



Penerbit
TOHAR MEDIA

INFRASTRUKTUR BERBASIS MITIGASI BENCANA

Miswar Tumpu, Mardewi Jamal, Muhammad Syahrir,
Octovianus SR Pasanda, Muhammad Syarif Prasetya Adiguna Rustam,
Franky Edwin Lopian, Yusman, I Wayan Muliawan, Wayan Mustika

INFRASTRUKTUR BERBASIS MITIGASI BENCANA

Penulis

Miswar Tumpu, Mardewi Jamal, Muhammad Syahrir, Octovianus SR
Pasanda, Muhammad Syarif Prasetya Adiguna Rustam, Franky
Edwin Lopian, Yusman, I Ketut Adhimastra, I Wayan Muliawan, Wayan
Mustika

Editor

Muhammad Syarif, Sri Gusty

Penerbit

TOHAR MEDIA

Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana

Penulis :

Miswar Tumpu, Mardewi Jamal, Muhammad Syahrir, Octovianus SR Pasanda, Muhammad Syarif Prasetya Adiguna Rustam, Franky Edwin Lopian, Yusman, I Ketut Adhimastra, I Wayan Muliawan, Wayan Mustika

Editor : Muhammad Syarif, Sri Gusty

ISBN : 978-623-8148-01-1

Desain Sampul dan Tata Letak

Ai Siti Khairunisa

Penerbit

CV. Tohar Media

Anggota IKAPI No. 022/SSL/2019

Redaksi :

JL. Rappocini Raya Lr 11 No 13 Makassar

JL. Hamzah dg. Tompo. Perumahan Nayla Regency Blok D No.25
Gowa

Telp. 0852-9999-3635/0852-4352-7215

Email : toharmedia@yahoo.com

Website : <https://toharmedia.co.id>

Cetakan Pertama September 2022

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik termasuk memfotocopy, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp. 5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah)**
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat 1, dipidana paling lama 5 (**lima tahun**) dan/atau denda paling banyak **Rp. 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah)**

Kata Pengantar

Puji Syukur kehadirat Allah SWT penulis panjatkan, atas segala kemudahan, limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku dengan judul “Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana”. Salawat dan salam terkirim kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa umatnya ke dalam dunia yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Akhir-akhir periode saat ini ternyata terjadi perubahan iklim global yang berimplikasi dengan adanya penambahan curah hujan yang cukup tinggi dengan waktu yang cukup pendek. Intensitas banjir yang terjadi dapat meningkat akibat dampak dari curah hujan tahunan yang semakin meningkat dengan periode yang cukup singkat. Di Indonesia saat ini bencana alam semakin sering terjadi, seperti badai, banjir, hujan ekstrim atau intensitas curah hujan yang cukup tinggi dan angin puting beliung. Oleh karena itu dibutuhkan infrastruktur berbasis mitigasi bencana sebagai upaya meminimalisir dampak negatif yang terjadi.

Buku ini diperuntukkan bagi para mahasiswa, praktisi dan akademisi dan secara khusus mahasiswa Teknik dan agar dapat dikembangkan dan menjadi rujukan referensi. Semoga apa yang telah diupayakan ini bermanfaat bagi para pembaca. Akhirnya hanya kepada Allah penulis berserah diri dan memohon hidayah-Nya, semoga kesalahan dalam penulisan buku ini mendapat ampunan dari-Nya dan menjadi bahan evaluasi bagi penulis buku selanjutnya. Wallahul Muwaffiq ilaa Aqdamith Tharieq. Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Penulis

Daftar Isi

Halaman Depan _i

Halaman Penerbit _ii

Kata Pengantar _iv

Daftar Isi _v

Bab 1. Mitigasi dan Adaptasi Bencana _1

1.1. Pendahuluan _1

1.2. Definisi Bencana Banjir _3

1.3. Tinjauan Banjir, Kerusakan dan Karakteristiknya _9

1.4. Tinjauan Pendekatan dan Metode Penanggulangan Banjir _10

1.5. Tinjauan Sistem Penyiapan dan Transmisi Data _11

1.6. Penutup _12

Bab 2. Manajemen Risiko _13

2.1. Pendahuluan _13

2.2. Pengertian Manajemen Risiko _14

2.3. Tujuan dan Manfaat Manajemen Risiko _16

2.4. Proses Manajemen Risiko _17

2.5. Penerapan Manajemen Risiko dalam K3 _23

2.5. Penutup _28

Bab 3. Kerentanan Kerusakan _29

3.1. Latar Belakang _29

3.2. Guncangan Bumi _31

3.3. Banjir _34

3.4. Tanah Longsor _37

3.5. Banjir Bandang _40

3.6. Kemarau _41

Bab 4. Teknik dan Teknologi Lingkungan _43

- 4.1. Pendahuluan _43
- 4.2. Studi Tentang Bencana _44
- 4.3. Peran Teknologi dalam Penanggulangan
Bencana _46
- 4.4. Sistem Pencegahan dan Manajemen
Kebencanaan _47
- 4.5. Jenis-Jenis Bantuan Teknologi di Lokasi
Bencana _49
- 4.6. Penutup _50

Bab 5. Konstruksi Struktur yang Kuat _51

- 5.1. Pengantar _51
- 5.2. Kegagalan Kolom Akibat Gempa _55
- 5.3. Metode Retrofit _55
- 5.4. Pengekangan Pada Daerah Sendi Plastis _57
- 5.5. Panjang Sendi Plastis _58
- 5.6. Benton Pracetak _59
- 5.7. Penutup _60

**Bab 6. Teknologi Informasi untuk Penanggulangan
Bencana _63**

- 6.1. Pendahuluan _63
- 6.2. Bencana Alam Indonesia _65
- 6.3. Perkembangan Teknologi Informasi _63
- 6.4. Teknologi Informasi dalam Mitigasi dan
Penanggulangan Bencana _68

Bab 7. Inovasi Material Konstruksi _73

- 7.1. Pendahuluan _73
- 7.2. Inovasi Material _74
- 7.3. Material Struktural _75
- 7.4. Material Non Struktural _83

