

Mengintegrasikan Pengetahuan Tradisional dan Teknologi Digital dalam Mitigasi Bencana Berbasis Data Epigrafi

Integrating Traditional Knowledge and Digital Technology in Disaster Mitigation Based on Epigraphic Data

Alfun Salam, Dewa Agung Gede Agung, Aditya Nugroho Widiadi
Universitas Negeri Malang

Email penulis koresponden: alfun.salam@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is prone to natural disasters because it lies on the Pacific Ring of Fire and is located at the convergence of several active tectonic plates. This research believes in the need for integration between digital technology and time-tested traditional knowledge (for example, earthquake-resistant house design). Disaster mitigation has existed for a long time, embedded in local wisdom. The main aim of this research is to integrate traditional knowledge contained in epigraphy with digital technology to find the best way to combine the wisdom of the past with today's technological capabilities. This integration aims to reduce casualties and damage. The method used is historical research with a literature study approach and epigraphic analysis. The expected result is a concrete Integration Model that bridges old wisdom and new technology. This model aims to increase awareness, community preparedness, and develop effective epigraphic-based mitigation methods for disaster risk reduction efforts in Indonesia.

Keywords: *Mitigation; traditional; digital technology; disaster*

ABSTRAK

Indonesia rawan bencana karena berada di Cincin Api Pasifik dan pertemuan lempeng tektonik aktif. Penelitian ini meyakini perlunya integrasi antara teknologi digital dengan pengetahuan tradisional yang teruji waktu (misalnya, desain rumah tahan gempa). Mitigasi kebencanaan telah eksis sejak dahulu yang termuat dalam pengetahuan tradisional. Tujuan utama penelitian ini adalah mengintegrasikan pengetahuan tradisional yang terkandung dalam epigrafi dengan teknologi digital untuk menemukan cara terbaik memadukan kearifan masa lalu dengan kemampuan teknologi masa kini. Integrasi ini bertujuan mengurangi korban dan kerusakan. Metode yang digunakan adalah penelitian sejarah dengan pendekatan studi literatur dan analisis epigrafi. Hasil yang diharapkan adalah Model Integrasi konkret yang menjembatani kearifan lama dan teknologi baru. Model ini bertujuan meningkatkan kesadaran, kesiapsiagaan masyarakat, dan mengembangkan metode mitigasi berbasis epigrafi yang efektif untuk upaya pengurangan risiko bencana di Indonesia.

Kata Kunci: Mitigasi; tradisional; teknologi digital; bencana

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara dengan kawasan yang terancam bahaya akibat aksi gempa tektonik dan gempa bumi vulkanik karena berada di Cincin Api Pasifik dan pertemuan lempeng tektonik aktif. Indonesia terletak di antara empat lempeng tektonik yaitu Eurasia, Australia, Lempeng tektonik muda Filipina dan Carolina yang aktif sepanjang tahun. Oleh karena itu, Indonesia sangat kerap menghadapi magnitudo seismik lebih besar dari 5 skala Richter. Oleh karena hampir seluruh wilayah Indonesia adalah daerah rawan bencana, kurikulum bencana harus

mengakomodasi pengetahuan tradisional yang bersumber dari masyarakat sendiri untuk memberikan pendidikan yang tepat tentang menghadapi sekaligus menangani bencana. Pengetahuan tradisional dapat berfungsi sebagai alternatif untuk mengurangi risiko bencana.

Sepanjang sejarah, ada banyak korban akibat dampak gempa, mulai dari dampak materi sampai nyawa. Misalkan saja, apa yang belum sepenuhnya hilang dari ingatan kita, bencana tsunami, dan gempa di Aceh, Yogyakarta, Sulawesi, dan Padang, hingga yang terbaru banjir besar di Sumatra. Berdasarkan data yang diperoleh dari World Risk Index (WRI) tahun 2023, terdapat 10 negara yang menduduki peringkat teratas dengan indeks risiko bencana alam tertinggi di dunia, yakni Filipina, Indonesia, India, Meksiko, Kolombia, Myanmar, Mozambik, Rusia, Banglades dan China. Negara yang memiliki indeks risiko bencana alam tertinggi di dunia adalah Filipina. Filipina menduduki peringkat pertama dengan indeks risiko bencana sebesar 46,86%, peringkat kedua adalah Indonesia dengan indeks risiko bencana sebesar 43,5%, kemudian disusul oleh India yang menduduki peringkat ketiga dengan indeks risiko bencana mencapai 41,57%. Sebaliknya, Andorra dan Monaco memiliki indeks risiko bencana alam terendah di dunia, dengan masing-masing indeks risiko bencana sebesar 0,22% dan 0,24%. Indeks risiko bencana ini dihitung dengan mempertimbangkan tingkat keterpaparan suatu negara terhadap bencana alam dan seberapa rentan negara tersebut terhadap bencana (WRI, 2022).

Secara komparatif, posisi Indonesia menempatkannya sebagai salah satu negara dengan tingkat kerentanan bencana tertinggi di dunia, menempati posisi signifikan setelah Filipina. Merujuk pada data akumulatif Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) sepanjang periode Januari hingga Desember 2025, tercatat sebanyak 3.374 peristiwa bencana alam. Fenomena ini didominasi oleh hidrometeorologi basah, yakni banjir dan cuaca ekstrem. Implikasi destruktif dari intensitas bencana tersebut tercermin pada tingginya angka mortalitas dan morbiditas, dengan rincian 1.552 korban jiwa, 248 individu dinyatakan hilang, serta 7.751 korban luka-luka. Selain dampak kemanusiaan, kerusakan infrastruktur mencapai skala masif yang mencakup 195.621 unit rumah rusak, 1.276.600 pemukiman terendam, serta 6.608 fasilitas umum mengalami degradasi fungsi. Realitas empiris ini menegaskan urgensi penguatan sistem mitigasi yang lebih integratif dan resilien.

Mitigasi bencana tidak hanya dipahami sebagai upaya teknis-struktural, tetapi juga sebagai proses sosial-kultural yang berkelanjutan. Menurut kerangka kerja manajemen bencana modern, resiliensi komunitas sangat bergantung pada sejauh mana sistem mitigasi mengadopsi kearifan lokal (*indigenous knowledge*). Pengetahuan tradisional ini, yang sering kali terabaikan oleh pendekatan teknokratis, merupakan hasil dari akumulasi pengalaman empiris masyarakat terdahulu dalam beradaptasi dengan lingkungan yang ekstrem. Oleh karena itu, integrasi kearifan lokal ke dalam kebijakan publik menjadi prasyarat utama untuk menciptakan sistem pengurangan risiko bencana yang lebih organik dan responsif terhadap karakteristik sosiogeografis Indonesia.

