

Penguatan Kewaspadaan Bencana Hidrologi Daerah Laut dan Pantai dengan Pembelajaran Digital Berbasis Gamifikasi : Studi Kasus SMA Negeri 20 Medan

Reza Taqyuddin¹, Asima Manurung^{2*}, Normalina Napitupulu³, Yudhistira Adithya Pratama⁴

^{1,2*,3,4}Fakultas Vokasi, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ¹rezataqyuddin@usu.ac.id, ^{2*}asima@usu.ac.id, ³normalina@usu.ac.id,

⁴yudhistira.adhitya@usu.ac.id

Abstract

Coastal areas face high risks of hydrological disasters that demand early preparedness, particularly among the youth. However, conventional mitigation education methods often fail to stimulate active student participation. This community service aims to strengthen disaster awareness in coastal and marine environments at SMA Negeri 20 Medan through gamification-based digital learning innovations. The approach was structured experiential learning, comprising digital learning design, socialization of mitigation concepts, and hands-on learning using simulation game media. In these sessions, students were challenged to make tactical mitigation decisions within virtual disaster scenarios. Evaluation of the activity demonstrated significant effectiveness, with student engagement levels recording above 80%. The application of gamification proved to deliver an immersive experience that enabled students to design area mitigation, evidenced by 90% of students successfully achieving the highest scores in the simulation to create disaster-free zones. This activity concludes that integrating gamification into disaster education effectively transforms theoretical understanding into practical competence while enhancing collective student awareness of coastal environmental risks and disaster mitigation.

Keywords: Hydrological Disaster, Experiential Learning, Gamified Digital Learning, Disaster Mitigation.

Abstrak

Kawasan pesisir menghadapi risiko tinggi bencana hidrologi yang menuntut kesiapsiagaan dini, khususnya bagi generasi muda. Namun, metode edukasi mitigasi konvensional seringkali kurang menstimulasi partisipasi aktif siswa. Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk menguatkan kewaspadaan bencana laut dan pantai di SMA Negeri 20 Medan melalui inovasi pembelajaran digital berbasis gamifikasi. Pendekatan yang digunakan adalah experiential learning yang terstruktur melalui tahapan desain pembelajaran digital, sosialisasi konsep mitigasi, serta hands-on learning menggunakan media game simulasi. Dalam sesi ini, siswa ditantang untuk mengambil keputusan taktis mitigasi dalam skenario kebencanaan virtual. Evaluasi kegiatan menunjukkan efektivitas yang signifikan, di mana tingkat engagement (keterlibatan) siswa terhadap proses pembelajaran tercatat melebihi 80%. Penerapan gamifikasi terbukti memberikan pengalaman imersif yang memungkinkan siswa mendesain mitigasi wilayah, dibuktikan dengan 90% siswa berhasil memperoleh skor tertinggi dalam simulasi menciptakan wilayah bebas bencana. Kegiatan ini menyimpulkan bahwa integrasi gamifikasi dalam edukasi kebencanaan efektif mengubah pemahaman teoritis menjadi kompetensi praktis, sekaligus meningkatkan kesadaran kolektif siswa terhadap risiko dan mitigasi di lingkungan pesisir.

Kata Kunci: Bencana Hidrologi, Experiential Learning, Gamified Digital Learning, Mitigasi Bencana

A. PENDAHULUAN

Menurut *World Risk Report* pada tahun 2023, Indonesia merupakan negara kepulauan dengan tingkat kerentanan terhadap bencana alam paling tinggi (Bündnis Entwicklung Hilft / IFHV, 2023). Terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik dengan banyak gunung api atau yang dikenal dengan Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fires*), berada pada daerah tropis dengan curah hujan dan kering yang tinggi mengakibatkan Indonesia sering mengalami bencana alam seperti gempa bumi, erupsi gunung berapi, tanah

longsor, banjir, badai tropis, pasang tinggi, serta tsunami(CFE-DM, 2025). Faktor lainnya yang mengakibatkan indonesia menjadi rentan dikarenakan jumlah penduduk yang padat bermukim pada area-area yang rawan bencana seperti pantai dan daerah pesisir laut.

Pada akhir tahun 2024, daerah pemukiman pinggir pantai Belawan, Kota Medan mengalami bencana alam berupa banjir rob dan cuaca buruk yang mengakibatkan pemukiman warga menjadi terendam selama sehari-hari (BNPB, 2024). Kondisi yang terlihat pada gambar 1, mengakibatkan lumpuhnya kegiatan di area belawan yang merupakan salah satu wilayah pintu masuk perdagangan jalur laut ke Sumatera Utara.

SMA Negeri 20 Medan Belawan merupakan salah satu tempat komunitas aktif yang ada di kecamatan Medan Belawan dengan jarak 15 meter dari bibir pantai juga mengalami dampak yang mengakibatkan kegiatan belajar mengajar menjadi terhambat dikarenakan sekolah harus ditutup lebih cepat untuk mengurangi resiko siswa menjadi korban banjir.



