

# **PENERAPAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) PADA TAHAP KESIAPSIAGAAN BENCANA ALAM DI INDONESIA**

**Irawan Agung Wibowo**

Prodi Teknik Sipil Pertahanan Kordos Akmil

[wibowoagungirawan@gmail.com](mailto:wibowoagungirawan@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Indonesia adalah negara kepulauan yang terbesar di dunia yang sangat berpotensi terjadi bencana alam. Dengan mengerahkan semua daya upaya baik personil dan materiil serta teknologi seperti Building Information Modeling (BIM) diharapkan dapat meminimalisir dampak bencana berupa kerugian materiil dan korban jiwa. Tulisan ini membahas secara sistematis tentang penerapan BIM untuk memperkuat kesiapsiagaan bencana alam di Indonesia. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah kualitatif dengan teknik pengumpulan data dilakukan secara dokumentasi atau studi literatur baik melalui buku, media elektronik serta sosial media yang disesuaikan dengan tema penelitian. Dari penelitian ini didapat peran BIM dalam kesiapsiagaan antara lain pemetaan dan analisis risiko, perencanaan evakuasi dan shelter, perencanaan infrastruktur darurat, simulasi bencana dan respons, serta koordinasi dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Sedangkan tantangan dalam penerapan BIM adalah keterbatasan data geospasial, mahalnya biaya investasi infrastruktur IT dan pelatihan BIM, keterbatasan Sumber Daya Manusia (SDM) yang terampil atau tenaga ahli BIM serta kurangnya integrasi dengan sistem dan standar yang ada. Dengan terus meningkatkan kapasitas serta evaluasi dari studi kasus negara lain seperti Jepang diharapkan Indonesia dapat lebih siap menghadapi dan merespons bencana alam khususnya dengan penggunaan teknologi BIM.

**Kata Kunci: Penerapan; Building Information Modeling; Tahap Kesiapsiagaan; Bencana Alam.**

## **ABSTRACT**

*Indonesia is the world's largest archipelagic nation with significant potential for natural disasters. By mobilizing all efforts, both in terms of personnel, material resources, and technology such as Building Information Modeling (BIM), it is hoped that the impact of disasters in terms of material losses and casualties can be minimized. This article systematically discusses the application of BIM to strengthen Indonesia's natural disaster preparedness. The method used in this writing is qualitative, with data collection techniques conducted through documentation or literature studies from books, electronic media, and social media tailored to the research theme. From this research, the roles of BIM in disaster preparedness include risk mapping and analysis, evacuation and shelter planning, emergency infrastructure planning, disaster simulation and response, as well as stakeholder coordination and collaboration. Meanwhile, the challenges in implementing BIM include limited geospatial data, high costs of IT infrastructure investment and BIM training, a shortage of skilled human resources or BIM experts, and insufficient integration with existing systems and standards. By continuously enhancing capacity and learning from case studies of other countries like Japan, it is hoped that Indonesia can be better prepared to face and respond to natural disasters, particularly through the use of BIM technology.*

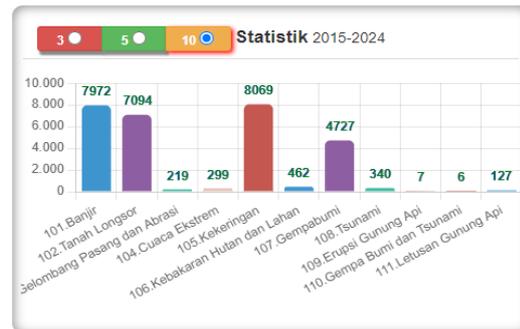
**Keywords: Application, Building Information Modeling, Preparedness Stage, Natural Disaster**

## PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang terbesar di dunia serta negara yang berpotensi terjadi bencana alam. Menurut Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2024, Indonesia mempunyai luas daratan 1.922.570 km<sup>2</sup> dan luas perairan 3.257.483 km<sup>2</sup> dengan jumlah pulau 13.466 buah<sup>1</sup>. Disisi lain dalam laporan *Disasters in Numbers* dari Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) tahun 2023, Indonesia masuk urutan kelima negara rawan bencana setelah Amerika Serikat, China, India dan Brasil<sup>2</sup>. Ini disebabkan oleh posisi Indonesia yang terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik yang masih aktif, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Eurasia. Pergerakan lempeng-lempeng ini dapat memicu berbagai bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, dan aktivitas vulkanik lainnya di Indonesia. Selain itu, Indonesia berada dalam jalur *Ring of Fire*, sebuah wilayah di sekitar cekungan Pasifik yang dikenal dengan deretan gunung berapi, dari pulau Sumatera sampai pulau Jawa dan pulau Sulawesi. Selain faktor tektonik, kondisi iklim ekstrem di Indonesia juga dapat menyebabkan potensi bencana alam. Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan risiko pelapukan tanah dan banjir, sedangkan musim panas yang kering dapat meningkatkan kemungkinan

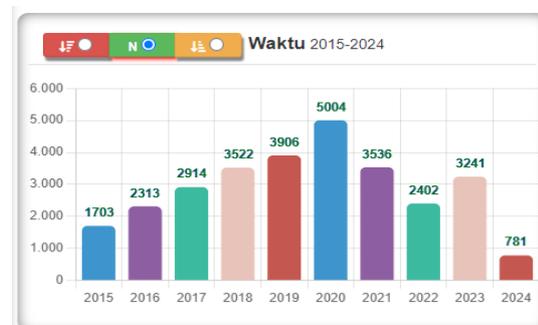
terjadinya kekeringan dan kebakaran.

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan selama kurun waktu 2015-2024, Indonesia telah dilanda berbagai bencana alam sebanyak 29.322. Seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 1.** Data Bencana Alam Berdasarkan Penyebabnya Tahun 2015-2024.

(Sumber: BNPB, 2024)



**Gambar 2.** Data Bencana Alam berdasarkan Tahun 2015-2024

(Sumber: BNPB, 2024)

Dari data di atas dapat dijelaskan bahwa bencana alam di Indonesia merupakan ancaman serius yang harus diwaspadai dan ditanggulangi

<sup>1</sup> BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkokesra  
<https://www.big.go.id/content/berita/bi-g-serahkan-peta-nkri-kepada-kemenkokesra>

<sup>2</sup> 11 Negara dengan Bencana Alam Terbanyak Global (2023)  
<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/05/02/indonesia-masuk-daftar-negara-paling-banyak-kena-bencana>

secara bersama-sama. Menurut Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007, bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah langsur. Lebih lanjut pasal 16 menjelaskan bahwa pelaksanaan penanggulangan bencana harus dilakukan secara terintegrasi meliputi tahapan pra bencana, tanggap darurat dan pasca bencana. Sedangkan pasal 34 merinci penyelenggaraan penanggulangan bencana pada tahap pra bencana salah satunya adalah dalam situasi terdapat potensi terjadinya bencana yang pada pasal 44 disebutkan melalui kesiapsiagaan, peringatan dini dan mitigasi bencana. Pemerintah, masyarakat, dan semua pihak yang terkait perlu bekerja sama untuk meningkatkan pemahaman tentang risiko bencana, membangun sistem peringatan dini yang efektif, dan meningkatkan kapasitas tanggap darurat. Dengan mengerahkan semua daya upaya baik personil dan materiil serta ilmu pengetahuan dan teknologi diharapkan dapat meminimalisir dampak bencana berupa kerugian materiil dan korban jiwa.

Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) dalam fase kesiapsiagaan bencana alam merupakan langkah preventif yang bertujuan untuk memperbaiki pemahaman, perencanaan, dan respons terhadap bencana alam. Menurut Kumar dan Mukherjee (2009), BIM adalah proses dokumentasi yang terdiri dari informasi tentang fase yang berbeda dari setiap proyek seperti desain,

perencanaan pembangunan, konstruksi, manajemen fasilitas dan operasi. Sedangkan menurut ASHRAE Inc. (2009), BIM adalah representasi digital dari fisik dan karakteristik fungsional dari fasilitas yang berfungsi sebagai sumber daya pengetahuan bersama untuk informasi tentang fasilitas, membentuk dasar yang dapat diandalkan untuk keputusan selama siklus hidup bangunan. Dengan teknologi BIM memungkinkan pekerjaan yang lebih efektif, efisien dan hemat biaya bila dibandingkan dengan metode tradisional. BIM dapat diintegrasikan antar aplikasi, yang dapat mempercepat alur kerja, sehingga menghemat waktu dan mengurangi sumber daya manusia (Rizqy, Martina, and Purwanto, 2021). Integrasi ketahanan bencana dan pembangunan pemodelan informasi BIM menyediakan alat yang efektif untuk membantu pengambil keputusan memvisualisasikan apa yang akan terjadi di lingkungan simulasi (C. M. C. Eastman et al. 2011). Lebih lanjut Integrasi BIM dengan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) akan mendapatkan informasi geospasial untuk kepentingan mitigasi dan kesiapsiagaan bencana. Pemetaan dan analisis data spasial sangat penting dalam perencanaan penggunaan lahan yang berkelanjutan. Pemetaan dan analisis data spasial mencakup pengumpulan, pengolahan, dan analisis data spasial dari berbagai sumber seperti citra satelit, peta, data Sistem Pemosisian Global (GPS), dan data lainnya untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam perencanaan penggunaan lahan (Mujiati & Aisyah, 2022).

Berdasarkan penjelasan diatas, penulis akan dibahas secara sistematis tentang penerapan *Building Information Modeling* (BIM) untuk memperkuat kesiapsiagaan bencana alam di Indonesia.

## METODE

Penulisan ini menggunakan metode kualitatif dengan teknik pengumpulan data dilakukan secara dokumentasi atau studi literatur baik melalui buku, media elektronik serta sosial media yang disesuaikan dengan tema penelitian. Penelitian ini menitikberatkan pada kondisi obyek yang alamiah, dimana peneliti adalah sebagai instrument kunci, data yang diperoleh cenderung data kualitatif, analisis data bersifat induktif/kualitatif, dan hasil penelitian dapat berupa temuan potensi atau masalah, keunikan obyek, makna suatu peristiwa, proses dan interaksi sosial.

## PEMBAHASAN

### Definisi dan Konsep Dasar Building Information Modeling (BIM)

Salah satu pelopor teknologi *Building Information Modeling* (BIM) adalah Amerika Serikat Serikat. BIM di Amerika Serikat dimulai dengan meluncurkan 9 proyek percobaan yang dilakukan oleh *General Service Administration* (GSA), organisasi pemerintahan utama yang mengimplementasikan BIM di sektor fasilitas umum. Kemudian di tahun 2006, GSA kembali meluncurkan 3 proyek percobaan lainnya yang menggunakan alat pemindai laser

terhadap bangunan dan menggunakan data yang diperoleh untuk membuat model BIM *as-built* dari bangunan tersebut. Hasil yang diperoleh digunakan untuk merencanakan pengembangan kedepannya dari bangunan tersebut<sup>3</sup>.

BIM adalah metode kolaboratif berbasis digital untuk merancang, membangun, dan mengelola infrastruktur, menggunakan model 3D yang berkembang hingga model 11D yang terintegrasi.

**Tabel 1.** Transformasi BIM dari Model 3D menjadi 11D

No	Model	Keterangan
1	4D	Membantu pemambngku kepentingan (industri arsitektur, mekanikal dan konstruksi)
2	5D	Penaksir biaya/surveyor kuantitas dalam memerikasa biaya proyek
3	6D	Keberlanjutan ( <i>sustainable</i> )
4	7D	Pengelolaan fasilitas
5	8D	Pemeliharaan proyek
6	9D	Akustik
7	10D	Keamanan
8	11D	Mendeteksi panas

(Sumber: Haron dan Saraireh, 2020)

Model BIM tidak hanya mencakup aspek geometris bangunan, tetapi juga informasi mengenai spesifikasi material, sistem utilitas, biaya, dan informasi lain yang relevan selama siklus hidup proyek. Menurut Eastmanet, et all dalam Fajar Susilowati, et all (2023).

<sup>3</sup> Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) [https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/#:~:text=Building%20Information%](https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/#:~:text=Building%20Information%20Modeling%20(BIM)%20adalah,ke%20d alam%20model%203%20dimensi.)

[20Modeling%20\(BIM\)%20adalah,ke%20d alam%20model%203%20dimensi.](https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/#:~:text=Building%20Information%20Modeling%20(BIM)%20adalah,ke%20d alam%20model%203%20dimensi.)

Dengan menggunakan teknologi BIM, model bangunan virtual yang akurat dibangun secara digital. Model yang dihasilkan komputer kemudian berisi geometri yang tepat dan data terkait yang diperlukan untuk mendukung aktivitas konstruksi, manufaktur, dan pengadaan yang diperlukan untuk menyelesaikan bangunan tersebut.

BIM juga mengakomodasi banyak fungsi yang diperlukan untuk memodelkan siklus hidup sebuah bangunan, memberikan dasar bagi kemampuan konstruksi baru, dan perubahan peran serta hubungan antar tim proyek. Jika diterapkan dengan tepat, BIM memfasilitasi desain dan proses konstruksi yang lebih terintegrasi. Sehingga dalam pengaplikasiannya, BIM membutuhkan beberapa perangkat lunak khusus, namun penerapan *software* tersebut hanya menjabarkan kulit luar dari pengaplikasian metode BIM itu sendiri. BIM lahir dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi digital yang dapat digunakan dan diberdayakan oleh beberapa pihak konstruksi untuk mengurangi kesalahan desain, mengurangi deteksi bentrok/*clash detection*, meningkatkan integrasi biaya dan waktu, meningkatkan integrasi tahap desain dan konstruksi, meningkatkan kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu, meningkatkan daur ulang serta meminimalisir penggunaan sumber daya manusia (Apriyani dalam Nugroho PS, et all, 2022).