Data epigrafi dalam perspektif arkeologi dan sejarah bukan hanya sekadar artefak berisikan teks, melainkan juga media penyimpanan memori kolektif pada masanya. Berbeda dengan tradisi lisan yang rentan terhadap distorsi atau 'penyusutan' informasi (*information loss*), prasasti

memberikan data tertulis yang statis dan autentik mengenai fenomena alam masa lampau. Kajian terhadap prasasti-prasasti seperti Kamalagyan dan Tugu menunjukkan bahwa penguasa Nusantara masa klasik telah menetapkan regulasi kebencanaan yang bersifat integratif, yang mencakup manajemen sumber daya air, perlindungan lingkungan, hingga penataan ruang pemukiman. Data ini berfungsi sebagai benchmark historis yang krusial untuk memetakan keberulangan bencana di wilayah tertentu.

Ketergantungan pada adopsi teknologi mitigasi digital Barat yang bersifat murni teknokratis telah menciptakan kesenjangan signifikan dalam praktiknya di Indonesia, karena sering kali mengabaikan catatan sejarah dan nilai-nilai kearifan lokal yang tertuang secara otentik dalam data epigrafi. Ketidakhadiran dimensi historis dan budaya ini menyebabkan sistem peringatan dini atau strategi kebencanaan modern kerap dianggap sebagai instruksi asing yang kaku, sehingga memicu penolakan sosial atau ketidakcocokan budaya (*cultural mismatch*) di tengah masyarakat yang secara turun-temurun telah memiliki memori kolektif dan protokol bencana sendiri. Oleh karena itu, diperlukan integrasi antara kecanggihan teknologi digital dengan literasi epigrafi untuk menciptakan sistem mitigasi yang tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga memiliki kedekatan emosional dan legitimasi budaya yang kuat bagi masyarakat setempat. Beberapa teknologi digital yang bisa lebih dimanfaatkan diantaranya seperti Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk memetakan lokasi bencana purba dalam prasasti ke peta digital modern. Artificial Intelligence (AI/NLP) untuk menerjemahkan dan mengeksplorasi ribuan teks prasasti secara otomatis guna mencari pola bencana. Aplikasi Mobile/EWS dapat digunakan sebagai media penyebaran instruksi mitigasi berbasis budaya kepada masyarakat.

Meskipun penelitian mengenai kearifan lokal seperti tradisi Smong (McAdoo dkk., 2006) telah banyak dilakukan, mayoritas kajian tersebut masih berbasis pada tradisi lisan yang memiliki kerentanan terhadap distorsi informasi seiring perubahan zaman. Di sisi lain, kajian epigrafi bencana yang dipelopori oleh Boechari (2012) dan Yulianto (2018) umumnya masih terbatas pada identifikasi peristiwa kronologis—yakni mengenai apa dan kapan suatu bencana terjadi—tetapi, belum menyentuh aspek fungsional mengenai bagaimana struktur teks dalam prasasti tersebut sebenarnya berperan sebagai instrumen mitigasi atau regulasi kebencanaan pada masanya.

Sejalan dengan itu, meskipun digitalisasi artefak arkeologi telah berkembang pesat (Casarejos, 2020) dan penggunaan data sejarah dalam sistem informasi geografis mulai diterapkan (Yulianto, 2019), kedua lini penelitian ini masih berjalan secara parsial atau terpisah. Hingga saat ini, belum ditemukan adanya sintesis yang secara spesifik mengekstraksi regulasi kebencanaan dari teks epigrafi untuk kemudian diintegrasikan ke dalam platform digital mitigasi bencana kontemporer. Celah penelitian inilah yang menjadi fokus utama dalam studi ini, yakni menjembatani data masa lalu dengan instrumen teknologi masa kini.

Masalah utama dalam penelitian ini berakar pada diskoneksi sistemik atau kesenjangan fundamental antara instrumentasi teknologi digital dalam mitigasi bencana modern dengan kekayaan pengetahuan tradisional yang terkandung dalam data epigrafi. Di satu sisi, sistem mitigasi

berbasis digital saat ini cenderung bersifat teknokratis dan sering kali mengabaikan konteks historis-budaya wilayah setempat. Di sisi lain, data epigrafi yang memuat memori kolektif dan protokol kebencanaan masa lampau tetap menjadi pengetahuan yang statis karena belum ditransformasikan ke dalam format fungsional yang adaptif terhadap perkembangan zaman. Ketidakmampuan untuk mensinergikan kedua entitas ini mengakibatkan strategi pengurangan risiko bencana di Indonesia kehilangan landasan sosiologisnya, sehingga diperlukan sebuah upaya integrasi sistematis guna menjembatani kearifan historis dengan efisiensi teknologi modern.

Signifikansi epigrafi dalam kerangka mitigasi bencana kontemporer terletak pada perannya sebagai rekaman sejarah primer yang bersifat otentik dan lintas zaman. Berbeda dengan tradisi lisan yang rentan terhadap distorsi naratif, data epigrafi menyediakan dokumentasi faktual mengenai pola siklus bencana, serta merekam solusi arsitektural dan regulasi sosial yang telah teruji efektivitasnya oleh masyarakat terdahulu. Dalam perspektif integrasi teknologi digital, epigrafi berfungsi sebagai basis data heuristik yang mampu memberikan parameter historis bagi pengembangan algoritma mitigasi yang berbasis kearifan lokal. Dengan mengekstraksi instruksi-instruksi prototipikal dari teks prasasti—baik berupa tata ruang pemukiman yang aman maupun kode perilaku tanggap darurat, penelitian ini memposisikan epigrafi bukan sekadar sebagai artefak arkeologis statis, melainkan sebagai instrumen intelijen kebencanaan masa lalu yang krusial untuk meningkatkan resiliensi sosiokultural di era digital.

Formulasi untuk memadukan pengetahuan tradisional dengan teknologi digital dilakukan melalui proses transformasi data heuristik menjadi input fungsional dalam sistem informasi kebencanaan. Sebagai representasi konkret, Prasasti Kamalagyan (1037 M) dari era Raja Airlangga memberikan titah mengenai manajemen risiko banjir melalui pembangunan bendungan (*dawuhan*) yang disertai dengan regulasi sosial-ekonomi bagi masyarakat sekitar. Pengetahuan praktis dalam prasasti ini seperti penentuan lokasi drainase yang presisi secara topografis dan keterlibatan komunitas dalam pemeliharaan infrastruktur dapat diekstraksi ke dalam pemodelan berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS) dan simulasi hidrodinamika digital. Prasasti ini bukan sekadar cerita, tapi ketetapan hukum. Ini membuktikan bahwa leluhur Indonesia sudah memiliki "kebijakan publik" untuk bencana banjir. Dengan mengintegrasikan logika tata ruang kuno yang telah teruji secara sosiologis dengan akurasi prediksi teknologi modern, pengembangan model mitigasi tidak lagi sekadar mengandalkan konstruksi fisik, melainkan menciptakan sistem peringatan dini dan protokol kedaruratan yang selaras dengan memori kolektif dan karakteristik geografis lokal.