Gambar 1 Kondisi Banjir Rob Belawan
(Sumber : IDNTimes, 2024)

Berdasarkan hasil observasi awal pada mitra seperti pada gambar 2, diketahui banjir rob telah sering terjadi dan proses mitigasi yang dilakukan minim mengalami peningkatan selama beberapa tahun terakhir. Salah satu proses mitigasi yang sudah dilakukan oleh sekolah salah satunya adalah dengan membuat tanggul air setinggi ± 15 cm di setiap pintu masuk kelas, namun hal ini hanya solusi sementara dikarenakan banjir rob tersebut bertambah tinggi setiap tahun. Hasil survey pada beberapa siswa juga menunjukkan kurangnya kesadaran akan bahaya yang mungkin terjadi dari bencana banjir rob terutama bagi siswa-siswa yang berdomisili di area sekitar sekolah dan sudah menganggap bencana banjir rob merupakan hal lumrah karena merupakan bencana tahunan yang sering terjadi. Tidak hanya sistem peringatan dini bencana Hidrologi, untuk membuat komunitas yang tangguh terhadap bencana dibutuhkan sebuah pemahaman di masyarakat tentang bagaimana bencana itu terjadi, bagaimana proses mitigasi dan persiapan dalam menghadapi bencana, serta bagaimana bentuk pemulihan pasca bencana Hidrologi.



(a)



(b)

Gambar 2. Kegiatan Diskusi (a) dan Penandatanganan Nota Kerjasama (b) dengan Mitra SMA Negeri 20

Edukasi terkait mitigasi bencana hidrologi di mitra pengabdian masih tergolong minim, belum ada kurikulum atau materi belajar tentang kewaspadaan terhadap bencana yang diintegrasikan pada proses pembelajaran di sekolah. Menurut kerangka kerja Sendai (*Sendai Framework*) yang dibuat untuk mengurangi resiko bencana tahun 2015 hingga 2030 terdapat 4 langkah prioritas yang menjadi acuan, dimana langkah pertama merupakan aspek pembelajaran dengan tujuan memahami resiko bencana dan mengubah paradigma manajemen bencana dari reaktif menjadi lebih proaktif(Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015).

Sendai Framework sendiri merupakan kesepakatan global yang diinisiasi pada tahun 2015 di kota Sendai, Jepang dengan tujuan untuk mencegah timbulnya resiko bencana baru dengan cara mengurangi resiko yang sudah ada dengan penerapan langkah-langkah terintegrasi dimulai dari Pembelajaran (*Learn*), Perencanaan (*Plan*), Investasi dalam Pengurangan Resiko (*Invest*) dan Peningkatan (*Improve*). Sebagaimana tercantum dalam rencana aksi awal berupa Pembelajaran (*learn*), Sendai Framework memfokuskan bahwa pengetahuan terhadap literasi dalam menghadapi dan memahami kebencanaan merupakan pondasi paling utama untuk dapat membuat masyarakat yang tangguh (*resilient*) dalam menghadapi berbagai macam bencana alam. Edukasi terhadap bencana masih dilakukan dengan pembelajaran yang sifatnya konvensional berupa instruksi-instruksi umum dalam bentuk buku bacaan dan media cetak lain.

Digital Learning merupakan cara pembelajaran di abad 21 dengan memanfaatkan teknologi digital. Beberapa studi telah menelaah kelebihan dan kekurangan dari penggunaan digital learning terutama pada pembelajaran STEM, studi ini menemukan *digital learning* dapat mengakomodir beberapa kelemahan dari pembelajaran tradisional dengan cara: simulasi digital, sumberdaya online, pembelajaran kolaboratif, pembelajaran yang dapat dikustomisasi, dan metode pembelajaran dengan gamifikasi (Bogdan & Cottar, 2022; Gao, 2023; Tan & Nurul-Asna, 2023). Pengaplikasian pengetahuan teoritis terhadap situasi nyata memungkinkan komunitas yang rentan terhadap bencana untuk dapat memahami secara baik tidak hanya dalam bentuk teori dalam mempersiapkan diri untuk mengambil keputusan disaat terjadi bencana (Almutairi et al., 2020; Bernard, 2022; Slattery et al., 2025; Wang et al., 2025).