Bab 8. Mitigasi Non Struktural dalam Kearifan	
Lokal Bali	_87
8.1. Pendahuluan	_88
8.2. Mitigasi Non Struktural dalam Kearifan	
Lokal Bali	_98
8.3. Pentingnya Mitigasi Non Struktural	_92
8.4. Penutup	_92
Bab 9. Pengelolaan Pencemaran di Perairan Laut	
Indonesia Sebagai Mitigasi Bencana	
Lingkungan	_97
9.1. Pemahaman tentang Mitigasi Bencana	
Lingkungan	_97
9.2. Kondisi Geografis Negara Republik	
Indonesia	_98
9.3. Pencemaran yang Terjadi di Perairan Laut	
Indonesia	_100
9.4. Dampak Pencemaran Sampah Plastik di Perairan	
Laut Indonesia	_105
9.5. Upaya Penanggulangan Pencemaran di	
Perairan Laut Indonesia	_113
9.6. Penutup	_113
Bab 10. Konstruksi Bangunan Rumah Sederhana	
Tahan Gempa	_115
10.1. Pendahuluan	_115
10.2. Gempa Bumi dan Dampaknya	_116
10.3. Rumah Sederhana Tahan Gempa	_118
10.4. Penutup	_123
Daftar Pustaka	_127

INFRASTRUKTUR BERBASIS MITIGASI BENCANA

Penulis

Miswar Tumpu, Mardewi Jamal, Muhammad Syahrir, Octovianus SR
Pasanda, Muhammad Syarif Prasetya Adiguna Rustam, Franky
Edwin Lopian, Yusman, I Ketut Adhimastra, I Wayan Muliawan,
Wayan Mustika

Editor

Muhammad Syarif, Sri Gusty

Bab 1

Mitigasi dan Adaptasi Bencana

1.1 Pendahuluan

Saat ini terjadi perubahan iklim global yang berimplikasi dengan adanya penambahan curah hujan yang cukup tinggi dengan waktu yang cukup pendek. Intensitas banjir yang terjadi dapat meningkat akibat dampak dari curah hujan tahunan yang semakin meningkat dengan periode yang cukup singkat. Di Indonesia saat ini bencana alam semakin sering terjadi, seperti badai, banjir, hujan ekstrim atau intensitas curah hujan yang cukup tinggi dan angin puting beliung. Oleh karena itu, dapat diartikan bahwa banjir adalah suatu peristiwa yang memperlihatkan air yang terdapat didalam kanal/saluran semakin bertambah sehingga berdampak pada terlampauinya kapasitas kemampuan yang dapat dimuat oleh saluran tersebut.

Bencana yang kerap terjadi di Indonesia seperti gempa, banjir, longsor dan gunung berapi adalah akibat dari curah hujan yang tinggi merupakan kondisi klimatologi serta posisi Indonesia yang terletak pada lingkaran api pasifik dan pertemuan lempeng bumi merupakan kondisi geografis. Beberapa kebijakan dan upaya-upaya untuk memitigasi bencana telah diterapkan oleh Pemerintah Indonesia yaitu salah satunya dengan mengelaborasi pendekatan struktural tetapi hal tersebut seringkali

menimbulkan banyaknya kerugian materil dan jiwa apabila terjadi bencana, terutama bencana yang disebabkan oleh banjir yang dahsyat yaitu banjir bandang.

Banjir bandang yang sering melanda Indonesia akhir-akhir ini menjadi perhatian para ahli/peneliti di bidang hidrologi dengan tujuan agar tidak mengakibatkan bencana alam yang dapat merugikan harta dan jiwa manusia. Akibat dari banjir bandang yang terjadi dapat juga merugikan begitu banyak harta benda.

Oleh karena akibat yang ditimbulkan oleh banjir bandang yang begitu dahsyat maka digolongkan sebagai bencana alam yang sangat mengerikan. Berbeda halnya dengan banjir-banjir yang biasa terjadi pada umumnya yaitu hanya meluap dan menggenangi permukiman masyarakat, banjir bandang merupakan banjir yang terjadi dengan intensitas debit air yang sangat besar. Banjir bandang dapat melanda permukiman masyarakat secara tiba-tiba/mendadak dan disertai dengan debit air yang besar dan bercampur dengan lumpur yang tak lain adalah material-material padat, sehingga bisa mengangkut apa saja yang dilalui oleh banjir bandang tersebut. Pada perspektif yang lain, bencana alam dengan tingkat kerugian yang cukup besar adalah banjir bandang. Kerugian yang dapat ditimbulkannya dapat dilihat dari sisi materil, bahkan tak menutup kemungkinan dapat menimbulkan korban jiwa yang banyak serta akibat pasca banjir pula ditunjukkan dengan kerusakan lingkungan dan lingkungan juga sangat kotor. Pada pengalaman-pengalaman sebelumnya angka kematian (korban jiwa) akibat banjir bandang tebih besar dibandingkan bencana-bencana alam lainnya. Agar dampak yang ditimbulkan tidak terlalu banyak oleh banjir bandang baik kepada masyarakat maupun pemerintah maka tugas kita untuk jangka panjang adalah berupaya menanggulangi dan mencegah agar supaya banjir bandang bisa diantisipasi secara dini.

Dampak yang sering tersorot jika banjir bandang yang terjadi secara masif dan cepat adalah dampak ekonomi, di mana dampak yang ditimbulkan adalah berupa materil yang sangat tinggi seperti harta benda yang hilang dan terjadi kerusakan pada bangunan tempat tinggal masyarakat (hilang karena hanyut dan rusak), infrastruktur umum seperti jalan dan jembatan yang sangat membutuhkan biaya rehabilitasi dan perbaikan yang besar. Selain itu, kerusakan infrastruktur umum akan berdampak pula pada terjadinya pemisahan suatu kawasan pemukiman. Hal tersebut tentu dapat meningkatkan biaya untuk penyelamatan dan pemberian bantuan yang menjadi rumit dan mahal. Dampak yang lain pula dari banjir bandang adalah mata pencaharian masyarakat yang hilang dalam jangka yang cukup lama serta ekonomi masyarakat yang lumpuh yang berimplikasi pada proses pemulihan dan perbaikan yang begitu kompleks akibat terjadinya banjir bandang.