METODE

Penelitian ini menerapkan metode penelitian sejarah (historis) yang bersifat sistematis dan deskriptif-analitis. Dalam konteks ini, metode historis digunakan untuk merekonstruksi memori kolektif dan strategi mitigasi bencana yang tertuang dalam data epigrafi secara objektif. Sejalan dengan pendapat Kuntowijoyo (2013), prosedur penelitian dilakukan melalui empat tahapan utama, yakni heuristik (pengumpulan sumber primer berupa prasasti), verifikasi atau kritik sumber untuk memastikan keaslian data, interpretasi guna menyintesis makna di balik teks, serta historiografi

sebagai langkah penyusunan hasil rekonstruksi sejarah. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengekstraksi nilai-nilai kearifan lokal masa lampau untuk dipadukan dengan parameter teknologi digital masa kini, sehingga menghasilkan analisis yang tidak hanya kronologis tetapi juga fungsional.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan menitikberatkan pada studi literatur dan analisis epigrafi. Pendekatan studi literatur, sebagaimana dijelaskan oleh Zed (2008), merupakan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, serta mengolah bahan penelitian secara kritis guna membangun landasan teoretis dan memetakan data sekunder terkait mitigasi bencana. Sementara itu, untuk membedah data primer berupa prasasti, penelitian ini menerapkan analisis epigrafi dengan merujuk pada prinsip Boechari (2012). Analisis ini melibatkan proses pembacaan teks melalui kajian paleografi, kritik sumber, serta interpretasi kontekstual untuk menemukan regulasi atau pesan kebencanaan di masa lampau. Integrasi kedua pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk tidak hanya memahami aspek filologis teks, tetapi juga mengekstraksi nilai fungsional dari 'memori tertulis' tersebut untuk kemudian dikonversi ke dalam parameter teknologi digital kontemporer.

Penelitian ini dilaksanakan melalui empat tahapan metodologi sejarah yang sistematis untuk menjamin keakuratan data. Tahap pertama dalam metodologi penelitian ini adalah heuristik, yakni upaya sistematis untuk menghimpun sumber primer dan sekunder yang relevan dengan lokus penelitian. Data primer difokuskan pada artefak epigrafi yang secara eksplisit merekam peristiwa bencana dan upaya mitigasi di masa lampau. Beberapa sumber kunci yang berhasil dihimpun meliputi Prasasti Tugu dari masa Tarumanagara yang mencatat upaya mitigasi banjir melalui penggalian sungai, serta Prasasti Kamalagyan yang mendokumentasikan pembangunan bendungan oleh Raja Airlangga untuk menanggulangi luapan Sungai Brantas. Selain itu, data diperkaya dengan catatan dari era Mataram Kuno, seperti Prasasti Rukam yang menceritakan peresmian desa menjadi tanah *sima* akibat terdampak letusan gunung berapi, Prasasti Pucangan (Calcutta Stone) yang menguraikan peristiwa Pralaya atau kehancuran besar, serta Prasasti Sangguran (Minto Stone). Seluruh data epigrafi ini kemudian disinkronkan dengan data sekunder yang diperoleh melalui penelusuran literatur ilmiah, jurnal arkeologi, dan laporan kebencanaan historis guna membangun basis data yang komprehensif bagi proses integrasi digital selanjutnya. Setelah data terkumpul, dilakukan tahap kritik sumber untuk melakukan verifikasi terhadap keaslian (autentisitas) dan kredibilitas isi data guna memastikan bahwa informasi sejarah yang digunakan bersifat valid. Selanjutnya, peneliti melakukan interpretasi atau penafsiran secara mendalam untuk menarik makna di balik pengetahuan tradisional tersebut, khususnya yang berkaitan dengan strategi mitigasi bencana. Tahap terakhir adalah historiografi, yaitu proses penyusunan dan penulisan hasil rekonstruksi sejarah yang mengintegrasikan pengetahuan tradisional tersebut dengan kerangka teknologi digital sebagai sebuah sintesis pengetahuan baru dalam bidang pengurangan risiko bencana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi epigrafi di Indonesia menunjukkan bahwa masyarakat masa lampau telah memiliki bentuk-bentuk mitigasi bencana yang terekam dalam berbagai prasasti, terutama dalam konteks pengelolaan lingkungan dan penguatan struktur sosial. Data ini, meskipun tidak selalu secara eksplisit mendeskripsikan "bangunan tahan gempa" dalam terminologi teknis modern, memberikan petunjuk fundamental mengenai adaptasi dan kearifan lokal yang bersifat preventif.

Relevansi kearifan masa lalu ini menjadi sangat krusial jika dikontekstualisasikan dengan realitas kebencanaan saat ini. Merujuk pada data akumulatif Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) sepanjang periode Januari hingga Desember 2025, tercatat sebanyak 3.374 peristiwa bencana alam di Indonesia yang didominasi oleh fenomena hidrometeorologi basah, yakni banjir dan cuaca ekstrem. Dominasi bencana hidrometeorologi ini mencerminkan adanya ketimpangan dalam manajemen ruang dan air di era modern.

Sistem pengetahuan tradisional yang terekam dalam data epigrafi dan tradisi tutur merupakan manifestasi dari kecerdasan ekologis masyarakat masa lampau dalam menghadapi dinamika alam. Pada fase pra-bencana, pengetahuan ini berfungsi sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) yang berbasis pada observasi fenomena alam (fenologi) dan pesan-pesan simbolis dalam prasasti yang menetapkan zona larangan atau wilayah lindung. Melalui narasi budaya, leluhur memberikan pedoman mitigasi preventif yang mengajarkan masyarakat untuk membaca tanda-tanda lingkungan sebelum krisis terjadi, menciptakan sebuah kesadaran kolektif yang terjaga selama berabad-abad.

Saat memasuki fase tanggap darurat atau terjadi bencana, tutur budaya dan epigrafi berperan sebagai kompas navigasi sosial untuk penyelamatan diri. Prasasti sering kali mencatat instruksi mengenai lokasi pengungsian yang aman (seperti wilayah perbukitan atau "tanah perdikan") serta prosedur evakuasi yang dibungkus dalam bentuk mite atau aturan adat. Pengetahuan ini memastikan bahwa di tengah situasi krisis, masyarakat memiliki memori kolektif yang kuat untuk bertindak secara terorganisir, meminimalisir kepanikan, dan memaksimalkan peluang keselamatan jiwa berdasarkan pengalaman kolektif para pendahulu yang pernah selamat dari bencana serupa.

Pada fase pasca-bencana, kekayaan epigrafi dan tutur budaya memberikan fondasi bagi pemulihan (*recovery*) dan adaptasi jangka panjang. Rekaman sejarah dalam prasasti tidak hanya mencatat kerusakan, tetapi juga strategi restorasi sosial-ekonomi, seperti pemberian keringanan pajak atau pembangunan kembali infrastruktur air yang rusak. Pengetahuan ini menciptakan model ketangguhan yang berkelanjutan, di mana masyarakat diajarkan untuk tidak sekadar kembali ke kondisi semula, melainkan beradaptasi dengan realitas lingkungan yang baru (rekonstruksi yang lebih baik). Dengan demikian, tradisi tutur dan epigrafi berfungsi sebagai jembatan pengetahuan yang mengubah trauma masa lalu menjadi strategi ketahanan bangsa yang kokoh di masa depan.

