dan membutuhkan daya dukung tanah yang cukupo besar seperti daerah pasca likuifaksi. Selain berfungsi sebagai drainase yakni peredam tekanan air pori penyebab likuifaksi, stone coloumn juga dapat meningkatkan respon ketahanan terhadapa bencana likuifkasi (N O Anidhea, 2021).

Gambar 12. Stone Column Menggunakan Teknik Vibro Replecement

Gambar 13. Stone Column Menggunakan Teknik Vibro Replecement

Untuk mengurangi resiko bencana Gerakan tanah dan erosi, pemanfaatan vegetasi menjadi pilihan potensial, dalam hal stabilitas tanah fungsi tumbuhan memiliki efek penting, efek hidrolik dan mekanis. Akar yang menjadi bagian dari tumbuhan memainkan perannya dengan baik stabilitas hidrolik dan mekanik tanah. Akar tanaman akan memperkuat tanah dan meningkatkan kekuatan geser tanah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa akar pohon mampu menguatkan daya tahan dan kestabilan tanah, sehingga kejadian likuifaksi ketiak terjadi gempa dapat di minimalisir. Pepohonan jenis nilai ekonomis dan ekologis. Pohon-pohon itu adalah Alpukat, Nangka, Cempedak,Durian, Kelengkeng, Kelapa, Kenari, Kesemek, Matoa, Sukun, Aren, Kemenyan Rasamala, Puspa, cempaka, Mindi, Ketapang, Rambutan, Manggis, Markisa, Mahoni, Sawo Kecik, Jabon Putih, Beringin, Sempur, Mahoni, Gandaria dan Kayu Putih. Bagian akar pada pohon tersebut berfungsi mengikat tanah sangat kuat, menyimpan air dan nutrisi, serta menjaga kestabilan tanah (Hamdi et al., 2021).

Fenomena likuefaksi yang terjadi di kawasan eks-likuefaksi Balaroa memperlihatkan bahwa struktur tanah yang tidak stabil, terutama yang terdiri dari pasir dan lanau jenuh, sangat rentan terhadap getaran gempa. Perubahan sifat tanah dari padat menjadi cair (liquefaction) menyebabkan hilangnya fungsi dasar tanah sebagai penopang kehidupan dan infrastruktur. Untuk itu, penguatan struktur tanah melalui metode mitigasi seperti stone column menjadi upaya penting dalam meningkatkan daya dukung dan ketahanan tanah di wilayah pasca-bencana.

Selain itu, pemanfaatan vegetasi dengan sistem perakaran kuat seperti pohon-pohon berakar dalam dan bercabang luas (contoh: beringin, mahoni, sukun, matoa) memiliki peran ekologis signifikan dalam menstabilkan tanah, menyimpan air, serta menahan erosi. Pendekatan berbasis vegetasi ini tidak hanya memperkuat struktur tanah secara alami, tetapi juga menyokong ketangguhan ekologi karena dapat dikembangkan secara partisipatif dan berkelanjutan oleh masyarakat. Dengan demikian, penguatan kondisi lahan melalui

kombinasi teknologi mitigasi dan vegetasi berbasis lokal menjadi strategi kunci dalam membangun ketangguhan ekologi di zona merah seperti Balaroa.

- **Ketersediaan dan Keberlanjutan Vegetasi**

  Vegetasi merupakan faktor dominan dalam pembentukan tanah karena sumber utama bahan organik, karena peran utamanya dalam siklus hara dan hidrologi suatu lokasi (Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO), 2006).
  Vegetasi memegang peranan penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan, terutama pada kawasan pascabencana seperti zona merah eks likuifaksi. Ketersediaan vegetasi yang memadai berkontribusi terhadap pembentukan tanah, menjaga siklus hara dan air, serta memperkuat ketahanan ekologi kawasan. Oleh karena itu, pemilihan dan pelestarian vegetasi lokal yang adaptif sangat diperlukan sebagai bagian dari strategi pemulihan yang berkelanjutan.