1.2 Definisi Bencana Banjir

Terdapat beberapa macam banjir yaitu banjir lumpur, banjir lahar, banjir bandang, banjir yang disebabkan oleh meluapnya air pasang. Banjir yang membawa air serta material-material seperti sampah dan lumpur yang begitu banyak merupakan salah satu ciri banjir bandang. Banjir yang mempunyai tingkat ancaman yang lebih besar dibandingkan dengan jenis banjir yang lainnya juga merupakan definisi dari banjir bandang yang disebabkan oleh adanya bendungan yang rusak. Banjir bandang juga dapat didefinisikan sebagai peristiwa banjir yang sangat singkat terjadi dalam periode kurang lebih sekitar 6 jam yang dapat diakibatkan oleh hujan dengan intensitas yang cukup tinggi. Banjir bandang ini memiliki karakteristik atau sifat dengan terjadinya kenaikan tinggi muka air yang cepat pada sungai, saluran atau kanal. Banjir bandang terjadi didahului dengan bencana longsor yang diakibatkan oleh hujan yang cukup lebat (Larsen et.al., 2001).

Terjadinya genangan akibat debit aliran pada sungai yang secara mendadak membesar, dalam hitungan jam serta mengenai pada daerah yang memiliki elevasi yang rendah, pada lokasi lembah-lembah sungai dan beberapa cekungan, material debris begitu banyak yang terbawa sehingga melewati kapasitas aliran yang menyebabkan limpasan yang mengalir keluar dari badan sungai merupakan pengertian dari banjir bandang (*flash flood*). Hal yang paling mendasar membedakan antara banjir bandang dengan jenis banjir yang lainnya adalah aliran yang cukup besar terjadi berlangsung dalam waktu yang cukup singkat dan berdasarkan pengalaman yang ada terjadi dalam waktu ± 6 jam, merusak lahan yang dilewatinya dan terjadi hampir tanpa peringatan dini. Tinggi gelombang yang terjadi adalah berkisar 3 sampai dengan 6 meter, menerpa daerah-daerah yang dilaluinya dan mengandung material-material debris yang begitu banyak sehingga biasanya menimbulkan banyak korban jiwa. Hujan yang terjadi sangat lebat dan terus-menerus dapat menimbulkan banjir bandang dapat menyebabkan terjadi longsor pada hulu sungai yaitu pada lereng dan tebing yang menyebabkan bencana aliran yang mengandung material debris yang akan terangkut oleh banjir bandang tersebut.

Banjir yang berlangsung dengan dahsyat dan dapat terjadi secara mendadak dan memerlukan waktu yang begitu singkat adalah merupakan banjir bandang. Banjir bandang terjadi dengan didahului setelah terjadinya hujan deras (dalam kurun waktu hitungan menit hingga hitungan jam) yang terjadi dalam waktu yang cepat disebagian Daerah Aliran Sungai (DAS) atau anak-anak sungai yang dimensinya kecil dibagian hulu. Anak sungai di bagian hulu ini memiliki waktu terjadinya (waktu tiba banjir) yang cukup cepat, sehingga debit aliran yang cepat dapat terkumpul di anak sungai yang lainnya.

Banjir bandang dapat terjadi disebabkan oleh adanya intensitas yang besar dari hujan yang deras dan secara terus menerus, pemicu yang lain yaitu robohnya bendungan alam yang terjadi

pada alur hulu sungai, serta runtuhnya bendung, bendungan atau tanggul-tanggul yang dibuat untuk mengendalikan banjir akibat aliran/ arus air yang cukup besar (YPM & JICA, 2011). Tidak seperti jenis-jenis banjir yang sering timbul dan menggenangi permukiman yaitu berupa meluapnya air, banjir yang disertai dengan debit air yang sangat keras, kencang dan dengan waktu yang cukup cepat adalah banjir bandang. Macam-macam banjir yang bervariasi mempunyai karakteristik yang bermacam-macam pula. Banjir mempunyai karakteristiknya sendiri, termasuk juga dengan banjir bandang. Banjir bandang setidaknya mempunyai sifat atau kekhasan yaitu :

1. Mendadak datangnya

Ciri yang paling utama dari terjadinya banjir bandang adalah datang dengan cara yang mendadak. Tingkat kejenuhan air yang cukup tinggi pada suatu badan air di suatu wilayah menyebabkan terjadinya banjir bandang secara mendadak dan dengan volume yang besar dan tidak terjadi secara perlahan-lahan seperti banjir yang disebabkan karena meluapnya air sungai atau saluran.

2. Hujan lebat yang terjadi dalam waktu yang cukup lama

Hujan lebat dengan periode yang cukup lama dan terjadi secara terus-menerus dapat memicu terjadinya banjir bandang. Dengan demikian banjir bandang dapat terjadi setelah didahului dengan hujan lebat dan deras dalam periode waktu yang cukup lama. Berdasarkan waktu kejadiannya banjir bandang bisa terjadi maksimal dalam kurun waktu 6 jam.

3. Banjir yang terjadi dalam kurun waktu yang cukup cepat

Terjadi dalam periode waktu yang cepat, bukan tipe banjir yang dapat menggenangi permukiman masyarakat dalam waktu yang lama namun air dapat juga tergenang pada daerah yang dilewatinya dan pada daerah yang memiliki elevasi yang rendah serta dapat dilihat ketika banjir surut.

4. Tingginya viskositas aliran

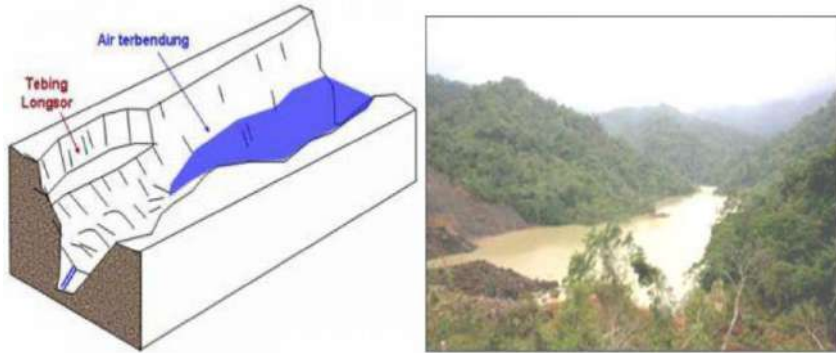
Viskositas atau tingkat kekentalan yang tinggi serta diikuti oleh tingkat kekeruhan yang sangat tinggi pula merupakan salah satu ciri khas dari banjir bandang. Karakteristik ini juga dapat dijadikan sebagai peringatan dini dari banjir bandang yang akan terjadi pada suatu DAS (Daerah Aliran Sungai). Tingkat viskositas juga dapat diukur pada setiap DAS yang ada di Indonesia.