Identifikasi Bentuk Mitigasi dalam Data Epigrafi

Berdasarkan analisis terhadap prasasti-prasasti yang telah dihimpun, bentuk mitigasi bencana masa lalu dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama sebagai berikut.

Mitigasi Struktural: Rekayasa Hidrologi dan Arsitektur

Data epigrafi menunjukkan adanya upaya fisik yang terencana untuk memodifikasi lingkungan guna mengurangi dampak bencana. Prasasti Harinjing (921 M) dan Kamalagyan (1037 M) merekam mengenai pencapaian rekayasa hidrologi masyarakat Nusantara dalam memitigasi risiko bencana banjir di lembah sungai besar. Secara eksplisit, kedua prasasti ini mencatat pembangunan *dawuhan* (bendungan) dan jaringan saluran drainase yang dirancang secara presisi untuk mengintervensi aliran alami Sungai Harinjing dan Brantas. Pembangunan ini bukan sekadar upaya irigasi pertanian, melainkan strategi pertahanan sipil untuk memecah dan mengalihkan debit air yang berlebih, sehingga ancaman banjir bandang yang kerap melanda wilayah pemukiman saat musim hujan ekstrem dapat diminimalisir secara signifikan.

Dalam perspektif teknis, manajemen aliran air yang tertuang dalam Prasasti Kamalagyan menunjukkan adanya kebijakan "publik" yang terorganisir di bawah perintah Raja Airlangga. Bendungan tersebut berfungsi sebagai instrumen kontrol hidrolis yang mengatur distribusi air secara proporsional sekaligus melindungi lahan pertanian dan pemukiman dari kerusakan masif akibat luapan material sungai. Pola penentuan lokasi drainase yang presisi secara topografis menunjukkan bahwa masyarakat pada masa itu telah memiliki pemahaman mendalam mengenai dinamika aliran air dan geomorfologi wilayah lokal mereka.

Integrasi pengetahuan tradisional dari kedua prasasti ini ke dalam sistem mitigasi modern dapat dilakukan melalui pemodelan hidrodinamika digital. Dengan mengekstraksi data lokasi dan prinsip rekayasa *dawuhan* kuno ke dalam platform Sistem Informasi Geografis (GIS), peneliti dapat mensimulasikan kembali efektivitas pola drainase tersebut dalam menghadapi fenomena hidrometeorologi basah yang mendominasi data bencana tahun 2025. Sinergi antara logika tata ruang klasik dan akurasi prediksi digital ini diharapkan mampu melahirkan model manajemen risiko banjir yang lebih berkelanjutan dan selaras dengan karakteristik geografis setempat.

Prasasti Tugu memberikan ilustrasi monumental mengenai penerapan konsep infrastruktur multifungsi yang telah dikenal sejak masa Tarumanagara. Proyek hidrologi berupa penggalian Sungai Chandrabaga dan Gomati tidak sekadar dirancang sebagai saluran pembuangan air menuju laut guna memitigasi risiko banjir pada musim hujan. Lebih jauh lagi, infrastruktur ini berfungsi sebagai sistem penyimpanan cadangan air strategis untuk menghadapi ancaman kekeringan di musim kemarau, yang secara teknis menunjukkan bahwa prinsip multipurpose dam atau bendungan serbaguna telah diterapkan secara tradisional di Nusantara.

Dalam konteks manajemen risiko bencana modern, integrasi pengetahuan dari Prasasti Tugu ini sangat relevan untuk mengatasi ketimpangan hidrologi yang tercatat dalam data tahun 2025. Pengetahuan tradisional mengenai pemanfaatan kanal ganda ini memberikan pelajaran berharga bahwa mitigasi tidak seharusnya bersifat parsial; sebuah sistem pertahanan terhadap banjir

idealnya juga berfungsi sebagai instrumen resiliensi terhadap kekeringan. Logika desain tradisional ini dapat diadopsi ke dalam algoritma Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk mengoptimalkan penempatan tandon air atau embung digital yang mampu menyesuaikan fungsinya berdasarkan fluktuasi curah hujan ekstrem.

Oleh karena itu, digitalisasi narasi Prasasti Tugu bukan hanya berfungsi sebagai pelestarian sejarah, melainkan sebagai upaya ekstraksi strategi adaptasi perubahan iklim. Dengan memadukan memori kolektif tentang manajemen air kuno dengan teknologi sensor digital masa kini, Indonesia dapat membangun infrastruktur mitigasi yang lebih cerdas dan berakar pada kearifan lokal. Sinergi ini akan memastikan bahwa pembangunan fisik di era digital tetap memiliki legitimasi budaya sekaligus efektivitas teknis dalam melindungi masyarakat dari ancaman bencana hidrometeorologi yang kian masif.

Mitigasi Spasial: Lokasi Sakral sebagai "Zona Aman"

Penetapan daerah *sima* (tanah perdikan) dalam berbagai data epigrafi sering kali memiliki korelasi dengan keamanan geografis. Prasasti Rukam (907 M) memberikan preseden historis yang signifikan mengenai manajemen pasca-bencana, khususnya terkait strategi relokasi penduduk dan penetapan zonasi aman. Catatan dalam prasasti ini menguraikan peristiwa hancurnya Desa Rukam akibat letusan gunung api, yang kemudian diikuti oleh kebijakan otoritas pusat untuk menetapkan status khusus bagi komunitas terdampak. Langkah ini menunjukkan bahwa masyarakat Mataram Kuno tidak hanya memahami risiko vulkanologi, tetapi juga memiliki mekanisme formal untuk memindahkan populasi dari zona bahaya ke tempat yang lebih stabil secara geologis.

Secara ilmiah, pemberian status *sima* (tanah perdikan) dalam konteks relokasi Desa Rukam berfungsi sebagai instrumen pemulihan sosiogeografis. Dengan memindahkan penduduk ke wilayah yang lebih aman untuk memelihara bangunan suci, terjadi proses zonasi ulang yang memisahkan antara kawasan permukiman aktif dengan kawasan rawan bencana (zona merah vulkanik). Penentuan lokasi baru yang dipilih berdasarkan stabilitas lahan menunjukkan adanya pengetahuan spasial tradisional yang mampu mengidentifikasi bentang alam yang lebih resilien terhadap ancaman letusan di masa depan.

Analisis spasial terhadap Prasasti Pucangan dan Sangguran mengungkapkan bahwa penetapan lokasi untuk tempat pertapaan atau bangunan suci di masa lampau tidak hanya didasarkan pada nilai spiritual, tetapi juga pada pertimbangan topografi yang matang. Lokasi-lokasi tersebut secara konsisten menempati elevasi yang lebih tinggi atau struktur tanah yang memiliki stabilitas geologis lebih baik dibandingkan wilayah di sekitarnya. Hal ini mengindikasikan bahwa leluhur Nusantara memiliki kemampuan intuitif dan empiris dalam mengidentifikasi bentang alam yang paling resilien terhadap ancaman lingkungan.