Sehingga dengan adanya perkembangan mengenai pembelajaran digital, fungsi dan peran dari media pembelajaran tersebut menjadi vital dalam edukasi bahaya bencana (*disaster risk education*). Selain sebagai bantuan untuk meningkatkan minat belajar, kontinuitas dan kemampuan dalam mengambil keputusan terutama dalam periode emas (*golden period*) setelah terjadi bencana, pembelajaran digital mampu menjembatani celah pembelajaran aktif untuk menjawab masalah aksi berdasarkan pengetahuan (*knowledge-to-action*) dalam membentuk masyarakat yang tangguh. Proses pembelajaran aktif ini mengindikasikan bahwa metode dan media pembelajaran digital serta gamifikasi mengubah cara proses belajar yang awalnya berupa penyerapan informasi secara pasif menjadi pengalaman nyata dan kelancaran atau kefasihan dalam berperilaku, beberapa penelitian bahkan menyimpulkan bahwa pemahaman yang didapatkan oleh pembelajaran dalam ruang virtual berpengaruh pada pengambilan keputusan di dunia nyata (Hawthorn et al., 2021; Momani et al., 2023; Tan et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, tim pengabdian masyarakat merancang sebuah solusi untuk peningkatan kewaspadaan komunitas dalam hal ini adalah siswa sekolah dengan memanfaatkan proses pembelajaran digital berbasis simulasi dan gamifikasi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah diterapkan pada saat pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat dengan beberapa rangkaian kegiatan seperti (1) observasi awal berupa pencarian informasi dan wawancara dengan beberapa siswa dan guru, (2) Pencarian Literatur tentang Disaster Risk Reduction (3) membangun sebuah *Learning Management Systems* sebagai *platform* pembelajaran digital dengan konten pembelajaran interaktif dan menggunakan media gamifikasi dan (4) melakukan sosialisasi dan hands-on training kepada siswa sekolah dan guru agar dapat memahami manajemen resiko bencana dan menyajikan bahan-bahan pembelajaran digital dalam pembelajaran di sekolah.

B. PELAKSAAN DAN METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan metode campuran melalui perancangan eksperimental pada grup 35 orang siswa di SMA Negeri 20 Belawan untuk menggali hubungan dan pengaruh model pembelajaran digital pada sebuah kelompok dengan menggabungkan model eksperimen pre dan post assesment melalui proses interview dan diskusi grup atau sosialisasi. Selain itu metode kuantitatif dilakukan untuk menggali korelasi metode gamifikasi dalam pembelajaran digital pada peningkatan pengetahuan dan sikap siswa dalam menerima teknologi pembelajaran digital dalam kesiapsiagaan terhadap bencana Hidrologi.

Pendekatan ini meliputi pengumpulan dan analisis data kuantitatif dilanjutkan dengan kualitatif data yang menjelaskan tentang bagaimana dan kenapa metode pembelajaran digital berbasis gamifikasi mampu meningkatkan pemahaman siswa dalam kesiapsiagaan bencana dengan instrumen studi berupa :

1. Fase Kuantitatif : observasi grup pembelajar siswa SMA Negeri 20 Belawan sebagai subjek eksperimen Pre-Test dan Post-Test sebanyak 35 orang responden. Data dikumpulkan melalui survey dan analisis struktur pengetahuan terhadap domain kebencanaan serta data telemetri dari permainan digital berupa skor dan log.

2. Fase Kualitatif: melakukan Focus Group Discussions (FGD) dan log observasi untuk menginterpretasikan temuan statistik dengan fokus pada kemampuan pengambilan keputusan siswa dalam memainkan simulasi.

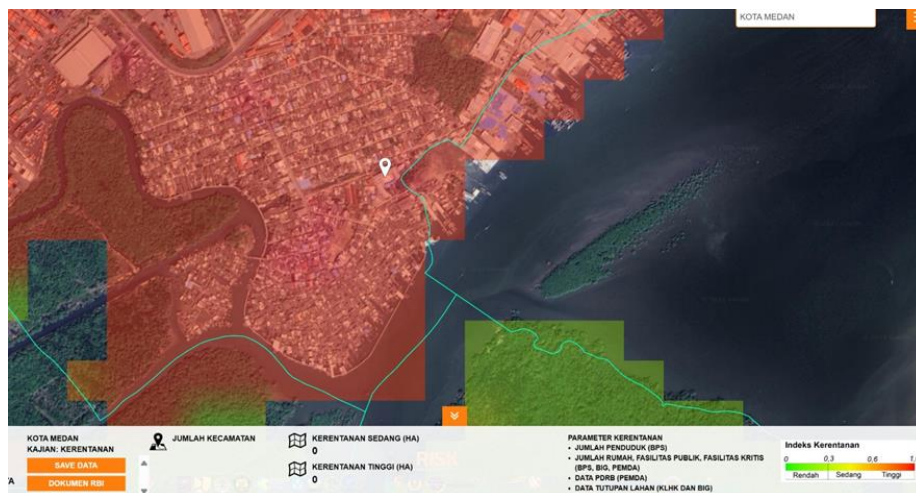
Kegiatan ini dilakukan dalam 5 tahapan yang didesain untuk mengintegrasikan proses pembelajaran digital tentang kesiapsiagaan bencana Hidrologi kepada siswa SMA Negeri 20 yakni :