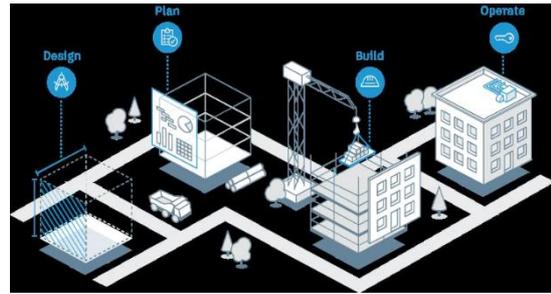
**Tabel 2.** Piranti Lunak dalam pengaplikasian BIM

No	Piranti Lunak	Penggunaan
	AutoCad, Sketchup	ShopDrawing
	Revit	Quantity
	Blender, AutoCad, Sketchu, Zoom	Metode dan Koordinasi
	Meeting	
	MS Project	Membuat jadwal, menetapkan tugas sumber daya, kemajuan pekerjaan, mengelola anggaran, dan menganalisis beban kerja
	Etabs	Analisis Struktur
	Integrasi Drone dan SIG (Sistem Informasi Geografi)	Mengetahui area proyek secara luas, progress/ evaluasi, mencocokkan desain dengan pengerjaan
	Telka BIMsight, Autodesk Construction Cloud (BIM360)	Menggabungkan model 3D, sharing data dan informasi, manajemen konflik, dan memeriksa kendala pada tahap desain.
	CCTV	Mengawasi secara langsung kondisi lapangan
	Timelapse Camera	Merekam tahapan pekerjaan

10 One Gate Mengontrol,  
System personel,  
material dan  
peralatan serta  
jam kerja

(Sumber: Data Primer, 2024)

Di Indonesia, penerapan BIM sudah dituangkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2021 yang merupakan implementasi dari Undang Undang Nomor 28 tahun 2002 tentang bangunan Gedung. Lapisan dari PP tersebut memaknai tentang penerapan BIM pada Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Gedung. Serta Peraturan Menteri PUPR Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pedoman Pembangunan Gedung Negara yang merinci bahwa bangunan gedung milik negara yang tidak sederhana dengan jumlah lantai di atas 2 dan memiliki luas 2000 m<sup>2</sup> wajib menggunakan BIM, baik gambar struktur, arsitektur, lanskap, utilitas, volume pelaksanaan pekerjaan, serta Rencana Anggaran Biayanya (RAB). Dengan adanya kebijakan pemerintah tersebut diharapkan dapat memudahkan serta meminimalisir kesalahan dalam pengerjaan konstruksi, dapat meningkatkan efisiensi desain proyek, mendorong alur kerja desain terintegrasi, dan mengurangi kesalahan dalam proses desain, sehingga kolaborasi dapat terjalin sangat baik sehingga alannya kontruksi dapat dilaksanakan dengan lancar.



**Gambar 3.** Contoh perencanaan menggunakan *Software Autodesk Construction Cloud (BIM360)*  
(Sumber: Digital Transformation Indonesia, 2023<sup>4</sup>)

### **Peran BIM dalam Tahap Kesiapsiagaan Bencana Alam**

Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 menjelaskan kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna. Dengan mengerahkan semua daya upaya baik personil, materiil serta teknologi termasuk Penggunaan Teknologi *Building Information Modeling (BIM)* sangat penting untuk meningkatkan efektivitas tindakan dini dan kesiapsiagaan dalam penanggulangan bencana, terutama yang berkaitan dengan perkiraan dinamika politik pasca bencana. Strategi pengembangan sistem prediksi bencana alam yang inovatif sangat dibutuhkan untuk mendukung konsep *society 5.0*, termasuk pemetaan dan analisis risiko, perencanaan evakuasi dan shelter, perencanaan infrastruktur darurat, simulasi bencana dan respons, serta koordinasi dan

<sup>46</sup> Software BIM Pilihan untuk Pekerja Konstruksi, Nomor 1 Paling Populer <https://digitaltransformation.co.id/6->

[software-bim-pilihan-untuk-pekerja-konstruksi-nomor-1-paling-populer/](https://digitaltransformation.co.id/6-)

kolaborasi antar pemangku kepentingan.

#### 1. Pemetaan dan Analisis Risiko.

a. Membuat Model Bangunan yang Akurat. BIM memungkinkan pembuatan model 3D yang detail dari bangunan, termasuk struktur, material, serta sistem mekanis dan kelistrikan. Model ini memberikan representasi visual yang jelas dari bangunan, penting untuk memahami kerentanannya terhadap berbagai jenis bencana. Contohnya, Proyek *Federal Emergency Management Agency (FEMA)* di Amerika Serikat menggunakan BIM untuk mengembangkan alat penilaian risiko banjir nasional, yang membantu dalam perencanaan evakuasi dan shelter.

b. Menganalisis Kerentanan Struktural. BIM digunakan untuk simulasi dan analisis struktur, menilai kerentanan bangunan terhadap gempa bumi, badai, dan beban lainnya. Ini memungkinkan identifikasi area berisiko tinggi dan pengembangan strategi mitigasi yang tepat sasaran.

c. Memprediksi Dampak Bencana. BIM dapat memprediksi dampak potensial bencana pada bangunan, seperti kerusakan struktural, perpindahan, dan potensi korban jiwa. Informasi ini penting untuk perencanaan evakuasi dan tanggap darurat.

#### 2. Perencanaan Evakuasi dan Shelter.

a. Memvisualisasikan Rute Evakuasi. BIM memungkinkan pembuatan model 3D yang realistis dari lingkungan sekitar bangunan, termasuk jalan, trotoar, dan *landmark*. Model ini dapat digunakan untuk memetakan jalur evakuasi

yang aman dan efektif, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti aksesibilitas, hambatan fisik, dan potensi bahaya. Penentuan jalur evakuasi harus mempertimbangkan variabel-variabel ketinggian, kelerengan, lokasi dari jalan, jumlah lantai bangunan, kapasitas bangunan, hirarki jalan, lebar jalan, kondisi perkerasan jalan, daya tampung jalan, waktu tempuh, struktur jalan, jarak menuju lokasi evakuasi, jumlah penduduk di pusat kegiatan, kepadatan penduduk, dan jumlah penduduk berdasarkan umur. (Dito dan Pamungkas, 2015)

b. Menentukan Titik-Titik Shelter yang Tepat. BIM dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi lokasi shelter yang potensial dengan mempertimbangkan kapasitas, aksesibilitas, dan pemulihan bencana. Model BIM membantu memilih tempat penampungan yang paling aman dan mudah diakses bagi orang-orang yang terkena dampak bencana alam. Seperti desain struktur shelter inovatif sebagai tempat evakuasi sementara di Banyuwangi. Desain shelter tersebut berdasarkan kejadian bencana alam Tsunami di Banyuwangi yang terjadi pada tahun 1994. (Ade Fani, et all, 2021)

c. Memsimulasikan Evakuasi dan Akses Shelter. BIM dilakukan dengan menerapkan data geometris untuk mendukung penilaian evakuasi, perencanaan rute pelarian, pendidikan keselamatan dan perawatan alat-alat keselamatan (Wang et all, 2015). Penerapan BIM membantu melakukan simulasi evakuasi dan akses ke tempat penampungan, yang pada gilirannya dapat membantu mengidentifikasi

potensi hambatan dan memperkirakan waktu yang diperlukan untuk evakuasi. Simulasi ini dapat membantu mengembangkan rencana evakuasi yang lebih efektif dan meningkatkan operasional shelter.

### 3. Perencanaan Infrastruktur Darurat.

a. Memvisualisasikan Infrastruktur yang Rusak. BIM dapat digunakan untuk membuat model 3D dari infrastruktur yang rusak akibat bencana alam, seperti jalan, jembatan, dan jaringan utilitas. Model ini dapat membantu tim penanggulangan bencana dalam mengidentifikasi kerusakan dengan cepat dan akurat mengidentifikasi kerusakan, memprioritaskan upaya perbaikan, dan mengalokasikan sumber daya secara efektif.

b. Mengkoordinasikan Upaya Pemulihan. Dasar pemikiran teknologi *Building Information Modeling* (BIM) adalah kolaborasi untuk semua pemangku kepentingan dalam seluruh tahap siklus implementasinya, mulai dari memasukkan data, mengekstrak, dan memodifikasi informasi dalam *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat membantu setiap peran para pemangku kepentingan tersebut (Mieslenna & Wibowo, 2019). Dalam teknologi BIM, terdapat platform kolaborasi berbagai pemangku kepentingan yang terlibat dalam pemulihan bencana, seperti pemerintah, organisasi kemanusiaan, dan kontraktor. Model BIM dapat dibagikan dan diakses oleh semua pihak, memungkinkan koordinasi yang lebih baik dan pengambilan keputusan yang lebih tepat.