Integrasi antara logika pemilihan lokasi tradisional dengan pemodelan elevasi digital (DEM) memungkinkan terciptanya strategi mitigasi yang lebih akurat dan adaptif. Memanfaatkan data topografi yang telah teruji melintasi berbagai periode bencana ini memastikan bahwa pengembangan

wilayah di masa depan tidak mengabaikan memori kolektif yang telah terbukti mampu melindungi peradaban masa lalu dari kehancuran besar, seperti peristiwa Pralaya yang tercatat dalam sejarah.

Mitigasi Non-Struktural: Regulasi Sosial dan Peringatan Dini

Bentuk mitigasi yang paling kuat dalam epigrafi adalah terciptanya tatanan sosial yang tanggap bencana. Regulasi Kebijakan Publik dalam Prasasti berfungsi sebagai "Undang-Undang" yang menetapkan siapa yang bertanggung jawab memelihara saluran air. Adanya denda atau sanksi dalam prasasti memastikan bahwa infrastruktur mitigasi tetap terjaga fungsinya secara turun-temurun.

Memori Kolektif sebagai Peringatan Dini penyebutan istilah "Pralaya" (kehancuran total) dalam Prasasti Pucangan merupakan bentuk dokumentasi bencana dahsyat yang bertujuan agar generasi mendatang tetap waspada. Tradisi mencatat bencana pada batu merupakan metode "peringatan dini abadi" agar masyarakat tidak membangun pemukiman di zona bahaya yang sama di masa depan.

Tabel 1 Tabel Sintesis Pengetahuan Tradisional & Implementasi Teknologi Digital

No	Dimensi Mitigasi	Sumber Epigrafi	Pengetahuan Tradisional (Nilai Historis)	Implementasi Teknologi Digital (Modern)
1	Manajemen Air	Harinjing (921 M) & Kamalagyan (1037 M)	Pembangunan <i>dawuhan</i> (bendungan) dan drainase untuk memecah debit sungai.	Pemodelan GIS dan simulasi hidrodinamika untuk memetakan jalur aliran air aman.
2	Infrastruktur Ganda	Tugu (Tarumanagara)	Konsep kanal multifungsi untuk kendali banjir dan cadangan kekeringan (<i>multipurpose dam</i>).	Algoritma optimasi penempatan embung digital berdasarkan fluktuasi curah hujan.
3	Resiliensi Material	Struktur Candi/Bangunan Batu	Penggunaan material permanen pada titik referensi spasial yang kokoh terhadap bencana.	Penentuan parameter stabilitas lahan dan "jangkar" resiliensi dalam peta risiko digital.
4	Relokasi & Zonasi	Rukam (907 M)	Strategi pemindahan penduduk (<i>resettlement</i>) dari zona bahaya vulkanik ke area aman.	Perencanaan tata ruang berbasis GIS yang mengadopsi prinsip "zonasi warisan".
5	Topografi Strategis	Pucangan & Sangguran	Pemilihan elevasi tinggi dan struktur tanah stabil sebagai lokasi vital/sakral.	Analisis DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) untuk mengidentifikasi titik evakuasi historis.
6	Regulasi Sosial	Pucangan & Harinjing	Pencatatan peristiwa <i>Pralaya</i> dan kewajiban komunitas dalam pemeliharaan infrastruktur.	Pengembangan aplikasi EWS Mobile dengan narasi budaya untuk meningkatkan kepatuhan sosial.

Alur Kerja

Alur kerja ini disusun secara sistematis sebagai berikut.

Tahap 1	Input	→	Pengumpulan & Digitalisasi Teks Prasasti (AI / NLP)
Tahap 2	Proses	→	Ekstraksi Parameter & Transformasi Data ke <i>Database</i>
Tahap 3	Analisis	→	Pemodelan Spasial & Hidrodinamika (GIS & DEM)
Tahap 4	Output	→	Aplikasi EWS Berbasis Budaya & Zonasi Tata Ruang Resilien

Penjelasan Detail Alur Kerja Metodologis

Tahap 1: Akuisisi dan Digitalisasi Data Epigrafi (Input)

Mengintegrasikan Pengetahuan Tradisional dan Teknologi Digital dalam Mitigasi Bencana Berbasis Epigrafi

Langkah awal berfokus pada pengumpulan artefak tekstual kuno hingga siap diproses secara digital. Pengumpulan sumber (heuristik), yakni mengumpulkan data dari prasasti kunci (Harinjing, Kamalagyan, Tugu, Rukam, Pucangan, Sangguran). Pemrosesan Teks dengan AI (NLP/Deep Learning) menggunakan algoritma deep learning untuk mengidentifikasi motif visual aksara kuno yang mulai aus. Selanjutnya, Natural Language Processing (NLP) digunakan untuk menyusun draf awal transliterasi dan menerjemahkan teks secara otomatis guna mendeteksi kata kunci bencana (misal: *dawuhan*, *pralaya*).

Tahap 2: Transformasi Data (Data Conditioning)

Mengubah informasi sejarah yang bersifat kualitatif-naratif menjadi data digital yang kuantitatif dan terstruktur. Penyusunan Geodatabase memasukkan teks, transliterasi, foto resolusi tinggi, dan koordinat geografis absolut (titik koordinat penemuan/lokasi situs) ke dalam basis data terpusat (*cloud database*). Kategorisasi Dimensi Mitigasi memisahkan data ke dalam variabel teknis: variabel hidrologi (Prasasti Kamalagyan/Tugu), variabel vulkanologi/relokasi (Prasasti Rukam), dan variabel elevasi topografi (Prasasti Pucangan/Sangguran).

Tahap 3: Pemodelan Komputasi dan Analisis Geospasial (Proses Inti)

Tahap di mana teknologi digital bekerja aktif mengolah "logika kuno" menjadi simulasi modern. Simulasi Hidrodinamika Digital (GIS) mengekstraksi data lokasi dawuhan (bendungan kuno) dari Prasasti Kamalagyan dan Harinjing ke dalam software GIS. Sistem melakukan simulasi pergerakan air untuk menguji seberapa efektif pola drainase klasik tersebut jika diterapkan pada fluktuasi curah hujan ekstrem saat ini. Analisis DEM (Digital Elevation Model) memasukkan data koordinat tempat pertapaan/bangunan suci dari Prasasti Pucangan dan Sangguran. Menggunakan analisis DEM untuk mengidentifikasi karakteristik kemiringan lereng dan kestabilan tanah, guna membuktikan titik aman evakuasi historis secara ilmiah. Algoritma Zonasi Warisan (Heritage Zoning) mengadopsi konsep pemindahan penduduk (*resettlement*) dari Prasasti Rukam ke dalam algoritma perencanaan tata ruang wilayah modern untuk memisahkan zona merah bencana vulkanik dengan area pemukiman baru.