1. Tahap Perencanaan tim PKM melakukan beberapa kegiatan mulai dari survey lokasi, wawancara dan pengumpulan informasi secara *digital* tentang mitra sehingga memperkuat landasan dan masalah yang akan diselesaikan.
2. Tahap Desain dilakukan selama 2 bulan dengan cara mencari informasi dan literatur terkait model gamifikasi pembelajaran digital pada program pengurangan resiko bencana Hidrologi (*Disaster Risk Reduction*) di area pantai. Selain proses pengumpulan literatur, tahapan ini juga menghasilkan rekomendasi teknologi dan desain modul pembelajaran kewaspadaan bencana hidrologi yang relevan dalam proses penyampaian pembelajaran digital kepada siswa sekolah.
3. Tahapan Implementasi dilakukan dengan cara membangun sebuah Learning Management Systems sebagai platform pembelajaran digital yang interaktif serta dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Kemudian dilakukan kurasi pengetahuan tentang bagaimana proses pengurangan resiko terhadap bencana Hidrologi dengan membuat sebuah konten pembelajaran digital yang interaktif dengan memanfaatkan fitur gamifikasi pada LMS berupa *leaderboard* dan point.
4. Tahapan Evaluasi dilakukan dengan cara membuat *focus grup discussion* dan pelatihan pada siswa dan guru untuk memastikan proses penyampaian materi tentang kesiapsiagaan bencana Hidrologi dapat diterima oleh kelompok penelitian di SMA Negeri 20 Belawan. Evaluasi dilakukan dengan mengukur tingkat pemahaman siswa terhadap kesiapsiagaan terhadap bencana Hidrologi dari hasil skor konten gamifikasi (*post-test*).
5. Tahapan Peningkatan merupakan bagian terakhir dari proses peningkatan kewaspadaan terhadap bencana Hidrologi pada sekolah SMA Negeri 20 Belawan dengan memanfaatkan gamifikasi dan pembelajaran digital. Tim PKM juga memberikan peningkatan kewaspadaan pada lingkungan melalui pembangunan mitigasi struktural.

Kelima tahapan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat tersebut selaras dengan Rencana Induk Penelitian Program Studi D3 Teknik Informatika Universitas Sumatera Utara. Selain itu kegiatan ini juga mendukung tercapainya Sustainable Development Goals (SDGs) Nomor 11 : Menciptakan kota dan pemukiman yang inklusif, aman dan berkelanjutan dengan target 11.5 : Mengurangi dampak buruk dari bencana alam dan juga SDGs Nomor 4 : Meningkatkan Pendidikan yang Berkualitas.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peserta kegiatan ini adalah kelompok siswa kelas XII di SMA Negeri 20 Belawan, yang berlokasi di Jalan LR Proyek No.75 20411 Medan Belawan Sumatera Utara, Sekolah merupakan salah satu tempat komunitas aktif di masyarakat juga dapat digunakan sebagai tempat evakuasi dan titik kumpul ketika terjadi bencana Hidrologi. Berdasarkan Peta Kerentanan terhadap bencana Hidrologi dari InaRISK seperti terlihat pada gambar 2, posisi sekolah berada di area merah (*Red Zone*) yang berarti tempat komunitas yang harusnya bisa menjadi titik keselamatan masuk di wilayah sangat rentan terkena dampak bencana Hidrologi.



Gambar 3. Peta Kerentanan Bencana (InaRISK, 2025)

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini diikuti oleh sebanyak 35 orang siswa sekolah sebagai kelompok eksperimen. Kelompok ini telah diobservasi dengan bentuk survey tentang bagaimana kesiapsiagaan terhadap bencana Hidrologi dan bagaimana proses pembelajaran digital yang pernah mereka ikuti. Dari hasil observasi awal dengan menggunakan survey pada tabel 1, hampir 90% siswa belum memahami atau tidak mengetahui konsep kesiapsiagaan dan mitigasi bencana Hidrologi di area pesisir pantai. Hal ini diperkuat dengan 95% siswa belum pernah menerima edukasi tentang kesiapsiagaan bencana Hidrologi dalam bentuk pembelajaran di sekolah.

Tabel 1. Hasil suvey awal pada siswa sekolah SMA Negeri 20 Belawan

No	Indikator	Ya	Tidak
1	Apakah anda pernah mengikuti diskusi tentang <i>Disaster Risk Reduction (DDR)</i>	3	32
2	Apakah sekolah memiliki pembelajaran DDR secara khusus	0	35
3	Apakah Sekolah memiliki rute evakuasi	0	35
4	Apakah Sekolah telah dilengkapi dengan peralatan mitigasi pendukung (Tas Siaga, P3K, Perahu Karet, dll)	5	30
5	Apakah anda melakukan evakuasi saat terjadi bencana Hidrologi alam didaerah anda ?	15	20
6	Apakah anda mengetahui proses pemulihan pasca terjadi bencana Hidrologi alam?	7	28

Tabel 2. Pre-Test Assessment Statistics

Domain Pengetahuan	Indikator	Jumlah Respons Benar	Level Kewaspadaan (%)	Mean Score Contribution (Max 20)
Konsep	Definisi <i>Disaster Risk Reduction (DRR)</i> ?	15	42.8%	8.6
Kewaspadaan	Identifikasi jalur evakuasi	8	22.8%	4.6
Persiapan	Pendataan <i>emergency kit</i>	12	34.2%	6.8
Respon	Pemahaman protokol evakuasi	10	28.5%	5.7
Mitigasi	Identifikasi pemulihan pasca bencana	22	62.8%	12.8
TOTAL	Average Pre-Test Score	-	38.2%	38.5 / 100