**Gambar 4.** Dampak Liquefaksi Yang Terjadi Pada Desain Geometrik Jalan Di Area Jonooge Akibat Gempa Palu 2018 menggunakan Drone berbasis SIG

(Sumber: Media Indonesia dalam Andri Irfan Rifai, 2022)



**Gambar 5.** Survey menggunakan Drone Foto Berbasis SIG Udara tahun 2022

(Sumber: Andri Irfan Rifai, 2022)



**Gambar 6.** Implementasi Pelaksanaan Penarikan Garis Nyata di Lapangan

(Sumber: Andri Irfan Rifai, 2022)

4. Simulasi Bencana dan Respon.

a. Optimalisasi Simulasi Bencana dan Respon Bencana. Menurut Adipandang Yudono (2022) penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu merangkum data yang bisa digunakan sebagai informasi penting yang mendukung keputusan terkait mitigasi dan kesiapsiagaan bencana, berupa data jumlah pengungsi, distribusi korban yang selamat hingga logistik dan lokasi pos bantuan. Pemanfaatan IoT berbasis GIS juga dapat digunakan untuk memetakan kondisi pertanian dan peternakan serta kerusakan infrastruktur fisik akibat letusan. Hal ini membantu menciptakan simulasi bagi tim manajemen bencana untuk memahami dampak bencana terhadap bangunan dan infrastruktur, sehingga dapat memprediksi kerusakan. Visualisasi yang sesuai dengan medan dalam model BIM dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat akan risiko bencana dan mendorong mereka untuk berpartisipasi dalam upaya kesiapsiagaan, seperti evakuasi, pencarian dan penyelamatan, serta distribusi bantuan. Selain itu, simulasi evakuasi dilakukan pada model BIM untuk mengoptimalkan jalur evakuasi dan meminimalkan waktu evakuasi. Selain itu, hal ini dapat membantu mengidentifikasi area berisiko tinggi dan memprioritaskan upaya pencarian dan penyelamatan.

b. Melatih Personel Tanggap Darurat Secara Efektif. Teknologi BIM dapat digunakan untuk melatih personel manajemen bencana dalam situasi darurat di lingkungan yang

realistis dan aman, sehingga meningkatkan kesiapan dan efektivitas mereka dalam merespons bencana. Pelatihan yang efektif dapat membantu mengurangi kesalahan dan meningkatkan koordinasi antar karyawan selama kegiatan penanggulangan bencana alam. Lebih lanjut IoT untuk mitigasi bencana ini memudahkan aktivitas mahasiswa yang terlibat dalam proyek kemanusiaan Semeru dalam mengidentifikasi kerusakan dan suplai informasi secara lebih baik, seperti jumlah bangunan yang rusak dan data-data wilayah terdampak. (Sujarwo, 2022)

5. Koordinasi dan Kolaborasi Antar pemangku Kepentingan.

a. Membangun Pemahaman Bersama. Aplikasi BIM yang terpusat dan mudah diakses memberikan visualisasi bangunan dan infrastruktur yang jelas kepada seluruh pemangku kepentingan, seperti tim manajemen bencana, insinyur, arsitek, dan pembuat kebijakan. Hal ini memungkinkan adanya pemahaman bersama mengenai situasi dan memfasilitasi koordinasi upaya kesiapsiagaan dan respons. Penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan BIM pada kegiatan konstruksi dapat mempermudah koordinasi, mengefisienkan waktu, serta mampu mendeteksi kendala pada pekerjaan sehingga menyisihkan pekerjaan tambahan (Berlian et al. 2016)

b. Mengembangkan Pertukaran Informasi Terpadu Untuk Menghemat Waktu dan Biaya, serta Memungkinkan Pelaksanaan Proyek yang Keberlanjutan. BIM menyediakan platform kolaboratif yang memungkinkan berbagai

pemangku kepentingan untuk berbagi informasi secara real-time dan melaksanakan pekerjaan tanpa dampak lingkungan dan sosial ekonomi. BIM juga dapat mengurangi biaya akhir pekerjaan konstruksi, mencegah adanya keterlambatan waktu, serta meningkatkan siklus hidup aset melalui peningkatan aspek keberlanjutan ekonomi, lingkungan dan sosial (Zhabrinna et al. 2018)

c. Peningkatan Koordinasi Upaya Kesiapsiagaan. Perangkat lunak BIM dapat digunakan untuk merancang dan mengoordinasikan berbagai upaya pencegahan bencana, seperti simulasi evakuasi, perencanaan rute darurat, dan alokasi sumber daya. Hal ini membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan duplikasi upaya. Penerapan teknologi BIM memang terbukti dapat membantu penyelenggaraan infrastruktur jalan dan jembatan dalam hal meningkatkan akurasi perencanaan, mitigasi resiko konstruksi, serta merencanakan seluruh siklus hidup proyek aset infrastruktur dengan lebih baik (Rifai, Thalib, Isradi, & Prasetijo, 2022).

### **Tantangan BIM dalam Tahap Kesiapsiagaan Bencana Alam**

1. Keterbatasan Data Geospasial Sesuai Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 Pasal 1 tentang Informasi Geospasial, data geospasial adalah data tentang letak geografis, ukuran dan dimensi dan/atau karakteristik suatu benda alam dan/atau buatan yang terletak di bawah, di atas, atau di atas permukaan bumi. Lebih lanjut, informasi geospasial adalah data geospasial yang telah diolah sehingga

dapat digunakan sebagai alat untuk menyusun kebijakan, mengambil keputusan, dan/atau melakukan kegiatan terkait keantariksaan di lapangan.

Dengan adanya data spasial yang akurat dan *uptodate*, dapat membantu dalam mengidentifikasi lokasi yang potensial untuk pengembangan suatu jenis penggunaan lahan tertentu, serta membantu dalam menentukan parameter yang tepat dalam pengembangan model dan simulasi penggunaan lahan (A. Rahman et al., 2022). Teknologi BIM terintegrasi dengan data geospasial, termasuk peta, citra satelit, layanan lokasi, dan sistem informasi geografis (GIS), membantu pengambil keputusan perencanaan kota merancang sistem transportasi yang efisien, memetakan zonasi peraturan lalu lintas, mengoptimalkan penggunaan lahan, dan membuat peta bencana, kerentanan, kapasitas dan sumber daya. Laporan ini memberikan wawasan mengenai kepadatan penduduk, kebutuhan infrastruktur, dan wilayah yang rentan terhadap bencana alam. Namun implementasinya menghadapi kendala, antara lain:

a. Kurangnya Pembaruan dan Konsistensi Data. Salah satu masalah utama adalah kurangnya pembaruan dan konsistensi data geospasial di Indonesia sehingga data yang ada tidak sesuai dengan perkembangan terbaru dari infrastruktur fisik maupun kondisi lingkungan. Meskipun peran informasi geospasial sangat penting, pembaruan sistem ini dilakukan 2 tahun sekali (BPBD Kab Bogor, 2024). Hal ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam model BIM

yang dibangun, mengurangi keefektifan dalam merencanakan respons terhadap bencana.