  1. Fungsi Ekologis Ruang Terbuka
     Fungsi ekologis ruang terbuka mengacu pada peran ruang terbuka, seperti taman, hutan kota, jalur hijau, atau kawasan vegetasi lainnya, dalam menjaga keseimbangan ekosistem di wilayah perkotaan maupun non-perkotaan. Fungsi ini berhubungan dengan kemampuan ruang terbuka dalam mendukung kehidupan makhluk hidup (flora, fauna, dan manusia), memperbaiki kualitas lingkungan, dan menjaga proses-proses alami seperti daur air, udara, dan kesuburan tanah.
  2. Upaya Restorasi Ekologi
     Restorasi ekologi adalah suatu proses yang bertujuan untuk membantu pemulihan ekosistem yang telah terdegradasi, rusak, atau hancur, agar dapat kembali berfungsi secara ekologis, berkelanjutan, dan mendukung keanekaragaman hayati. Upaya ini melibatkan tindakan-tindakan yang disengaja untuk memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan biologis lingkungan agar mendekati kondisi alami sebelum terganggu.
  3. Zonasi dan Perlindungan Kawasan Lindung
     Kriteria pengaturan Zona Lindung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, ditentukan dengan mempertimbangkan tingkat kerawanan bencana tinggi, terdiri atas : (*Perwali Kota Palu Nomor 1 Tahun 2023 Tentang RDTR Tahun 2023-2043*, n.d.)
     - Zona Rawan Likuefaksi Sangat Tinggi yang terdiri atas daerah terdampak likuefaksi seperti Petobo dan Balaroa;
     - Zona sempadan pantai rawan tsunami yang meliputi sempadan pantai selebar 100 (seratus) meter dari titik pasang tertinggi;
     - Zona Sempadan Patahan Aktif yang meliputi sempadan patahan aktif Palu-Koro selebar 10 (sepuluh) meter;
     - Zona Rawan Gerakan Tanah Tinggi; dan
     - Zona Rawan Gempa bumi Tinggi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk resiliensi ekologi di kawasan zona merah pascabencana likuefaksi berkembang melalui kombinasi regenerasi vegetasi alami, pemanfaatan ruang terbuka berintensitas rendah, serta praktik adaptasi berbasis komunitas yang tidak bergantung pada pembangunan permanen. Di kawasan eks likuefaksi Balaroa, indikator resiliensi ekologi teridentifikasi melalui peningkatan tutupan vegetasi, fungsi resapan alami, pemanfaatan lahan sebagai ruang hijau dan memorial, serta munculnya aktivitas sosial terbatas yang tetap mematuhi larangan bangun. Temuan ini menunjukkan bahwa resiliensi ekologi di zona merah

tampak dari kondisi lingkungan dan pola pemanfaatan ruang yang adaptif, bukan dari pembangunan kembali kawasan.

Berdasarkan indikator tersebut, strategi pengelolaan berbasis resiliensi ekologi dirumuskan melalui pendekatan ruang hijau multifungsi, yang mencakup fungsi konservasi, memorial, edukasi kebencanaan, dan resapan air, dengan model intervensi minimum dan berbasis alam. Strategi ini menjawab rumusan masalah kedua dengan menunjukkan bahwa zona merah tetap dapat dimanfaatkan secara produktif dan aman tanpa melanggar regulasi risiko. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyusunan kerangka operasional strategi pengelolaan zona merah berbasis resiliensi ekologi pada konteks likuefaksi tropis, yang memperluas pendekatan pengelolaan pascabencana dari fokus rekonstruksi menuju transformasi fungsi lanskap adaptif. Kerangka ini dapat direplikasi dan dikembangkan pada kawasan rawan likuefaksi dan bencana geologi serupa di wilayah lain.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan karena menggunakan pendekatan kualitatif studi kasus di kawasan eks likuefaksi Balaroa, sehingga hasilnya hanya menggambarkan kondisi di lokasi tersebut dan tidak bisa langsung diterapkan di semua tempat. Data yang digunakan juga masih berdasarkan observasi dan wawancara yang terbatas, serta belum dilengkapi pengukuran lingkungan secara angka, seperti daya resapan tanah dan tingkat kerapatan vegetasi. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan analisis kuantitatif dan pemetaan berbasis GIS serta dilakukan di beberapa zona merah berbeda agar hasilnya bisa dibandingkan dan model strateginya menjadi lebih kuat.