5. Memiliki ketinggian air yaitu 3 meter sampai dengan 6 meter

Banjir bandang datang dengan cara mendadak sehingga dapat menimbulkan korban jiwa. Ketinggian air yaitu 3 meter sampai dengan 6 meter dengan genangan yang terjadi ada tapi sedikit. Dengan ketinggian air yang besar, membawa material debris, waktu yang singkat menyebabkan besarnya kerugian materil.

6. Material debris terbawa oleh banjir bandang

Material-material debris seperti kerikil, batu, lumpur, kayu-kayu bahkan batang pepohonan atau bisa mengganggu pepohonan yang ukurannya kecil bahkan besar dapat terbawa oleh aliran banjir bandang. Material debris yang banyak dapat terangkut oleh aliran banjir bandang sehingga banjir bandang ini tergolong sebagai bencana alam yang menyebabkan kerugian materil yang besar atau biaya perbaikan yang cukup besar. Longsor tebing sungai yang mengakibatkan alur sungai terbandung sehingga berpotensi dapat menyebabkan banjir bandang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Longsor Tebing Sungai yang Mengakibatkan Alur Sungai Terbendung Sehingga Berpotensi Dapat Menyebabkan Banjir Bandang (Nugroho, 2012)

Bencana alam banjir bandang bisa disebabkan oleh ulah tangan manusia atau yang dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar. Bencana alam yang terjadi ini dapat terjadi karena disebabkan oleh berbagai penyebab. Penyebab-penyebab terjadinya banjir bandang ini adalah:

1. Penggundulan hutan dan penebangan pepohonan yang terjadi dan tidak diiringi dengan reboisasi.
2. Bangunan-bangunan liar yang berdiri dan berada di sekitar bantaran sungai dan tidak memperhatikan garis sempadan sungai.
3. Adanya aktivitas masyarakat yang membuang sampah secara sembarangan.
4. Bentuk geometri antara bagian hulu dan hilir yang ada di daerah aliran sungai tidak saling mendukung.
5. Adanya pembentukan bendungan yang berada di hulu sungai.
6. Hujan deras yang terjadi secara terus-menerus atau dalam periode yang cukup lama.

Dari faktor-faktor yang telah disebutkan di atas, terlihat bahwa sebagian faktor merupakan faktor yang disebabkan dari

lingkungan, sedangkan sebagian lainnya merupakan kegiatan yang dilakukan oleh ulah tangan manusia. Oleh karena itu, sesegera mungkin manusia dapat menghindari penyebab tersebut. Sebagai manusia yang mempunyai sikap bijak dan peduli terhadap lingkungan, kita harus melindungi dan merawat alam di sekitar kita agar tetap bisa terjaga, terawat dan terlindungi dari bencana-bencana alam khususnya banjir bandang.

Di Indonesia sering terjadi banjir bandang yang merupakan bencana alam, meskipun terjadinya secara tiba-tiba, namun bukan berarti tidak bisa diperkirakan. Terjadinya banjir bandang bisa diperkirakan dengan cara melihat berdasarkan ciri-cirinya. Ada beberapa ciri-ciri atau tanda-tanda yang menandakan akan terjadi banjir bandang yang dapat mengganggu lapisan atmosfer pada bumi. Ciri-ciri terjadinya banjir bandang antara lain:

1. Menjadi keruhnya air; perubahan pada air sungai yang semula jernih menjadi keruh secara tiba-tiba merupakan salah satu tanda yang menyebabkan akan terjadinya banjir bandang. Tanda ini merupakan tanda yang mudah diketahui hanya dengan melihat secara kasat mata air sungai tersebut sehingga menghindar dari area sungai merupakan pilihan yang sangat tepat, karena risiko dari banjir bandang yang dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa adanya pemberitahuan orang-orang yang berada di sekitar sungai.
2. Ranting pepohonan maupun sampah banyak yang mengalir di sungai; Apabila kita menemukan banyak sampah ataupun ranting pepohonan yang hanyut terbawa arus sungai, maka itu merupakan salah satu tanda akan terjadinya banjir bandang. Jika kita mengamati sebelumnya, ranting dan pohon tersebut semulanya tidak ada.
3. Langit yang berwarna gelap pada bagian hulu sungai; Adanya awan hitam yang terlihat pada bagian hulu sungai, maka itu dapat mengindikasikan akan terjadi hujan lebat

pada daerah hulu sungai merupakan salah satu tanda akan terjadinya banjir bandang. Hujan yang cukup lebat dan deras yang terjadi pada daerah hulu sungai akan memberikan peluang terjadinya banjir bandang. Oleh karena itu, jika kita melihat awan hitam yang ada pada daerah hulu sungai maka sebaiknya menjauh karena hal tersebut dapat berpotensi dan berpeluang terjadinya banjir bandang.

Beberapa hal tersebut dapat mengindikasikan akan terjadi banjir bandang pada suatu DAS. Ketika suatu saat kita menjumpai tanda-tanda atau salah satu dari tanda tersebut maka sudah dapat memberikan isyarat informasi bahwa banjir bandang akan terjadi. Ketika kita tidak bertindak cepat dan peka dalam upaya penyelamatan diri maka akan diperkirakan timbul beberapa risiko nantinya seperti kita terbawa oleh aliran air yang sangat deras dan cepat dari kejadian banjir bandang tersebut.

1.3 Tinjauan Banjir, Kerusakan dan Karakteristiknya

Banjir bandang menjadi perhatian para penulis dan peneliti hidrologi dengan tujuan agar tidak mengakibatkan bencana alam yang dapat merugikan harta benda yang banyak terutama merugikan jiwa manusia. Jonkman (2005) melakukan penelitian dari sejumlah besar peristiwa banjir yang telah terjadi pada setiap benua di seluruh dunia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa banjir bandang yang terjadi dapat menyebabkan sekitar 1.550 korban jiwa per tahun. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa angka kematian akibat banjir bandang lebih besar dibandingkan dengan bencana-bencana alam lainnya. Oleh karena itu, diperlukan beberapa penanganan yang cepat dan tepat untuk menanggulangi atau mengantisipasi banjir bandang yang terjadi. Perubahan tata guna lahan serta dampak dari sosial dan ekonomi pembangunan dapat mengakibatkan kerusakan yang disebabkan oleh banjir bandang. Curah hujan yang meningkat (Groisman. et al, 2004) dan dalam skala universal (Groisman et al., 2005; Beniston, 2009) disebabkan akibat adanya

pemanasan global yang terjadi di seluruh dunia (Huntington, 2006) sehingga dapat menyebabkan peningkatan tingkat frekuensi dan keparahan dari akibat dampak perubahan global pada iklim yang ujungnya dapat berakibat pada meningkatnya volume banjir di setiap daerah (Kleinen dan Petschel- Held, 2007; Beniston et al., 2011).