b. Keterbatasan Akses dan Infrastruktur. Pengolahan data spasial memerlukan infrastruktur dan teknologi yang memadai, seperti perangkat lunak SIG dan perangkat keras yang memadai. Namun, tidak semua wilayah memiliki infrastruktur dan teknologi yang memadai untuk pengolahan data spasial (Lasaiba, 2023). Di sebagian daerah, terutama di wilayah pedalaman atau kepulauan, akses terhadap teknologi dan infrastruktur untuk mengumpulkan data menjadi terbatas. Ini menghambat upaya untuk memperbaharui dan memelihara data geospasial yang diperlukan untuk BIM

## 2. Mahalnya Biaya Investasi Infrastruktur IT dan Pelatihan BIM

a. Mahalnya Biaya Perangkat Lunak dan Lisensi. Mengubah budaya kerja dari konvensional ke BIM dibutuhkan lisensi software BIM, spesifikasi hardware (perangkat komputer) yang tinggi, dan pengadaan pelatihan. Dalam hal ini, perusahaan dituntut berkomitmen memberikan dorongan motivasi, pelatihan, dan pengawasan (Hutama & Sekarsari, 2019). Salah satu biaya utama dalam implementasi BIM adalah biaya perangkat lunak dan lisensi. Perangkat lunak BIM seperti *Autodesk Revit*, *Bentley MicroStation*, atau *Trimble Tekla Structures*, merupakan investasi yang signifikan bagi organisasi yang ingin mengadopsi teknologi ini. Biaya lisensi dapat bervariasi tergantung pada skala proyek dan jumlah pengguna yang akan menggunakan perangkat lunak tersebut.

b. Mahalnya Biaya Pelatihan dan Pengembangan SDM. Namun, besarnya biaya pengenalan *Building Information Modeling* (BIM) tersebut membuat perusahaan-perusahaan menolak penggunaan BIM (Iushkin et al., 2022). Pelatihan dan pengembangan SDM memerlukan biaya yang tidak dapat diabaikan. SDM yang menggunakan BIM harus memiliki keterampilan dan pengetahuan yang memadai untuk menggunakan perangkat lunak BIM dan memahami metodologi BIM dalam konteks manajemen bencana. Biaya kursus pelatihan ini sudah termasuk biaya instruktur, fasilitas pelatihan dan waktu yang diperlukan untuk mengembangkan keterampilan personel.

## 3. Keterbatasan Sumber Daya Manusia yang terampil atau tenaga ahli BIM.

a. Kurangnya Pendidikan dan Pelatihan yang Spesifik. Kurangnya artikel jurnal internasional menggambarkan bahwa kajian BIM di Indonesia belum matang dalam implementasinya (Telaga 2018), pendidikan sebagai faktor utama kurangnya pemahaman BIM di Indonesia, perlu adanya adopsi BIM pada kurikulum saat ini (Agirachman et al. 2018). BIM tidak hanya penggunaan perangkat lunak seperti *Autodesk Revit* atau *Bentley MicroStation*, tetapi juga metode dan konsep manajemen informasi terkait konstruksi, pengoperasian, dan pemeliharaan gedung. Pendidikan formal komprehensif BIM masih terbatas di universitas-universitas ternama sehingga pelatihan tambahan diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan yang ada.

b. Kurangnya Pengalaman dalam Penerapan BIM pada Situasi Nyata. Menurut Telaga (2018) mengevaluasi bagaimana implementasi BIM di Indonesia dan menyatakan bahwa penerapan BIM di Indonesia masih sangat terbatas. BIM mengharuskan praktisi untuk mengintegrasikan data dari berbagai disiplin teknik dan memastikan bahwa model yang dihasilkan akurat dan dapat diandalkan untuk analisis dan simulasi. Tanpa pengalaman yang memadai, akan mengalami kesulitan dalam menangani kompleksitas teknologi dan proses implementasi BIM.

c. Keterbatasan Profesional yang Terlatih. Penerapan teknologi BIM memerlukan keterampilan khusus dalam penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras serta pemahaman menyeluruh tentang prinsip-prinsip manajemen proyek dan manajemen bencana. Ada kebutuhan untuk mengembangkan rencana strategis yang mendorong kolaborasi antara sektor pemerintah, perusahaan swasta dan pemangku kepentingan untuk menciptakan strategi adopsi BIM. Salah satunya buku panduan adopsi BIM organisasi yang dibuat Balitbang PUPR untuk membantu organisasi mengadopsi BIM dengan langkah-langkah, yaitu kepemimpinan, perencanaan, informasi, proses, SDM dengan kapabilitasnya, keterlibatan stakeholder, dan hasil (Kusumartono et al., 2018)

4. Kurangnya Integrasi dengan Sistem dan Standar yang ada.

a. Keragaman Sistem dan Standar. Tantangan utama integrasi BIM-SIG terletak pada *ekstensi file* dan ketidaksesuaian informasi model BIM

IFC dan SIG CityGML sehingga sulit untuk melakukan pertukaran data (Wang et al., 2019). Selain itu terdapat *effort* kebutuhan penambahan sumber daya untuk integrasi BIM ini, misalnya penyediaan personil spesialis BIM, pengadaan sistem komputerasi dan *software* pendukung BIM, proses pengumpulan data dan informasi yang lebih mendetail, serta alokasi waktu untuk penyusunan BEP (BIM *Execution Plan*) dan merealisasikannya (Pruskova & Kaiser, 2019). Indonesia memiliki beragam sistem dan standar yang diterapkan pada pembangunan infrastruktur dan manajemen bencana. Sistem-sistem ini seringkali tidak terintegrasi dengan baik satu sama lain, sehingga menghambat kemampuan untuk menerapkan BIM secara komprehensif. Misalnya, sistem perencanaan dan tata guna lahan, peraturan bangunan, dan sistem penanggulangan bencana masih belum sepenuhnya terintegrasi dengan teknologi BIM.

b. Kurangnya Koordinasi Antar Lembaga dan Pemangku Kepentingan. Data dan informasi yang dihasilkan oleh teknologi BIM digunakan sebagai masukan dalam siklus penanggulangan bencana, baik sebelum bencana terjadi maupun setelahnya. Namun, di Indonesia sulit untuk mengintegrasikan data ini karena berada di bawah yurisdiksi organisasi yang berbeda. Tentu saja, untuk membuat peta risiko bencana yang baik, Anda harus memulainya dengan data yang baik. *Garbage in, garbage out* pada kondisi jika data yang digunakan tidak baik. Semua disiplin harus dilibatkan. Mulai dari *hidrologist, volcanologist, seismologist,*

hingga ahli ekonomi (Irwan Meilano, 2014). Koordinasi yang tidak efektif antara berbagai lembaga dan pemangku kepentingan juga menjadi faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan. Data sering kali didistribusikan ke berbagai departemen dan lembaga. Tanpa koordinasi yang memadai untuk mengintegrasikan informasi yang relevan, akan sulit menganalisis data secara komprehensif dalam model BIM untuk manajemen bencana alam.

c. Perubahan Budaya dan Perilaku. Mengubah budaya kerja dari konvensional ke *Building Information Modeling* (BIM) dibutuhkan lisensi *software* BIM, spesifikasi *hardware* (perangkat komputer) yang tinggi, dan pengadaan pelatihan. Dalam hal ini, perusahaan dituntut berkomitmen memberikan dorongan motivasi, pelatihan, dan pengawasan (Hutama & Sekarsari, 2019) Penerapan BIM tidak hanya melibatkan aspek teknis tetapi juga memerlukan perubahan budaya dan perilaku di sektor konstruksi. Budaya kerja yang konvensional dan kurangnya kesadaran akan manfaat BIM dapat memperlambat adopsi teknologi ini.