Tahap 4: Implementasi Sistem Mitigasi Praktis (Output)

Hasil pemrosesan yang siap diimplementasikan kepada masyarakat dan pembuat kebijakan. Aplikasi Mobile EWS (Early Warning System) hasil analisis kebencanaan tidak disajikan dalam bahasa teknokratis yang kaku, melainkan dikemas ke dalam aplikasi seluler peringatan dini yang menyisipkan narasi budaya dan memori kolektif lokal (seperti kisah Pralaya) untuk meningkatkan kepatuhan sosial masyarakat. Rekomendasi Kebijakan Tata Ruang Organik menghasilkan peta risiko bencana digital yang memiliki "jangkar resiliensi" berdasarkan sensor sejarah, memberikan panduan bagi BNPB/Pemerintah Daerah untuk membangun infrastruktur yang selaras dengan karakteristik sosiogeografis setempat.

Analisis Teknologi Digital sebagai Media Integrasi

Teknologi digital seperti basis data, aplikasi edukasi, AR/VR dapat mengemas pengetahuan epigrafi menjadi lebih relevan dengan membuat data prasasti interaktif, visual, dan mudah diakses; memungkinkan simulasi penggalian atau rekonstruksi situs kuno, menciptakan tur virtual, dan memfasilitasi kolaborasi riset global, mengubah epigrafi dari teks kuno menjadi pengalaman imersif yang menarik bagi generasi digital, meningkatkan pemahaman, keterlibatan, dan retensi informasi secara signifikan.

Basis Data (Database) & Platform Digital

Transformasi epigrafi menuju era digital telah merevolusi cara pelestarian dan aksesibilitas data prasasti melalui pengembangan sistem basis data terstruktur yang mendukung akses terbuka. Dengan mengonversi prasasti fisik menjadi entitas data digital yang mencakup teks, citra resolusi tinggi, dan transliterasi, hambatan geografis bagi para peneliti kini dapat teratasi. Platform berbasis daring yang terhubung dengan basis data pusat memungkinkan kolaborasi global secara *real-time*, di mana data primer tidak lagi terbatas pada ruang penyimpanan fisik, melainkan menjadi aset digital yang dapat dikaji secara luas tanpa risiko kerusakan pada objek aslinya.

Efisiensi penelitian kini sangat bergantung pada kapabilitas arsitektur basis data dalam menyediakan fitur pencarian canggih dan integrasi data multidimensional. Sistem ini memungkinkan analisis komparatif yang presisi melalui kueri berdasarkan kata kunci, periodisasi, hingga pola paleografi tertentu secara otomatis, yang jauh lebih cepat dibandingkan metode manual. Proses ini mencapai puncaknya ketika data epigrafi dalam basis data tersebut disinergikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan holistik ini memungkinkan para akademisi untuk memetakan persebaran prasasti secara spasial dan temporal, memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika sosial dan budaya masa lampau melalui keterhubungan data yang terintegrasi.

Aplikasi Edukasi Interaktif

Pemanfaatan teknologi digital dalam studi epigrafi telah membuka peluang baru melalui penerapan gamifikasi dan visualisasi tingkat lanjut untuk meningkatkan keterlibatan pengguna. Dengan mengadopsi elemen permainan, seperti tantangan transliterasi interaktif atau simulasi penemuan artefak, proses pembelajaran yang sebelumnya dianggap kaku kini menjadi lebih dinamis dan motivatif. Pengalaman ini diperkaya dengan penggunaan model 3D yang memungkinkan peneliti maupun masyarakat umum mengamati detail fisik prasasti secara virtual dari berbagai sudut, sekaligus merekonstruksi konteks orisinal situs yang mungkin telah mengalami degradasi secara fisik. Lebih jauh lagi, inovasi ini memfasilitasi model pembelajaran kontekstual yang menghubungkan teks kuno dengan narasi sejarah yang lebih luas secara interaktif. Melalui antarmuka digital, setiap baris kalimat dalam prasasti tidak hanya disajikan sebagai data tekstual, tetapi juga disertai dengan penjelasan komprehensif mengenai latar belakang budaya, politik, dan kebahasaan yang relevan. Integrasi antara visualisasi ruang dan data historis ini menciptakan lingkungan belajar yang holistik, di mana pengguna dapat memahami makna di balik prasasti secara mendalam tanpa kehilangan konteks ruang dan waktunya.

Simulasi AR/VR (Augmented/Virtual Reality)

Penerapan teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) telah menciptakan paradigma baru dalam pelestarian serta edukasi warisan budaya melalui penyediaan pengalaman imersif yang mendalam. Dengan menggunakan VR, peneliti dan masyarakat dapat melakukan observasi lapangan secara virtual ke situs arkeologi yang sulit dijangkau, memungkinkan mereka untuk melihat prasasti tepat di lokasi aslinya dalam skala yang akurat. Sementara itu, teknologi AR berperan krusial dalam rekonstruksi virtual, di mana perangkat seluler dapat memproyeksikan bagian-bagian prasasti yang telah aus atau struktur bangunan yang telah runtuh kembali ke bentuk utuhnya, memberikan pemahaman visual yang konkret mengenai estetika dan fungsi aslinya.

Selain aspek visualisasi, teknologi ini berfungsi sebagai sarana simulasi penelitian yang efektif untuk melatih keterampilan teknis tanpa membahayakan artefak fisik yang rapuh. Siswa dan calon epigrafer dapat mempraktikkan prosedur pemindaian tiga dimensi, teknik restorasi digital, hingga metode pembacaan teks kuno dalam lingkungan simulasi yang aman. Integrasi antara pengalaman sensorik dan praktik virtual ini tidak hanya meminimalisir risiko kerusakan pada benda cagar budaya, tetapi juga mempercepat proses transfer pengetahuan melalui metode pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) yang lebih interaktif dan terukur.

Analisis & Kolaborasi Berbasis AI

Integrasi Kecerdasan Buatan (AI) dalam studi epigrafi telah membawa lompatan besar, khususnya dalam identifikasi pola dan pengolahan data berskala besar. Algoritme pembelajaran mendalam (*deep learning*) mampu mendeteksi motif visual, struktur bahasa, hingga anomali pada goresan prasasti yang sering kali luput dari pengamatan manual manusia. Selain itu, pengembangan model AI untuk penerjemahan otomatis menjadi instrumen krusial dalam menyusun draf awal transliterasi bahasa kuno yang kompleks. Hal ini secara signifikan mempercepat proses interpretasi teks, sehingga para ahli dapat lebih fokus pada analisis kontekstual dan sintesis sejarah yang lebih mendalam.

Keunggulan teknologi ini semakin diperkuat oleh ekosistem kolaborasi global berbasis *platform cloud*. Infrastruktur ini memungkinkan para peneliti dari berbagai belahan dunia untuk mengakses, menyunting, dan mendiskusikan temuan epigrafi secara *real-time* dalam satu lingkungan kerja virtual. Dengan adanya sinkronisasi data yang terpusat, sekat-sekat geografis dalam penelitian arkeologi dapat terhapuskan, menciptakan sebuah konsorsium ilmiah yang dinamis dan transparan. Sinergi antara kecerdasan mesin dan kolaborasi manusia ini memastikan bahwa setiap penemuan baru dapat divalidasi dan dikembangkan secara kolektif demi pelestarian pengetahuan peradaban masa lalu.