1.4 Tinjauan Pendekatan dan Metode Penanggulangan Banjir

Pengendalian permasalahan banjir saat ini dapat diupayakan dan diselesaikan dengan metode pendekatan secara struktur maupun pendekatan secara non struktur. Metode pendekatan secara struktur lebih memfokuskan pada meminimalisir frekuensi dan besaran debit banjir dengan contoh melakukan perbaikan sungai/sudetan/ penanggulan/pembangunan waduk di daerah hulu DAS atau kombinasi diantara contoh tersebut, sedangkan metode pendekatan secara non struktur memfokuskan dengan mengurangi risiko yang dapat terjadi seperti kerugian harta benda/jiwa dengan melakukan peramalan dan memberikan informasi secara dini akan terjadinya besaran debit banjir dan waktu terjadinya banjir tersebut, sehingga masyarakat secara dini dapat mengevakuasi diri dan dievakuasi dari lokasi yang akan terkena dampak banjir. Hal yang dibutuhkan Indonesia saat ini dalam menyikapi banjir yang sering terjadi adalah metode pendekatan secara non struktur dan bukan secara struktur. Pendekatan struktural lebih menitikberatkan pada hasil perhitungan banjir secara hidrologi terapan yang lebih sempurna.

Untuk meningkatkan teknologi pengendalian banjir secara non struktural yaitu dapat dilakukan dengan melakukan peningkatan pemahaman berdasarkan pada kejadian yang terjadi di masa lalu, dan dapat memprediksi kejadian yang akan terjadi di masa-masa yang akan datang merupakan sistem peringatan dini dan peramalan terjadinya banjir yang

dibutuhkan saat ini. Oleh karena itu, pemahaman yang dimaksud adalah bagaimana pemahaman dalam teknik monitoring dan peramalan serta peringatan dini banjir dengan suatu sistem teknologi perangkat lunak dan peralatan telemetri yang dapat menunjang sistem peringatan dini yang efektif terlebih lagi jika didukung dengan peran serta masyarakat di daerah tersebut.

1.5 Tinjauan Sistem Penyiapan dan Transmisi Data

Data hidrometeorologi merupakan data yang sangat penting dan harus termonitor secara tepat waktu untuk suatu aktivitas peramalan dan peringatan dini banjir merupakan hal yang utama dalam sistem peramalan dan peringatan dini banjir. Pusat peramalan dengan sistem telemetri bertujuan untuk peramalan yang dilakukan dapat mengontrol situasi hujan di lapangan, memberikan peringatan dan indikator serta ambang batas terhadap intensitas hujan atau akumulasi hujan yang dapat mengakibatkan banjir harus dikaitkan dengan jaringan hujan secara tepat waktu. Model *rainfall-runoff/flood routing/multiple regression* atau kombinasinya dapat dihasilkan dari penyiapan data hujan dan parameter-parameter yang dibutuhkan oleh model dan karakteristik hubungan debit yang terjadi di hulu dan terjadi di hilir yang merupakan input ke dalam pembuatan model tersebut maka peramalan besar dan waktu terjadinya debit banjir dapat diketahui secara komprehensif.

USGS (*U.S Geological Survey*) yang berisi mengenai *Real-Time Surface-Water Monitoring In New Jersey*, 2003 memberikan penjelasan tentang sistem monitoring elevasi muka air yang terjadi pada sungai secara *real time* di New Jersey, sistem yang digunakan ini bertujuan untuk mengawasi dan memberikan peringatan elevasi muka air yang terjadi pada sungai di mana datanya tersebut dapat diakses melalui internet oleh seluruh masyarakat. Data elevasi muka air sungai dan aliran yang terjadi di lapangan dapat diterjemahkan dengan menggunakan

gelombang radio (*Satelite Radio Antena*) untuk dikirimkan ke USGS data sistem dan kemudian diumumkan melalui internet dan dapat diketahui serta dilihat oleh seluruh masyarakat.

Sensor monitoring yang digunakan untuk mengontrol muka air yang telah ditempatkan pada jaringan sungai dapat membantu pengawas lapangan untuk menghasilkan data kondisi banjir serta karakteristiknya secara riil atau nyata sehingga setelah data yang terkumpul tersebut beberapa waktu akan dapat direncanakan dengan teknik penanggulangan banjir yang tepat waktu (Katherine Klingseis, 2014).

1.6 Penutup

Potensi terjadinya banjir bandang diseluruh wilayah Indonesia sangat besar. Oleh karena itu, diharapkan menjadi dasar masukan bagi instansi pemerintah dalam penyusunan suatu kebijakan yang berkaitan dengan penanganan banjir non-struktural di wilayah rawan banjir dengan menggunakan sistem peringatan dini (*Early Warning System*) bahaya terhadap terjadinya banjir bandang sehingga indikasi yang dapat dikembangkan oleh teknologi informasi yang dan bisa dipasang pada pos-pos pengamatan oleh Badan Penanggulangan Bencana pada setiap daerah.

Manajemen Risiko

2.1 Pendahuluan

Dalam setiap pembangunan infrastruktur, tidak ada seorangpun yang bisa memprediksi pembangunannya bisa berjalan dengan lancar tanpa ada kendala. Salah satu kendala yang bisa terjadi adalah terjadinya bencana baik yang disebabkan oleh alam maupun karena *human error*. Oleh karena itu mitigasi bencana perlu dilakukan untuk mencegah akibat yang bisa ditimbulkan pada saat pembangunan infrastruktur.

Salah satu hal penting yang perlu dilakukan dalam mitigasi bencana adalah menerapkan manajemen risiko pada setiap proyek yang dikerjakan. Dengan manajemen risiko diharapkan bisa meminimalkan risiko-risiko yang bisa timbul dan mencegah terjadinya hal yang tidak diinginkan.