### **Studi Kasus dan Penerapan BIM dalam Kesiapsiagaan Bencana Alam di Jepang**

Studi kasus penerapan BIM dalam kesiapsiagaan bencana alam dapat memberikan gambaran riil tentang bagaimana teknologi ini telah digunakan di beberapa negara untuk

memperkuat kesiapsiagaan mereka. Pada penelitian ini, peneliti mengambil studi kasus penanganan bencana alam di Jepang. Data menunjukkan sepanjang tahun 2023, Indonesia merupakan negara dengan jumlah gempa bumi terbanyak, yakni 2.205 kejadian. Sementara itu, Jepang berada di urutan kelima dengan total sebanyak 879 kejadian. Jika dilihat, kedua negara tersebut termasuk dalam 10 besar negara dengan jumlah gempa terbanyak tahun 2023.<sup>5</sup> Namun gempa di Jepang lebih sedikit menimbulkan risiko kerugian. Ternyata Jepang memiliki aturan yang sangat ketat terkait konsep bangunan agar tahan gempa bumi dan bencana lainnya.

1. Penerapan BIM pada Kesiapsiagaan Bencana di Jepang.

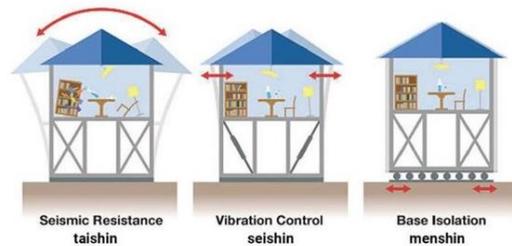
a. Perencanaan dan Mitigasi Risiko Bencana. Jepang telah mengintegrasikan BIM dalam perencanaan infrastruktur serta struktur bangunan. Sebagai contoh kota Tokyo terdapat Katedral yang mampu melindungi kota dari banjir, dengan kedalaman 50 meter di bawah permukaan tanah, Katedral banjir memiliki pilar seberat 500 ton dengan tinggi 65 meter dan diameter 32 meter untuk menyangga langit-langit, dan memiliki panjang 6,4 km serta dilengkapi dengan 79 pompa dan 59 pilar beton membuat Katedral banjir memungkinkan air sebanyak 200 ton untuk mengalir per detik<sup>6</sup>. Sedangkan untuk struktur

<sup>5</sup> Belajar dari Jepang: Model Penerapan Struktur Rumah Tahan Gempa <https://perkim.id/kebencanaan/belajar-dari-jepang-model-penerapan-struktur-rumah-tahan-gempa/>

<sup>6</sup> Drainase Kota Dan Penerapan Sistem Pengendalian Banjir Di Jepang <https://www.rucika.co.id/drainase-kota-dan-penerapan-sistem-pengendalian-banjir-di-jepang/>

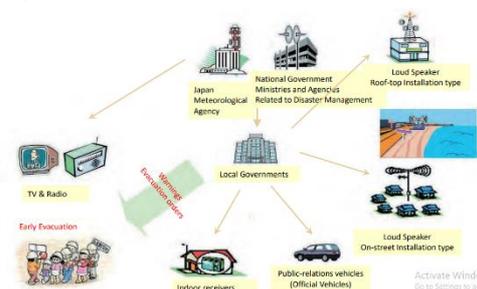
bangunan, ada 3 standar bangunan tahan gempa di Jepang, yaitu<sup>7</sup>:

- 1) Struktur Taishin, struktur ini merupakan persyaratan minimum untuk bangunan tahan gempa di Jepang dan harus diikuti oleh setiap bangunan. Ketebalan minimal dari balok, pilar, dan dinding bangunan harus dapat menahan tekanan getaran tanah. Kelemahan struktur ini adalah kerusakan struktur jika terjadi guncangan yang terus berulang.
- 2) Struktur Seishin, rangka bangunan pada struktur ini harus diisolasi dari dasar pondasinya dengan menempatkan peredam kejut, lapisan karet, atau isolator seismik di antara keduanya. Tujuannya agar bangunan dapat menahan guncangan seismik. Struktur ini sangat direkomendasikan untuk bangunan bertingkat tinggi.
- 3) Struktur Menshin, struktur ini merupakan bentuk bangunan tahan gempa terancang dan termahal di Jepang. Dasar pada pondasi bangunan ini bertumpu pada timah, baja, atau lapisan karet tebal yang memungkinkan pondasi dari bangunan bergerak dan meminimalisir pergerakan gempa dari rangka. Model struktur ini sering digunakan pada konstruksi bangunan menara tinggi serta apartemen.



**Gambar 7.** Struktur Bangunan Tahan Gempa di Jepang (Sumber: Perumahan dan Kawasan Pemukiman, 2024)

b. Sistem Peringatan Dini Memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi. Menurut Mukhlisin (2024), bahwa sistem penanggulangan bencana di Jepang dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi. Teknologi ini memungkinkan sebuah peringatan dini bisa diteruskan kepada masyarakat dan akhirnya mengurangi dampak suatu bencana. Sistem peringatan dini yang dibangun merupakan gabungan dari institusi pemerintahan, industri komunikasi, teknologi satelit, media televisi, radio, sampai operator seluler. Jika terjadi, informasinya segera disampaikan kepada masyarakat.



**Gambar 8.** Sistem Peringatan Dini di Jepang (Sumber: Cabinet Office, Disaster Management in Japan dalam Mukhlisin, 2024)

<sup>7</sup> Belajar dari Jepang: Model Penerapan Struktur Rumah Tahan Gempa <https://perkim.id/kebencanaan/belajar>

[-dari-jepang-model-penerapan-struktur-rumah-tahan-gempa/](https://perkim.id/kebencanaan/belajar)

## 1. Tantangan Penerapan BIM di Jepang.

a. Data peta terbatas dan tidak terintegrasi ke dalam keseluruhan data. Pasar industri di Jepang sangat besar, sebagian besar industri fokus pada pasar domestik dibandingkan pasar global. Sebagian besar BIM yang diadopsi di perusahaan-perusahaan besar tertutup dalam rantai pasokan pribadi perusahaan, seolah-olah berdiri sendiri. Perusahaan tersebut tidak tertarik pada BIM generik dan kompatibel yang terlibat dengan rantai pasokan global. (Kaneta, Furusaka dan Deng, 2017) Implementasi BIM formal bervariasi dari satu perusahaan ke perusahaan lainnya. Kontraktor umum sepertinya ragu menggunakan BIM. Misalnya, hal ini bergantung pada apakah manajer departemen memahami manfaat penerapan BIM.