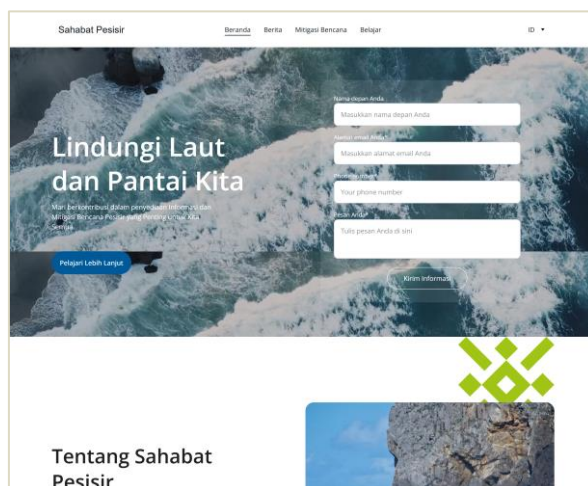
Hasil asesmen domain pengetahuan pada Tabel 2 menunjukkan celah pemahaman siswa terhadap kesiapsiagaan bencana berada dibawah level kompetensi dengan nilai *mean score* pada 38.5 dari skala100. Catatan lain pada hasil survey awal ini (Pre-Test) adalah tingkat kewaspadaan dan pemahaman siswa terhadap Rute Evakuasi cukup rendah, yakni 22.8% sehingga memvalidasi kebutuhan untuk adanya intervensi mitigasi struktural pada kegiatan pengabdian ini.

Desain Pembelajaran Digital

Sesuai dengan langkah prioritas pertama pada Sendai Framework yakni peningkatan pemahaman terhadap resiko bencana, tim PKM melakukan desain struktur pembelajaran digital dengan menggunakan platform LMS berbasis Moodle serta membangun website komunitas untuk meningkatkan kewaspadaan serta partisipasi masyarakat dalam melakukan persiapan atau mitigasi menghadapi bencana hidrologi seperti terlihat pada Gambar 4. Elemen-elemen gamifikasi seperti leaderboard, interaktif feedback dan juga skoring digunakan pada pembuatan konten pembelajaran diikuti visual-visual yang menarik sehingga membantu pembelajaran secara visual (*visual learning*).

Mengacu pada indikator keberhasilan Sendai Framework, maka modul pembelajaran digital harus memiliki learning outcome guna peningkatan pemahaman terhadap resiko bencana, yaitu :

1. Memahami resiko bencana dalam beberapa aspek : Kerentanan Wilayah, Kapasitas, Paparan Manusia dan Infrastruktur, Karakteristik Bencana dan Lingkungan.
2. Mampu melakukan asesment pra-bencana sederhana untuk memahami kerentanan wilayah
3. Mampu menerapkan perencanaan dalam pencegahan dan mitigasi bencana



Gambar 4. Website Komunitas dan LMS Mitigasi Bencana Hidrologi
(Sumber: Hasil Implementasi Tim PkM, 2025)

Perancangan pembelajaran digital untuk peningkatan literasi kewaspadaan terhadap bencana alam menggunakan pendekatan pedagogi yang disusun untuk siswa kelas XII SMA Negeri 20 Belawan menggunakan kombinasi kerangka kerja pedagogi modular : *Konektivism (Connect)*, *Constructivism (Construct)*, and *Kognitivsm (Cognitive)*(Tan et al., 2024).



Gambar 5. Pemaparan Simulasi Dalam Mitigasi Bencana
(Sumber : Dokumentasi Tim PkM, 2025)

Sosialisasi Mitigasi Bencana

Kegiatan ini seperti pada Gambar 5 diawali dengan pemaparan mengenai konsep kebencanaan, Sendai *framework*, pemahaman visual melalui media video tentang dampak bencana, proses mitigasi berupa pemetaan daerah rawan bencana. Materi pembelajaran disusun dalam format *integrated learning journey* menggunakan LMS untuk membuat siswa dapat mengakses materi pembelajaran dan mengikutinya dengan baik. Elemen gamifikasi seperti badge dan juga *leaderboard* ditambahkan pada konten pembelajaran untuk membuatnya lebih menarik bagi pembelajar siswa kelas XII.



Gambar 6. Siswa Membuat strategi perancangan Wilayah sebagai bagian mitigasi berbasis Game
(Sumber : Dokumentasi Tim PkM, 2025)

Experiential Learning

Setelah mendapatkan pemaparan awal, siswa kemudian diajak untuk mengembangkan pemahamannya terkait mitigasi bencana dengan menggunakan media pembelajaran berbasis *game* seperti pada Gambar 6 (Demiray et al., 2025; Hung et al., 2025). *Game* yang digunakan pada *experiential training* ini menggunakan *open game* berjudul StopDisaster! Yang berfokus pada kemampuan siswa untuk mengidentifikasi daerah rawan bencana (pemetaan), lalu merencanakan mitigasi pada peta daerah tersebut dengan *budget* yang disediakan sebesar \$50000 (Irnawati et al., 2024; Pereira et al., n.d.).