Alur Kerja

Penjelasan Detail Alur Kerja

Tahap 1: Ingesti Data dan Sentralisasi (Database & Spatial Mapping)

1. Langkah awal: Prasasti fisik (tekstual dan visual) diubah menjadi entitas digital melalui pemindaian 3D (3D scanning) dan fotografi resolusi tinggi.

2. Arsitektur Basis Data: Seluruh data mentah (citra, foto, teks kuno) diunggah ke dalam Basis Data Terstruktur berbasis Cloud. Data ini dilengkapi dengan metadata multidimensional (periodisasi, jenis aksara, dan koordinat geografis penemuan).
3. Integrasi SIG (GIS Mapping): Koordinat lokasi prasasti disinkronkan dengan Sistem Informasi Geografis untuk memetakan persebaran spasial dan temporal prasasti secara otomatis melalui sistem kueri (*query*).

Tahap 2: Komputasi dan Interpretasi Teks Berbasis AI (AI Processing & Translation)

1. Identifikasi Pola Visual: Menggunakan algoritma Deep Learning untuk mendeteksi motif visual, bentuk aksara yang aus, atau anomali goresan pada batu prasasti yang sulit dilihat mata manusia.
2. Transliterasi dan Penerjemahan Otomatis: Model AI (seperti NLP/Kecerdasan Buatan untuk bahasa kuno) memproses teks digital tersebut untuk menyusun draf awal transliterasi dan terjemahan bahasa kuno secara otomatis.
3. Validasi Kontekstual: Hasil transliterasi AI diverifikasi oleh ahli epigrafi untuk analisis konteks sejarah, politik, dan budaya, yang secara signifikan memangkas waktu kerja manual.

Tahap 3: Rekonstruksi dan Visualisasi Imersif (AR/VR Modelling)

1. Pemodelan 3D Geometri: Data digital dari tahap 1 dan 2 dieksplorasi ke dalam lingkungan virtual untuk membentuk model 3D prasasti yang akurat dari berbagai sudut.
2. Proyeksi Augmented Reality (AR): Menggunakan perangkat seluler, AR memproyeksikan bagian-bagian prasasti yang telah aus atau runtuh kembali ke bentuk utuhnya secara virtual di lokasi aslinya (*in-situ*).
3. Lingkungan Virtual Reality (VR): Menyusun replika digital situs arkeologi secara keseluruhan, memungkinkan simulasi penggalian, tur virtual jarak jauh, dan pelatihan teknis pembacaan teks kuno tanpa risiko merusak artefak asli (*experiential learning*).

Tahap 4: Diseminasi, Gamifikasi, dan Kolaborasi Global (Output & Engagement)

1. Gamifikasi Edukasi Kontekstual: Model 3D dan teks hasil terjemahan AI dikemas ke dalam Aplikasi Edukasi Interaktif. Alur kerja ini melibatkan elemen permainan (tantangan transliterasi, simulasi penemuan) untuk menyajikan sejarah secara holistik bagi generasi digital.
2. Konsorsium Ilmiah Terpusat (Cloud Collaboration): Basis data yang terintegrasi di tahap awal dibuka melalui platform open-access. Peneliti di seluruh dunia dapat mengakses, menyunting, dan mendiskusikan temuan epigrafi ini secara real-time di lingkungan kerja virtual yang transparan.

Sintesis: Model Integrasi Pengetahuan

Integrasi data historis ke dalam sistem mitigasi bencana modern dilakukan melalui alur kerja digital yang komprehensif, dimulai dari ekstraksi catatan masa lalu seperti prasasti, naskah kuno, dan kearifan lokal ke dalam basis data digital. Data ini kemudian dianalisis menggunakan teknologi spasial

dan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi pola bencana berulang dan mekanisme adaptasi yang pernah dilakukan oleh leluhur. Dengan mengubah informasi kualitatif dari masa lalu menjadi data kuantitatif yang terstruktur, para peneliti dapat memodelkan risiko bencana dengan akurasi yang lebih tinggi, sekaligus memahami nilai-nilai sosial yang mendasari ketangguhan masyarakat di masa lalu.

Hasil dari pemrosesan digital ini kemudian ditransformasikan menjadi strategi mitigasi yang bersifat partisipatif dan diterima secara budaya (*culturally acceptable*). Alih-alih hanya mengandalkan pendekatan teknokratis yang kaku, strategi ini menyinergikan solusi teknis modern dengan narasi budaya lokal yang telah dikenal masyarakat secara turun-temurun. Pendekatan ini memastikan bahwa kebijakan pengurangan risiko bencana tidak hanya efektif secara saintifik, tetapi juga relevan dengan identitas dan kepercayaan lokal, sehingga meningkatkan kepatuhan dan keterlibatan aktif masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana di masa depan.

KESIMPULAN

Integrasi antara teknologi digital dan ilmu epigrafi telah menghasilkan sebuah sistem mitigasi bencana yang komprehensif dan multidimensional. Melalui proses digitalisasi prasasti dan pemanfaatan basis data terstruktur, rekaman peristiwa alam masa lalu tidak lagi sekadar menjadi objek studi sejarah, melainkan bertransformasi menjadi parameter ilmiah dalam prediksi bencana modern. Sinergi ini memungkinkan penggabungan data empiris dari artefak kuno dengan kecerdasan buatan, sehingga menciptakan kerangka kerja perlindungan publik yang menjembatani kedalaman historis dengan presisi teknologi.

Model ini hadir sebagai jawaban atas kesenjangan antara kebijakan mitigasi teknokratis dan penerimaan sosial di lapangan. Permasalahan utama dalam pengurangan risiko bencana sering kali terletak pada ketidakselarasan antara prosedur standar operasional dengan logika kultural masyarakat setempat. Dengan mengekstraksi kearifan lokal dari sumber-sumber epigrafi, sistem ini menawarkan solusi yang lebih humanis, di mana data sejarah digunakan untuk memvalidasi kebijakan keamanan, sehingga instruksi keselamatan tidak lagi dianggap sebagai paksaan eksternal, melainkan sebagai kelanjutan dari tradisi perlindungan diri yang telah teruji secara zaman.

Peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dicapai melalui pendekatan yang secara fundamental menghargai dan menghidupkan kembali akar budaya. Ketika masyarakat melihat bahwa strategi mitigasi bencana selaras dengan narasi leluhur yang termaktub dalam prasasti atau naskah kuno di wilayah mereka, rasa kepemilikan terhadap program tersebut akan meningkat secara signifikan. Pendekatan ini membangun ketangguhan (*resilience*) dari dalam, di mana identitas budaya berfungsi sebagai katalisator untuk kepatuhan sukarela dan kesadaran kolektif dalam menghadapi ancaman bencana di masa depan.