b. Peran Manajer BIM di Jepang tidak jelas. Peran Manajer BIM tidak jelas di Jepang; Biasanya, peran kepala arsitek lebih dominan dalam mengkoordinasikan dokumen desain dan mengintegrasikan desain ke dalam big data yang ada. Peran Manajer BIM adalah mengkoordinasikan dokumen desain dan mengintegrasikannya ke dalam teknologi BIM. Hal ini terjadi karena posisi dan kemampuan BIM Manager berbeda-beda di setiap perusahaan. Mayoritas manajer BIM di Jepang seringkali hanya menjadi perantara antara arsitek dan insinyur. Mereka sering kali harus mengembangkan keterampilan mereka sendiri. Manajer BIM memiliki sedikit hak atau tanggung jawab. (Kaneta, Furusaka dan Deng, 2017)

c. Kurangnya Kemampuan SDM dan Tingginya Biaya Teknologi BIM. Kurangnya tenaga kerja yang terlatih

dalam penggunaan BIM merupakan tantangan besar. Investasi dalam pelatihan dan pengembangan keterampilan diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi ini. Implementasi BIM tidak hanya untuk mempraktikkan desain dalam 3D tetapi juga untuk membangun basis data elemen. Namun, sebagian besar firma arsitektur di Jepang tampaknya tidak memiliki cukup sumber daya keuangan atau manusia untuk menghadapi *Front Loading* yang dibawa oleh BIM. (Kaneta, Furusaka dan Deng, 2017)

d. Kurangnya kepatuhan terhadap standar teknologi BIM. Memastikan penerapan BIM mematuhi standar dan peraturan saat ini juga merupakan sebuah tantangan, meskipun Jepang memiliki infrastruktur hukum yang lebih matang dibandingkan banyak negara lain. Di Singapura, pemerintah menekankan kebijakan yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan mengurangi jumlah pekerja asing berketerampilan rendah. Di Jepang, yang terjadi justru sebaliknya, tidak ada kemungkinan peningkatan produktivitas di industri konstruksi karena banyaknya pekerja terampil yang meninggalkan industri tersebut, sehingga sulit mempertahankan produktivitas dan menjamin kualitas. Hal ini membuat Jepang mengadopsi BIM dengan standarisasi dan penyederhanaan desain karena banyak pekerja berketerampilan rendah. (Kaneta, Furusaka dan Deng, 2017)

## 2. Studi Kasus Bencana Alam Gempa Bumi dan Tsunami Tohoku 2011.

Gempa bumi Tohoku terjadi pada tanggal 11 Maret 2011 dengan kekuatan 9,0 skala Richter. Dari kejadian tersebut Widiarto dan Supardiono (2014) menjelaskan studi tentang penggunaan BIM untuk menentukan mekanisme sumber gempa bumi yang berpotensi dapat menimbulkan tsunami serta dapat menentukan ketinggian run up tsunami dan validitasnya berdasarkan mekanisme sumber gempabumi yang berguna untuk perencanaan rekonstruksi pasca-gempa. Implementasi BIM tersebut bermanfaat untuk:

1) Membuat Peta Kerusakan. Teknologi BIM membantu memvisualisasikan kerusakan pada bangunan dan infrastruktur, memungkinkan tim penyelamat untuk mencatat area yang paling parah terkena dampak bencana dan memprioritaskan upaya penyelamatan. Dari analisis distribusi gempa untuk 4 daerah di wilayah timur pulau Honshu, maka tekanan yang paling dominan adalah bagian barat dari plate boundary sekitar pulau Honshu serta kerusakan terparah di daerah Miyako. (Widiarto dan Supardiono, 2014)

2) Merencanakan Pemulihan. Model BIM digunakan untuk merencanakan pemulihan infrastruktur yang hancur, mempercepat proses pembangunan kembali dan meminimalkan gangguan terhadap kehidupan masyarakat. Pasca kejadian gempa bumi dan tsunami di tahun 2011, pemerintahnya mulai menyusun panduan

maupun building code/ standar bangunan gedung yang dapat mengantisipasi datangnya tsunami (DH Nugraha, 2020)

3) Meningkatkan Kesadaran. Visualisasi yang realistis dalam teknologi BIM membantu meningkatkan kesadaran masyarakat tentang risiko terjadi bencana dan merencanakan langkah-langkah kesiapsiagaan. Pelatihan kebencanaan yang dipraktekkan oleh masyarakat Jepang efektif membentuk sikap tanggap bencana pada saat terjadinya bencana alam. Pelatihan kebencanaan yang dilakukan oleh masyarakat Jepang merupakan bagian dari penanaman edukasi mitigasi bencana, yakni mempersiapkan masyarakat untuk siap sebelum, pada saat dan setelah terjadinya bencana. Salah satu keberhasilan dari penanaman edukasi mitigasi bencana tersebut, adalah peristiwa *The Miracle Kamaishi* pada saat gempa Tohoku, yaitu para siswa mempraktekkan secara langsung apa yang telah mereka latih selama bertahun-tahun. (Widiandari, 2021)

## **KESIMPULAN**

Indonesia adalah negara kepulauan yang terbesar di dunia yang sangat berpotensi terjadi bencana alam. Dengan mengerahkan semua daya upaya baik personil dan materiil serta teknologi seperti *Building Information Modeling* (BIM) diharapkan dapat meminimalisir dampak bencana berupa kerugian materiil dan korban jiwa. Peran BIM

dalam kesiapsiagaan antara lain pemetaan dan analisis risiko, perencanaan evakuasi dan shelter, perencanaan infrastruktur darurat, simulasi bencana dan respons, serta koordinasi dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Sedangkan tantangan dalam penerapan BIM adalah keterbatasan data geospasial, mahalnya biaya investasi infrastruktur IT dan pelatihan BIM, keterbatasan Sumber Daya Manusia (SDM) yang terampil atau tenaga ahli BIM serta kurangnya integrasi dengan sistem dan standar yang ada. Dengan terus meningkatkan kapasitas serta evaluasi dari studi kasus bencana alam negara lain seperti negara Jepang diharapkan Indonesia dapat lebih siap menghadapi dan merespons bencana alam dengan penggunaan teknologi BIM.

## DAFTAR PUSTAKA

- 11 Negara dengan Bencana Alam Terbanyak Global (2023) <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/05/02/indonesia-masuk-daftar-negara-paling-banyak-kena-bencana>
- 6 Software BIM Pilihan untuk Pekerja Konstruksi, Nomor 1 Paling Populer <https://digitaltransformation.co.id/6-software-bim-pilihan-untuk-pekerja-konstruksi-nomor-1-paling-populer/>
- Agirachman, Fauzan Alfi, Ilham Fajar Putra, and Adam Angkawijaya (2018), Initial Study on Building Information Modeling Adoption Urgency for Architecture Engineering and Construction Industry in Indonesia.” *MATEC Web of Conferences* 147: 0–5.
- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2009). An introduction to Building Information Modelling (BIM): A guide for ASHRAE members. Georgia: ASHRAE Inc.
- Belajar dari Jepang: Model Penerapan Struktur Rumah Tahan Gempa <https://perkim.id/kebencanaan/belajar-dari-jepang-model-penerapan-struktur-rumah-tahan-gempa/>
- Berlian, Cinthia Ayu, Randy Putranto Adhi, Arif Hidayat, and Hari Nugroho (2016), Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, Dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (BIM) Dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai). *Karya Teknik Sipil* 5(2): 220–29
- BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkokesra <https://www.big.go.id/content/berita/big-serahkan-peta-nkri-kepada-kemenkokesra>
- BPBD Kab Bogor (2024), Informasi Geospasial dapat membantu penanggulangan bencana, <https://bpbd.bogorkab.go.id/informasi-geospasial-dapat-membantu-penanggulangan-bencana-alam-dan-pandemi-covid-19-mengapa-demikian/>
- C. M. C. Eastman et al. (2011), *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners,*