Evaluasi dan Analisis Data

Kegiatan *hands-on learning* memberikan *insight* kepada siswa untuk mengetahui cara melakukan mitigasi bencana. Tabel 3 menunjukkan hasil capaian pedagogi dimana 3 komponen pedagogi modern telah berhasil dicapai oleh siswa dengan indikator kemampuan yang ditargetkan.

Tabel 3. Hasil Capaian Pedagogi		
Pedagogi	Indikator	Hasil
Connectivism	Kemampuan siswa dalam menggunakan media pembelajaran (<i>game</i>) digital	Tercapai
Constructivism	Kemampuan siswa dalam mengidentifikasi daerah bencana	Tercapai
Cognitivism	Kemampuan siswa dalam mendesain rencana mitigasi berdasarkan daerah rawan dan budget	Tercapai

Untuk mengetahui tingkat pemahaman (*cognitivism*) siswa terhadap mitigasi bencana dibutuhkan analisis kuantitatif melalui hasil skoring *game* seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Mitigasi Bencana Pasang Laut					
T	Skor	Damage	Alokasi		Fact Found
			Housing	Defense	
1	24050	5790	32540	17405	6
2	30630	2400	10100	39890	8
3	26180	3345	10110	39780	8
4	22650	3286	12525	374675	9
5	30910	2325	10570	39430	8
6	21300	3290	10865	37335	9
7	16790	7502	10352	39528	6

Hasil skor permainan pada Tabel 4 kemudian dianalisis dengan domain pengetahuan untuk mendapatkan korelasi dan pembandingan hasil dengan Pre-Test sehingga didapatkan hasil assesment menggunakan rubrik domain pengetahuan yang sama dengan pre-test seperti pada Tabel 5. Data asesmen permainan (*gameplay*) pada Tabel 5 menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap pengetahuan siswa terkait kebencanaan. Mitigasi struktural menjadi domain yang menantang bagi siswa sebesar 74.2% sementara pengetahuan terhadap kewaspadaan yang diidentifikasi dari kemampuan siswa dalam menentukan "Safe Zones" mampu dipahami sebanyak 94.2%, sehingga mengindikasikan bahwa simulasi menggunakan pendekatan visual mampu menjelaskan konsep tentang keamanan area (spasial).

Tabel 5. Hasil Post-Test dengan rubrik assesment				
Domain Pengetahuan	Indikator	Jumlah Respons Benar	Level Kewaspadaan (%)	Mean Score Contribution (Max 20)
Konsep	Mampu mengidentifiaksi High Risk "Red Zones" pada peta	31	88.5%	17.7
	Mampu meletakkan perumahan/Sekolah pada area aman (Safe Zones)	33	94.2%	18.8
Persiapan	Menjaga budget yang efisien	28	80.0%	16.0
Respon	Population Survival Rate	29	82.8%	16.6
Mitigasi	Mampu membangun mitigasi berupa (<i>Seawalls/Mangroves</i>)	26	74.2%	14.8
TOTAL	Average Post-Test Score	-	84.0%	84.2 / 100

Detail data simulasi mitigasi bencana pesisir pada Tabel 4 menunjukkan bahwa efektivitas perlindungan wilayah tidak hanya bergantung pada besarnya alokasi sumber daya fisik, tetapi sangat dipengaruhi oleh penguasaan informasi lapangan atau literasi data. Berdasarkan data statistik tujuh tim tersebut, terlihat korelasi negatif yang signifikan antara jumlah fakta yang ditemukan (*Fact Found*) dengan tingkat kerusakan (*Damage*), sebagaimana ditunjukkan oleh performa Tim 2 dan Tim 5 yang mencapai skor tertinggi dengan angka kerusakan minimal melalui penguasaan informasi yang memadai. Sebaliknya, Tim 7 menjadi anomali kritis yang membuktikan bahwa alokasi besar pada sektor pertahanan (*Defense*) tanpa landasan data yang kuat hanya menemukan 6 fakta berakibat pada kegagalan strategi mitigasi yang ditandai dengan tingkat kerusakan tertinggi mencapai 7.502 poin.

Korelasi Gameplay Variabel dengan Pedagogy

Untuk melihat bagaimana dampak terhadap literasi informasi melalui fitur fakta temuan (*fact found*) pada tingkat resilien berdasarkan skor kerusakan (*damage*) pada Tabel 4 dilakukan analisis koefisien hubungan Pearson (*r*). Hasil analisis pada Tabel 6 menunjukkan adanya korelasi negatif kuat terhadap variabel *fact found* dan *damage* sebesar -0.83.