Bab ini akan membahas mengenai manajemen risiko, yang berisi antara lain pengertian manajemen risiko, proses manajemen risiko, identifikasi risiko, pengelolaan risiko serta penanganannya dan mengendalikan dan menghindari risiko.

2.2 Pengertian Manajemen Risiko

Sebelum membahas mengenai manajemen risiko, terlebih dulu harus diketahui definisi risiko. Risiko berhubungan dengan ketidakpastian, hal ini terjadi karena kurangnya informasi mengenai yang akan terjadi. Sesuatu yang tidak pasti dapat berakibat menguntungkan atau merugikan. Seperti diartikan oleh **Regan (2003)** bahwa risiko ialah suatu kemungkinan yang menimbulkan atau menyebabkan kerugian atau bahaya.

Didefinisikan oleh Wideman dan Mamduh (2009) bahwa risiko adalah ketidakpastian yang menimbulkan kemungkinan menguntungkan yang dikenal dengan istilah *opportunity*, sedangkan ketidakpastian yang menimbulkan akibat yang merugikan dikenal dengan istilah *risiko (risk)*.

Sedangkan menurut **Emmaett J Vaughan dan Curtis Elliot (1978)** risiko diartikan sebagai kans kerugian (*the chance of loss*), kemungkinan kerugian (*the possibility of loss*), ketidakpastian (*uncertainty*), penyimpangan kenyataan dari hasil yang diharapkan (*the dispersion of actual from expected result*), probabilitas bahwa suatu hasil berbeda dari yang diharapkan (*the probability of any outcome different from the expected*).

Menurut **Mamduh Hanafi (2009)** risiko diklasifikasikan menjadi dua yaitu: risiko murni dan risiko spekulatif. *Pure risks* atau biasa disebut risiko murni merupakan risiko di mana kemungkinan kerugian ada tetapi kemungkinan keuntungan tidak ada. Contoh: kebakaran, kecelakaan, banjir, dan lain-lain. Sedangkan risiko spekulatif merupakan risiko di mana kita mengharapkan terjadinya kerugian dan juga keuntungan. Contoh: membeli saham, usaha bisnis, dan lain-lain.

Di dunia ini, kita pasti menghadapi yang namanya ketidakpastian. Unsur ketidakpastian ini seringkali menimbulkan suatu kerugian. Ini merupakan sifat yang universal, hampir selalu ada pada semua aspek kehidupan manusia. Kerugian atas unsur ketidakpastian ini (risiko) dapat

berwujud dalam berbagai hal aktivitas baik dalam aktivitas ekonomi, sosial, maupun aktivitas hukum.

Untuk dapat menanggulangi segala risiko yang mungkin terjadi diperlukan sebuah proses yang dinamakan sebagai manajemen risiko. Manajemen risiko merupakan kegiatan manajemen yang dilakukan pada tingkatan pimpinan pelaksana, yaitu kegiatan penemuan dan analisis sistematis kerugian yang mungkin dihadapi perusahaan akibat suatu risiko serta metode yang paling tepat untuk menangani kerugian yang dihubungkan dengan tingkat profitabilitas perusahaan.

Menurut Herman Darmawi (2006) manajemen risiko adalah suatu usaha untuk mengetahui, menganalisis, serta mengendalikan risiko dalam setiap kegiatan perusahaan dengan tujuan untuk memperoleh efektivitas dan efisiensi yang lebih tinggi.

Irham Fahmi (2010) mendefinisikan manajemen risiko sebagai suatu bidang ilmu yang membahas tentang bagaimana suatu organisasi atau perusahaan menerapkan ukuran dalam memetakan berbagai permasalahan yang ada dengan menempatkan berbagai pendekatan manajemen secara komprehensif dan sistematis.

Manajemen risiko ini juga merupakan suatu aplikasi dari manajemen umum yang mencoba untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menangani sebab akibat dari ketidakpastian pada sebuah organisasi atau perusahaan. Dengan demikian, manajemen risiko diperlukan guna menghindari dan meminimalisir risiko yang akan muncul atau dihadapi perusahaan.

Menurut Milton C Regan dalam bukunya *"Risk Business"*, pengertian manajemen risiko adalah penerapan beragam kebijakan dan prosedur untuk meminimalisasi peristiwa yang menurunkan kapasitas dan kualitas kerja perusahaan.

2.3 Tujuan dan Manfaat Manajemen Risiko

2.3.1. Tujuan Manajemen Risiko

Tujuan dari manajemen risiko ialah untuk menjamin bahwa suatu perusahaan atau organisasi dapat memahami, mengukur, serta memonitor berbagai macam risiko yang terjadi dan juga memastikan kebijakan-kebijakan yang telah dibuat dapat mengendalikan berbagai macam risiko yang ada. Agar pelaksanaan bisa berjalan dengan lancar maka perlu adanya dukungan dalam menyusun kebijakan dan pedoman manajemen risiko sesuai dengan kondisi perusahaan.

Tujuan manajemen risiko secara umum digunakan untuk dasar agar bisa memprediksikan bahaya atau hal yang tidak menyenangkan yang akan dihadapi dengan perhitungan yang cermat serta pertimbangan yang matang dari berbagai informasi di awal untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

Secara khusus, tujuan dari manajemen risiko ialah:

- a. Agar perusahaan tetap hidup dengan perkembangan yang berkesinambungan.
- b. Menyediakan informasi mengenai risiko kepada pihak regulator.
- c. Meminimalkan kerugian dari berbagai risiko yang *uncontrolled*
- d. Biaya manajemen risiko (*risk management*) yang efisien dan efektif.
- e. Memberikan rasa aman.
- f. Agar pendapatan perusahaan stabil dan mampu memberikan kepuasan bagi pemilik dan pihak lain.

Untuk mencapai tujuannya, terdapat proses pengelolaan risiko yang dimulai dari identifikasi, pengukuran, hingga penanganan

yang dibahas pada buku Mudah Memahami Manajemen Risiko Perusahaan yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut.

2.3.1. Manfaat Manajemen Risiko

Manfaat manajemen risiko adalah sebagai berikut:

1. Membantu Perusahaan Mencapai Visi Misi

Manfaat manajemen risiko perusahaan yang pertama adalah membantu perusahaan mencapai visi, misi, dan tujuan bisnisnya. Tanpa proses manajemen risiko perusahaan yang benar, maka akan kesulitan atau bahkan gagal mewujudkan visi misi.