- managers, designers, engineers and contractors.* John Wiley & Sons.
- Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) Badan Penanggulangan Bencana Nasional (BNPB) (2024), <https://dibi.bnpb.go.id/home/index2>
- DH Nugraha, (2020), Review Standar Bangunan Gedung Jepang Dan Amerika Serikat Terkait Tsunami Dan Perbandingannya Dengan Indonesia, *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan*, hal 291-298
- Dito, Abdiel Hardwin dan Pamungkas, Adjie (2015). Penentuan Variabel dalam Optimasi Jalur Evakuasi Bencana Tsunami di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, *Jurnal Teknik ITS* Vol. 4, No. 2, hal 161-164
- Fani Ade, et all (2021), Desain Struktur Shelter Inovatif Sebagai Tempat Evakuasi Sementara Di Banyuwangi, *Jurnal Paduraksa*, Volume 10 Nomor 1, Juni 2021, DOI: 10.22225/pd.10.1.2325.25-40
- Fawji, et all (2022), Implementasi 6d Building Information Modelling (Bim) Pada Saluran Pengelak Bendungan Margatiga Dengan Aplikasi Civil 3D Dan HEC-RAS 2D, *Journal of Water Resources Engineering*, 2022, 13(1) pp. 63-74
- Haron dan Saraireh (2020), Understanding the Conceptual of Building Informatio Modelng: A Literture Review, *Internasional Journal of Civil Engineering and Technology* 11(1), 165-171
- Hutama, H. R., & Sekarsari, J. (2019). Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 25–31. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i1.716>
- Irwan Meilano (2014), Seminar Peran Data Geospasial dalam Kebencanaan. <https://www.itb.ac.id/berita/geopoint-2014-seminar-peran-data-geospasial-dalam-kebencanaan/4323>
- Iushkin, I. I., Alamedy, S. G. H., & Stashevskaya, N. A. (2022). Problems and benefits of implementing BIM in the construction industry. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 18(2), 172–181. <https://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181>
- Kaneta, Furusaka dan Deng (2017), Overview and problems of BIM implementation in Japan, *Frontiers of Engineering Management*, Vol 4, hal 146-155, DOI: 10.15302/J-FEM-2017007
- Kumar, J. V. dan M. Mukherjee. (2009). Scope of Building Information Modeling (BIM) in India. *Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 2 (1), 165— 169

- Kusumartono, H., Krisbandono, A., Permana, G. P., Andarwati, N., Indraprastha, A., Widyastuti, A. R., Irsan, A., & Rahman, A. (2018). *Adopsi BIM dalam Organisasi*. Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi.
- Lasaiba, Mohammad Amin (2023), Pengolahan Data Spasial dalam Perencanaan Penggunaan Lahan yang Berkelanjutan, *Jurnal Geografi dan Pendidikan Geografi* Vol. 2 No. 1. Hal 1-12
- Mieslenna, C. F., & Wibowo, A. (2019), Mengeksplorasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna. *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 11(1), 44–58.
- Mujiati, & Aisiyah, N. (2022). Peningkatan kualitas peta kerja dalam pendaftaran tanah sistematis lengkap Improving the quality of work maps in complete systematic land registration. *Tunas Agraria*, 5(September), 182–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.31292/jta.v5i3.185>
- Mukhlisin, Muhammad (2024), Penggunaan Teknologi Informasi dalam Penanggulangan Bencana Alam dan Proses Rekonstruksi Sarana-Prasana pada Daerah Bencana, *Bahan Paparan Seminar Prodi Teknik Sipil Pertahanan Akmil*.
- Nugroho, PS, et all (2022), Penggunaan Bim Untuk Meningkatkan Keselamatan Kebakaran Pada Bangunan Gedung Tinggi, *Jurnal Komposit* Vol. 6 No. 1, hal 29-39
- Penerapan Building Information Modeling (BIM) [https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/#:~:text=Building%20Information%20Modeling%20\(BIM\)%20adalah,ke%20dalam%20model%203%20dimensi](https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/#:~:text=Building%20Information%20Modeling%20(BIM)%20adalah,ke%20dalam%20model%203%20dimensi).
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pedoman Pembangunan Gedung Negara
- Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 yang merupakan implementasi dari Undang Undang Nomor 28 tahun 2002 tentang bangunan Gedung.
- Pruskova, K., & Kaiser, J. (2019). Implementation of BIM Technology into the design process using the scheme of BIM Execution Plan. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 471, No. 2, p. 022019) IOP Publishing
- R. M. Rizqy, N. Martina, and H. Purwanto (2021), “Perbandingan Metode Konvensional Dengan Bim Terhadap Efisiensi Biaya, Mutu, Waktu,” *Constr. Mater. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–24, doi: 10.32722/cmj.v3i1.3506

- Rahman, A., Utam, W., & Sutaryono. (2022). Pendekatan Interpretasi Visual Dan Digital Citra Pleiades Untuk Klasifikasi Penutup Lahan. *Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 10(1), 2–3. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/geography.v10i1.7028>
- Rifai, A. I., Thalib, H., Isradi, M., & Prasetijo, J. (2022). Implementation of Building Information Modelling for Road Rehabilitation and Reconstruction Project: Liquefaction Disaster of Palu Area. *IJEBD International Journal Of Entrepreneurship And Business Development* eISSN 2597-4785 pISSN 2597-4750, 5(4), 781-791.
- Rifai, Andri Irfan (2022), Implementasi Building Information Modelling Pada Rehabilitasi Dan Rekonstruksi Jalan Pasca Bencana Liquefaksi, *Prosiding Konferensi Regional Jalan Raya*, DOI: <https://doi.org/10.58674/phpji.v15i1.121>
- Risk Mapping, Assessment and Planning (Risk MAP) <https://www.fema.gov/flood-maps/tools-resources/risk-map>
- Software BIM Pilihan untuk Pekerja Konstruksi, Nomor 1 Paling Populer <https://digitaltransformation.co.id/6-software-bim-pilihan-untuk-pekerja-konstruksi-nomor-1-paling-populer/>
- Sujarwo (2022), Universitas Brawijaya kembangkan IoT berbasis GIS di Semeru. <https://prasetya.ub.ac.id/ub-kembangkan-iot-berbasis-gis-di-semeru/>
- Susilowati Fajar, et all (2023), *Building Information Modeling (BIM)*, Yogyakarta: Jejak Pustaka, cet Pertama
- Telaga, A. S. (2018). A review of BIM (Building Information Modeling) implementation in Indonesia construction industry. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 352, 0–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/352/1/012030>
- Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana
- Undang-Undang Nomor 4 tahun 2011 pasal 1 tentang Informasi Geospasial
- Wang, H., Pan, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in Sustainable Built Environment: A Review and Bibliometric Analysis. *Automation in Construction*, 103, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>
- Wang, Shih-Hsu. Wang, Wei-Chih. Wang, Kun-Chi. Shih, Shih-yu. (2015). Applying Building Information Modeling to Support Fire Safety Management. *Elsevier Automation in Construction*, 158-167

Widiarto dan Supardiono (2014), Analisis Sumber Gempa Bumi pada Proses Deformasi Kerak Bumi yang Berpotensi Tsunami 11 Maret 2011 di Lepas Pantai Timur Pulau Honshu Jepang, *Jurnal Fisika*. Volume 03 Nomor 03 Tahun 2014, hal 11-15

Windiandri, Arsi (2021), Penanaman Edukasi Mitigasi Bencana pada Masyarakat Jepang, *Jurnal Studi Kejepangan*, Volume 5 No 1, hal 26-32

Yudono, Adipandang (2022), <https://dimensicloud.id/blog/universitas-brawijaya-kembangkan-teknologi-iot-berbasis-gis-untuk-dukung-mitigasi-bencana/>

Zhabrinna, Richard J. Davies, M. Mirza Abdillah Pratama, and Muhammad Yusuf. (2018). BIM Adoption towards the Sustainability of Construction Industry in Indonesia. *MATEC Web of Conferences* 195: 1–8.