Tabel 6. Hasil Coeffisien Correlation antar variabel

Variable 1	Variable 2	Correlation Coefficient (r)
Facts Found	Damage Cost	-0.83
Defense Investment	Damage Cost	-0.15
Housing Protection	Damage Cost	-0.45

Pada lingkup pedagogi konektivisme kapasitas untuk mengetahui hal baru dalam lingkup digital memiliki peran kritis terhadap apa yang sudah diketahui oleh pembelajar (Tan et al., 2024). Metrik "Facts Found" pada simulasi pembelajaran berfungsi sebagai proksi terhadap kemampuan siswa dalam bernavigasi didalam rantai pengetahuan. Sementara dalam pedagogi konstruktivisme, kemampuan pembelajaran dalam membangun pengetahuan melalui eksperimen aktif menjadi poin utama. Metrik "Damage" memvalidasi kualitas dari konstruktivisme yang dicapai oleh siswa. Tim 7 mengilustrasikan bahwa pendekatan "*blind construction*" dalam membangun pertahanan fisik didalam simulasi mitigasi tanpa kerangka pemahaman informasi yang terarah membuat pengambilan keputusan menjadi tidak efisien. Hal ini mengkonfirmasi bahwa model pembelajaran *gamification* telah sukses tidak sebagai penyalur konten, akan tetapi sebagai media uji siswa untuk membangun dan menguji model ketahanan (*resilience*) mereka sendiri.

Korelasi Hubungan Antara Capaian Pembelajaran (Paired T-Test)

Untuk mengevaluasi efektifitas pedagogis secara keseluruhan, pengujian *paired sample t-test* dilakukan dengan membandingkan pengetahuan siswa sebelum intervensi (Pre-Test) pada Table 1 dan setelah intervensi pengabdian (*Post-Test*) pada Tabel 5 melalui sesi pembelajaran berbasis permainan digital.

Tabel 7. Hasil Uji Paired T-Test

Variable	Mean Score	Std. Deviation	t-value	p-value (Sig.)
Pre-Test	38.5	12.4	-	-
Post-Test	84.2	9.8	-	-
Difference	+45.7	-	16.82	< 0.001*

Hasil paired t-test pada Tabel 7 menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap pemahaman siswa, dengan nilai $t(35) = 16.82$, $p < 0.001$. Nilai rata-rata skor mengalami peningkatan dari 38.5 menjadi 84.2 mendemonstrasikan bahwa pendekatan *Experiential Learning* tidak hanya meningkatkan engagement siswa tetapi juga mampu menyajikan pemahaman terhadap bencana yang lebih konkret. Nilai p yang rendah mengkonfirmasi bahwa peningkatan ini berkaitan dengan intervensi pendidikan dan bukan sesuatu hal yang acak.

Sehingga dari hasil perpektif konstruktivisme, proses pembelajaran siswa telah berhasil dicapai melalui proses *hands-on learning* menggunakan gamifikasi berupa game simulasi dengan performa mitigasi. Tim dengan jumlah fakta yang ditemukan "Fact Found" cukup tinggi mengindikasikan bahwa siswa tertarik terhadap pembelajaran secara aktif melalui pencarian informasi dan mengasah strategi mitigasi sehingga menghasilkan skor yang tinggi dan tingkat kerusakan (*damage*) yang rendah. Dengan metode pembelajaran digital dengan menggunakan gamifikasi telah berhasil meningkatkan pembelajaran dengan memberikan keterlibatan siswa secara mendalam serta meningkatkan kesiapsiagaan dan ketahanan dalam menghadapi bencana.

Studi Komparasi

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini juga menunjukkan bahwa perbedaan kritis dari praktik pendidikan kebencanaan standar di Indonesia belum memadai dan terintegrasi dalam kurikulum sekolah. Beberapa studi telah dilakukan dalam peningkatan kewaspadaan terhadap bencana di Indonesia akan tetapi masih sebatas edukasi konvensional yakni dengan penyuluhan melalui video dan latihan fisik. Studi ini memberikan elemen baru berupa imersivitas dalam pelatihan melalui permainan digital dengan fokus pada peningkatan kemampuan kognitif strategis siswa dengan memberikan elemen-elemen gamifikasi yang mampu membangun nalar kritis siswa dalam merencanakan, mengalokasikan serta membuat keputusan yang berguna dalam menghadapi bencana.

Peningkatan dan Keberlanjutan

Setelah melakukan pemaparan dan experiential learning terhadap siswa, tim PkM juga melakukan peningkatan nilai pada mitra untuk siap dalam menghadapi bencana, salah satunya adalah dengan membangun mitigasi struktural berupa pembuatan jalur evakuasi dan titik kumpul saat terjadi bencana seperti terlihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pemasangan Tanda Jalur Evakuasi
(Sumber: Dokumentasi Tim PkM, 2025)



Gambar 8. Foto Bersama Kegiatan Sosialisasi Mitigasi Bencana oleh Tim PkM
(Sumber: Dokumentasi Tim PkM, 2025)

D. PENUTUP

Simpulan

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini merupakan salah satu cara untuk meningkatkan literasi masyarakat dalam memahami cara mitigasi bencana. Melalui penggunaan media pembelajaran digital, pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) dalam hal ini tentang kebencanaan menjadi lebih mudah dipahami oleh siswa dengan nilai t-test skor 16.82.