Secara nasional, model integrasi pengetahuan ini memberikan kontribusi strategis terhadap upaya pengurangan risiko bencana di Indonesia, yang secara geografis berada di wilayah Ring of Fire. Pemanfaatan kekayaan data epigrafi Nusantara sebagai basis data mitigasi memperkuat ketahanan nasional melalui kedaulatan data berbasis sejarah lokal. Model ini menjadi standar baru dalam

manajemen bencana nasional yang tidak hanya mengandalkan sensor canggih, tetapi juga memanfaatkan "sensor sejarah" yang telah terekam selama berabad-abad, menjadikannya referensi penting bagi kebijakan pembangunan berkelanjutan di tingkat pusat maupun daerah.

Sebagai langkah strategis, sangat direkomendasikan untuk memperluas integrasi antara pengetahuan tradisional dan teknologi digital melalui penguatan kebijakan literasi digital di sektor kebudayaan dan kebencanaan. Pemerintah dan institusi akademik perlu membangun platform kolaborasi lintas disiplin yang menghubungkan ahli epigrafi, pakar IT, dan praktisi mitigasi untuk memastikan keberlanjutan basis data ini. Selain itu, sinkronisasi antara kurikulum pendidikan kebencanaan dengan muatan sejarah lokal berbasis teknologi perlu diarusutamakan, guna menciptakan generasi yang tanggap bencana tanpa kehilangan jati diri budayanya.

PERNYATAAN PENULIS/UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa kajian ini masih merupakan langkah awal yang memerlukan pengembangan lebih lanjut di tengah kompleksitas tantangan kebencanaan di Indonesia. Meskipun terdapat keterbatasan dalam cakupan data saat ini, penulis memiliki komitmen dan semangat yang teguh untuk terus mendalami bidang mitigasi bencana secara berkelanjutan. Kesadaran akan luasnya cakrawala pengetahuan tradisional yang belum tergali sepenuhnya menjadi dorongan utama bagi penulis untuk terus melakukan riset yang lebih mendalam, presisi, dan aplikatif bagi kepentingan nasional.

Inspirasi terbesar dalam penelitian ini berakar pada keberhasilan luar biasa dari peradaban masa lalu di Nusantara yang telah teruji mampu bertahan dan bangkit dari berbagai guncangan alam melalui kearifan lokal yang luhur. Penulis juga berkiblat pada keberhasilan bangsa-bangsa lain di dunia yang telah sukses mengintegrasikan teknologi modern dengan memori kolektif sejarah mereka dalam menciptakan sistem pertahanan bencana yang tangguh. Dengan mengambil pelajaran dari kesuksesan zaman dahulu dan praktik terbaik global, penulis berharap penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam membangun Indonesia yang lebih resilien dan berdaulat di masa depan.

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi intelektual maupun dukungan moril dalam penyelesaian riset ini. Pertama-tama, apresiasi ditujukan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas dukungan terhadap ekosistem riset yang memungkinkan integrasi ilmu humaniora dan teknologi ini berjalan dengan baik. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) atas penyediaan data, wawasan strategi mitigasi, serta perspektif lapangan yang menjadi landasan praktis dalam kajian ini.

Penulis juga berutang budi kepada para pakar epigrafi yang telah membantu dalam proses pembacaan dan interpretasi teks kuno dengan penuh ketelitian, sehingga pesan-pesan luhur dari masa lalu dapat terjemahkan ke dalam konteks modern. Tak lupa, apresiasi setinggi-tingginya diberikan kepada para relawan lapangan dalam kebencanaan, garda terdepan yang telah berbagi pengalaman berharga mengenai dinamika sosial masyarakat saat menghadapi krisis. Dedikasi mereka

menjadi pengingat bagi penulis akan pentingnya hasil riset yang aplikatif untuk menyelamatkan nyawa dan menjaga warisan budaya.

Terakhir, terima kasih tulus penulis tujukan kepada rekan sejawat dan sesama penulis atas diskusi kritis, kolaborasi, dan semangat yang tak henti diberikan. Meskipun penulis menyadari kajian ini masih memerlukan penyempurnaan, semangat kolektif ini menjadi energi untuk terus meneliti dan belajar dari kesuksesan peradaban masa lalu serta bangsa-bangsa lain dalam menghadapi bencana. Semoga kerja sama lintas disiplin ini dapat terus berlanjut demi mewujudkan Indonesia yang lebih tangguh dan berdaulat di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, Y. D., Suwandayani, B. I., & Kuncahyono. (2025). Optimalisasi Penggunaan Teknologi Augmented Reality di Era Digital pada Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(1), 15.
- Firdaus, D. (2024). Analisis Dampak Integrasi Teknologi Virtual Reality (VR) dalam Pembelajaran Sains di Perguruan Tinggi. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 7(4), 13742–13748. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i4.34989>
- Hastuti, S. P., & Sadeli, E. H. (2024). Pengetahuan Tradisional dalam Pendidikan Mitigasi Bencana: Rumah Panggung di Berbagai Daerah di Indonesia dalam Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *PSSH (Proceedings Series on Social Sciences and Humanities)*, 19. <https://doi.org/10.30595/pssh.v19i.1366>
- Ikhrom, A. M., & Wahyudi, D. Y. (2024). Potensi Prasasti sebagai Sumber Sejarah Masa Hindu-Buddha dalam Pembelajaran Sejarah Kebencanaan pada Kelas X SMA. *Journal of History Education*, 1(2).
- Kurnia, I. (2018). Mengungkap Nilai-Nilai Kearifan Lokal Kediri sebagai Upaya Pelestarian Budaya Bangsa Indonesia. *Jurnal PGSD: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(2).
- Nuresqi, A. I., Tasdiki, H., Putra, M. A. L., & Sopian, F. P. (2023). *Pemanfaatan Virtual Reality dan Augmented Reality dalam Bidang Pendidikan*. Universitas Islam Indonesia.
- Perdana, G. C. (2020). Mitigasi Bencana dalam Suara Nyaring Prasasti Sadapaingan. *Niskala Institute*.
- Permana, R. C. E., Nasution, I. P., & Gunawijaya, J. (2011). Kearifan Lokal tentang Mitigasi Bencana pada Masyarakat Baduy. *Makara, Sosial Humaniora*, 15(1), 67-76.
- Prayogo, A. (2018). *Karakteristik Endapan Paleotsunami Berdasarkan Studi Sedimentologi dan Paleontologi, Daerah Adipala, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah* [Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada].
- Tim Penulis. (2017). *Prosiding Semnasfi City Branding & Tourism Policy Based on Cultural Wisdom in Indonesia 2017*. Sidoarjo: Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Triana, D., Hadi, T. S., & Husain, M. K. (2017). Mitigasi Bencana melalui Pendekatan Kultural dan Struktural. *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017"*, 379-385.
- Wurjantoro, E. (2006). *Pengelolaan Lingkungan Masa Jawa Kuna Data Prasasti Abad X-XI Masehi* [Skripsi S1, Universitas Indonesia].