2. Mencegah Perusahaan Mengalami Kolaps

Poin kedua manfaat manajemen risiko adalah mencegah bisnis mengalami kolaps. Ada banyak faktor yang bisa mengakibatkan bisnis bangkrut, mulai dari faktor pengelolaan finansial sampai *fraud* oleh manusia. Proses manajemen risiko adalah salah satu solusi terampuh guna menghindari kebangkrutan, terutama dari segi keuangan.

3. Meningkatkan Keuntungan Perusahaan

Selain untuk meminimalisasi ancaman, proses manajemen risiko juga bisa dimanfaatkan guna meningkatkan profitabilitas bisnis. Dengan adanya manajemen risiko perusahaan, dapat menganalisa pengelolaan sumber daya yang sekiranya kurang efisien/efektif.

4. Menjaga Kepercayaan Stakeholder

Manfaat manajemen risiko perusahaan yang terakhir adalah agar *stakeholder* terus memberikan kepercayaan, sehingga reputasi bisnis juga akan tetap terjaga. Jika perusahaan terbukti punya nama baik di mata *stakeholder*, akan lebih banyak lagi *stakeholder* datang untuk memulai kerjasama.

2.4 Proses Manajemen Risiko

Penerapan Manajemen Risiko dilaksanakan berdasarkan proses berikut:

1. Komunikasi dan Konsultasi, yaitu merupakan proses berulang dan berkelanjutan antara para pemangku kepentingan untuk berbagi informasi dan melakukan dialog terkait dengan pengelolaan risiko, peran dan tanggung-jawab masing-masing pihak, maupun pemahaman yang baik tentang kriteria pengambilan keputusan.
2. Penetapan konteks, yaitu proses penetapan ruang lingkup, kriteria, batasan, dan parameter yang relevan dan penting yang akan dijadikan sebagai acuan dalam pengelolaan risiko.
3. Asesmen risiko, yang meliputi:
 - a. Identifikasi risiko, yaitu proses menemukan, mengenali, dan mendefinisikan risiko yang melekat pada setiap aktivitas yang dilakukan secara proaktif, sistematis, dan terstruktur berdasarkan informasi yang tersedia.
 - b. Analisis risiko, yaitu proses memahami karakteristik risiko baik secara kualitatif maupun kuantitatif tentang kemungkinan kejadian dan dampak yang ditimbulkan oleh risiko tersebut.
 - c. Evaluasi risiko, yaitu proses pengambilan keputusan penanganan risiko yang akan dilakukan berdasarkan hasil analisis dan kriteria yang ditetapkan termasuk tingkat prioritas penanganan risiko tersebut.
4. Penanganan risiko, adalah proses melakukan tindakan tertentu terhadap risiko berdasarkan pilihan yang tersedia (menghindari, mengurangi, membagi, memindahkan, atau menerima risiko) dan disesuaikan dengan strategi bisnis dengan mempertimbangkan biaya serta manfaat yang paling optimal bagi Perseroan.

5. Pemantauan risiko, dilakukan secara berkelanjutan dan mencakup semua aspek dari proses manajemen risiko di atas untuk menjamin efektifitas dan efisiensi penanganan risiko, memperoleh informasi untuk perbaikan proses dan analisis serta pembelajaran dari kejadian risiko maupun identifikasi risiko-risiko baru yang timbul.

Adapun langkah-langkah dalam proses manajemen risiko yang efektif digunakan adalah:

1. Menghindari Risiko

Membatasi aktivitas pekerjaan dan melewatkan peluang keuntungan. Dengan itu, dapat menghindari konsekuensi kerugian yang disebabkan oleh suatu risiko.

2. Mengurangi Risiko

Dengan mengurangi risiko yang terjadi, bisa dengan cara melibatkan sistem yang baru dan mahal atau dengan proses dan kontrol yang melelahkan. Mengurangi risiko itu sendiri dapat dilakukan dengan cara menyesuaikan aspek dari keseluruhan rencana pekerjaan.

3. Membagi Risiko

Dengan membagi risiko ke pihak ketiga, merupakan salah satu cara paling efektif untuk menangani risiko yang memiliki dampak yang besar. Contoh manajemen risiko dalam langkah ini yaitu risiko yang bisa dibagi dengan pihak ketiga, seperti kerja sama vendor atau mitra bisnis.

4. Menerima Risiko

Dalam menerima atau memepertahankan risiko ternyata ada keuntungan yaitu membebaskan sumber daya untuk fokus pada risiko yang lebih serius. Alasan mengapa strategi perusahaan untuk mempertahankan tingkat risiko itu agar laba proyek yang diantisipasi lebih besar daripada biaya risiko.

Selain langkah di atas, beberapa langkah atau proses yang biasanya dilakukan dalam upaya menangani suatu risiko (*risk management process*) sangat tergantung pada konsep dasar yang dianut. Untuk membuat suatu perencanaan yang baik dalam menghindari risiko yang dihadapi perusahaan, maka beberapa langkah yang harus ditempuh antara lain:

a. Identifikasi Risiko perusahaan

Identifikasi risiko bisa dilakukan dengan bantuan penggunaan *checklist*. Dalam sebuah perusahaan diperlukan metode yang sistematis untuk mengeksplorasi semua segi dari sebuah perusahaan. Metode yang bisa digunakan adalah:

1). Kuesioner analisis risiko (*risk analysis questionnaire*)

Manajer risiko perlu memastikan bahwa informasi yang diperlukan berkenaan dengan harta dan operasi perusahaan tidak ada yang terlupakan.

2). Metode laporan keuangan

Metode ini dilakukan dengan menganalisis laporan keuangan yaitu neraca, laporan laba dan rugi, serta catatan keuangan lainnya. Manajer risiko dapat mengidentifikasi semua risiko yang berkenaan dengan harta, utang, dan personalia perusahaan. Setiap perkiraan, dianalisis secara mendalam berkaitan dengan kemungkinan kerugian yang dapat terjadi dari setiap perkiraan itu.