PENGAKUAN

Saya mengucapkan terima kasih yang tulus kepada rekan-rekan, teman-teman, dan seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Saya m engucapkan terimakasih atas dukungan terus-menerus, diskusi konstruktif, dan selalu siap membantu.

DEKLARASI PENULIS

Kontribusi Penulis : Para penulis memberikan kontribusi yang signifikan dalam konsepsi dan desain penelitian. Para penulis bertanggung jawab atas analisis data, interpretasi, dan diskusi hasil. Para penulis membaca dan menyetujui naskah akhir.

Pernyataan Pendanaan : Tidak ada penulis yang menerima pendanaan atau hibah dari institusi atau badan pendanaan manapun untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, A., & Bakri, M. (2025). Dynamics of Post-Disaster Reconstruction in the Balaroa and Petobo Liquefaction Areas. *European Modern Studies Journal*, *8*(6), 212–228. https://doi.org/10.59573/emsj.8(6).2024.16

Bisatya W.Maer. (2022). *Publikasi-Teknologi Gempa dalam Arsitektur*.

Folke, C. (2016). Resilience (Republished). *Ecology and Society*, *21*(4). https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444

Hamdi, B., Universitas, R., Surabaya, N., Matematika, F., Pengetahuan, I., & Biologi, A. J. (2021). *PENGARUH KERAPATAN AKAR POHON TERHADAP KEKUATAN TANAH UNTUK MEMINIMALISIR BENCANA LIKUIFAKSI*.

Holling, C. S. (1973). *RESILIENCE tth'l) S'~AI31IJIrl1Y OF L(;OLO(:I(;AL SYSrl'ki\lS**.

Kuswandi, Y., Erwindi, J., Dwi Hadian, Moh. S., & Muslim, D. (2020). Disaster Mitigation for Palu City Residents in Dealing with Liquefaction Disasters in Accordance of Spatial Patterns of Palu City, Central Sulawesi Province, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, *5*(4), 219–226. https://doi.org/10.25299/jgeet.2020.5.4.5653

N O Anidhea, dan S. (2021). Identifikasi Karakteristik Struktur Tanah Dan Mitigasi Bencana Likuifaksi di Sulawesi Tengah. *Seminar Nasional Fisika*.

Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO). (2006). *Guidelines for soil description*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Perwali Kota Palu Nomor 1 Tahun 2023 Tentang RDTR Tahun 2023-2043. (n.d.).

Ramli. (2020). EVALUASI GEOLOGI TEKNIK PENYEBAB LIKUIFAKSI DAERAH BALAROA DAN PETOBO PASCA GEMPA KOTA PALU PROVINSI SULAWESI TENGAH. *Repository UNHAS*.

Richard J.T. Klein, R. J. N. and F. T. (2004). *Resilience To Natural Hazards: How Useful Is This Concept?*

Taufiq Wira Buana, W. H. R. N. R. (2019). *content-atlas-zona-likuefaksi-indonesia, Badan Geologi Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan*.

Walker B, C. H. S. C. A. K. (2004). Ecology and Society_ Resilience, Adaptability and Transformability in Social–ecological Syste. *Ec&S*.

Wiwin, W., & Nuraedah, N. (2022). ADAPTASI SOSIAL EKONOMI PENGUNGSI BENCANA LIKUIFAKSI DI KELURAHAN BALAROA KECAMATAN PALU BARAT KOTA PALU. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, *7*(1), 16–26. https://doi.org/10.24815/jpg.v7i1.25807