Dengan elemen-elemen gamifikasi, pembelajaran digital tidak hanya berfokus pada penyampaian materi dalam bentuk media digital melainkan juga memberikan pengalaman siswa untuk dapat mengikuti pembelajaran dengan konsep permainan yang lebih imersif, menarik dan interaktif sehingga pada kegiatan ini tercapai lebih dari 90% siswa telah memahami pentingnya proses mitigasi dilihat hasil analisis pedagogi konstruktif hasil *experiential learning* siswa.

Saran

Untuk mendukung keberlanjutan kegiatan ini, penulis menyarankan untuk menyediakan pembelajarannya yang lebih dipersonalisasi dalam menghadapi bencana alam tertentu dengan lebih kreatif dan inovatif sehingga dapat disesuaikan dengan tingkat sekolah yang lebih beragam.

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini didukung oleh Program Pengabdian TALENTA no: 214/UN5.4.11.K/Kontrak/PM.01.02/2025 oleh Universitas Sumatera Utara pada skema Mitigasi Bencana tahun 2025.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Almutairi, A., Mourshed, M., & Ameen, R. F. M. (2020). Coastal community resilience frameworks for disaster risk management. In *Natural Hazards* (Vol. 101, Issue 2, pp. 595–630). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03875-3>
- Bernard, E. N. (2022). Tsunami Preparedness: Is Zero Casualties Possible? *Pure and Applied Geophysics*, 180. <https://doi.org/10.1007/s00024>
- Bogdan, E., & Cottar, S. (2022). A Serious Role-Playing Game as a Pedagogical Innovation to Strengthen Flood Resilience. *IEEE Technology and Society Magazine*, 41(3), 98–100. <https://doi.org/10.1109/MTS.2022.3197124>
- Bündnis Entwicklung Hilft / IFHV. (2023). *World Risk Report 2023 Focus: Diversity*. https://weltrisikobericht.de/wp-content/uploads/2023/10/WRR_2023_english_online161023.pdf
- CFE-DM. (2025). *Understanding Natural Hazards : Risk Facing Indonesia*. <https://www.dvidshub.net/image/4824242/indonesian-humanitarian-relief->
- Demiray, B. Z., Sermet, Y., Yildirim, E., & Demir, I. (2025). FloodGame: An interactive 3D serious game on flood mitigation for disaster awareness and education. *Environmental Modelling & Software*, 188, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2025.106418>
- Gao, L. (2023). Literature Review for the Design Methods of Serious Games. *17th European Conference on Games Based Learning*.
- Hung, M. C., Lin, C. Y., & Hsiao, G. L. K. (2025). Virtual Reality in Building Evacuation: A Review. In *Fire* (Vol. 8, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/fire8020080>
- Irnawati, A., Samadi, & Setiawan, C. (2024). Pemanfaatan Stop Disasters Game dalam Pengurangan Risiko Bencana Banjir di SMAN 98 Jakarta. *Jurnal Kependidikan*, 13(4). <https://jurnaldidaktika.org5085>
- Nations Office for Disaster Risk Reduction, U. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030*.
- Pereira, G., Prada, R., & Paiva, A. (n.d.). *Disaster Prevention Social Awareness The Stop Disasters! Case Study*.
- Slattery, E. J., Lehane, P., Butler, D., O’Leary, M., & Marshall, K. (2025). Assessing the benefits of digital game-based learning with Minecraft in children, adolescents and young adults: A broad systematic review. In *Review of Education* (Vol. 13, Issue 1). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/rev3.70035>

- Sujarwo, Noorhamdani, & Fathoni, M. (2018). Disaster risk reduction in schools: The relationship of knowledge and attitudes towards preparedness from elementary school students in school-based disaster preparedness in the Mentawai Islands, Indonesia. *Prehospital and Disaster Medicine*, 33(6), 581–586. <https://doi.org/10.1017/S1049023X18000778>
- Tan, C. K. W., & Nurul-Asna, H. (2023). Serious games for environmental education. In *Integrative Conservation* (Vol. 2, Issue 1, pp. 19–42). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/inc3.18>
- Tan, S. C., Voogt, J., & Tan, L. (2024). Introduction to digital pedagogy: a proposed framework for design and enactment. In *Pedagogies* (Vol. 19, Issue 3, pp. 327–336). Routledge. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2024.2396944>
- Utariningsih, W., Novalia, V., & Saifullah, T. (2023). Mitigation and community preparedness in anticipating tsunami disasters in Muara Batu, Aceh. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*, 15(1). <https://doi.org/10.4102/JAMBA.V15I1.1542>
- Wang, Y., Ge, J., & Comber, A. (2025). Modelling emergent pedestrian evacuation behaviors from intelligent, game-playing agents. *Journal of Computational Social Science*, 8(2). <https://doi.org/10.1007/s42001-025-00369-9>