3). Metode peta aliran

Metode ini akan menggambarkan seluruh rangkaian operasi usaha dimulai dari input sampai output. Checklist dari kerugian potensial digunakan untuk operasi yang terlihat dalam peta aliran sehingga menentukan kerugian yang dihadapi oleh perusahaan yang bersangkutan.

4). Metode inspeksi langsung di tempat

Metode ini digunakan untuk melakukan pemeriksaan secara langsung di tempat di mana dilakukan aktivitas perusahaan. Pengamatan manajer risiko bisa membuahkan hasil mengenai bagaimana kenyataan-kenyataan di lapangan sehingga bermanfaat untuk penanggulangan risiko.

5). Mengadakan interaksi dengan pihak luar

Pihak luar bisa diartikan yaitu mengadakan hubungan dengan perseorangan ataupun perusahaan-perusahaan lain. Terutama pihak-pihak yang dapat membantu perusahaan dalam menanggulangi risiko seperti penasihat hukum, akuntan, konsultan manajemen, dan lain-lain. Mereka dapat membantu dalam mengembangkan identifikasi terhadap kerugian-kerugian potensial.

6). Catatan statistik dari kerugian masa lalu

Catatan ini bisa digunakan untuk evaluasi kinerja. Kinerja yang berpotensi akan menimbulkan kerugian perlu dipantau dan disempurnakan, seperti: kualitas produksi, kualitas pelayanan, dan lain-lain.

7). Analisis lingkungan

Langkah ini sangat diperlukan guna mengetahui kondisi yang mempengaruhi timbulnya risiko seperti konsumen, pesaing, supplier, dan lain-lain. Dalam menganalisis masing-masing komponen, pertimbangan yang penting di antaranya: sifat hubungannya, keanekaannya serta kestabilannya. Seperti contoh: penjualan produk secara langsung atau tidak langsung, dari produsen langsung ke konsumen atau dari produsen melalui grosir, pedagang eceran baru ke konsumen, dan lain-lain.

b. Mengukur risiko

Mengukur usaha dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui relatif tingkat pentingnya dan memperoleh informasi untuk menetapkan kombinasi peralatan **manajemen risiko** yang tepat untuk menangani. Metode untuk mengukur risiko ini antara lain:

1) Metode sensitivitas

Metode sensitivitas merupakan suatu cara pengukuran dampak pada eksposur dari akibat pergerakan variabel suatu risiko. Pengukuran dengan metode sensitivitas ini banyak digunakan karena metode ini paling mudah teknis perhitungannya dan hampir semua analis dan manajer perusahaan pernah melakukan metode sensitivitas terhadap rencana keputusan. Adapun variabel risiko yang dianalisis menggunakan metode sensitivitas antara lain: risiko suku bunga, risiko nilai tukar, risiko pasar, risiko kredit, dan risiko likuiditas.

2) Metode volatilitas

Metode volatilitas merupakan metode yang menunjukkan besaran kemungkinan hasil di sekitar ekspektasi hasil. Volatilitas yang sering digunakan adalah jangkauan (*range*) dan standar deviasi. Perhitungan standar deviasi dapat menggunakan dua jenis data yaitu data historis dan data hasil peramalan.

3) Risiko sisi bawah (*downside risk*)

Risiko dapat memberi dampak positif maupun negatif. Risiko ini hanya mengukur potensi dampak buruk bila risiko menjadi kenyataan. Perlu diingat, terdapat kondisi di mana perusahaan bisa menghadapi risiko yang hanya berdampak positif, tetapi tidak hanya berdampak negatif.

c. Pengendalian risiko

Pengendalian risiko (*risk control*) dapat dilakukan melalui pengendalian risiko dan pembiayaan risiko. Pengendalian risiko dapat dijalankan dengan menghindari ris

Implementasi Penerapan Manajemen Risiko

Penerapan Manajemen Risiko dapat diimplementasikan melalui penyusunan *risk register*. *Risk register* dilakukan oleh setiap Unit Kerja sebagai pemilik risiko (*risk owner, risk taking unit*) yang mempunyai tugas dan tanggung-jawab untuk melaksanakan proses Manajemen Risiko. Penyusunan *risk register* dilakukan dengan mengacu kepada Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) tahun fiskal. *Risk register* ini memuat risiko-risiko yang dihadapi oleh setiap Unit Kerja terkait dengan rencana kerja dan target yang tertuang dalam RKAP masing-masing. *Risk register* tidak hanya mencakup tentang jenis, sumber, penyebab, kemungkinan dan dampak risiko, tetapi termasuk metode mitigasi yang dipilih serta rencana pelaksanaan dan anggaran biaya yang diperlukan.

Dalam pengimplementasian manajemen risiko, hendaknya setiap unit kerja memiliki seorang *Risk Champion*, yaitu koordinator kegiatan Manajemen Risiko di Unit Kerja tersebut. *Risk Champion* bertugas memantau pelaksanaan rencana mitigasi serta melakukan komunikasi, konsultasi, dan pelaporan secara berkala kepada unit kerja yang melaksanakan fungsi Manajemen Risiko. Fungsi Manajemen Risiko bertugas untuk menindaklanjuti setiap perkembangan yang ada, termasuk kemungkinan adanya risiko-risiko baru, dengan melaporkannya kepada Direktur yang membawahi fungsi Manajemen Risiko.

2.4 Penerapan Manajemen Risiko dalam K3

2.4.1. Beberapa Definisi

Sebelum memahami manajemen Risiko dalam K3, ada beberapa definisi yang perlu diketahui, diantaranya adalah:

a. Risiko K3 Konstruksi

Adalah ukuran kemungkinan kerugian terhadap keselamatan umum, harta benda, jiwa manusia dan lingkungan yang dapat timbul dari sumber bahaya tertentu yang terjadi pada pekerjaan konstruksi.

b. Manajemen Risiko

Adalah proses manajemen terhadap risiko yang dimulai dari kegiatan mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko dan mengendalikan risiko.

c. Analisa Risiko (*Risk Analysis*)

Kegiatan yang menguraikan suatu risiko dengan cara menentukan besarnya kemungkinan/probability dan tingkat keparahan dari akibat/*consequences* suatu risiko bahaya.

d. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Menilai suatu risiko dengan cara membandingkannya terhadap tingkat standar risiko yang telah dapat ditoleransi/ditetapkan.

e. Penetapan Pengendalian

Segala upaya untuk meniadakan risiko.

2.4.2. Manajemen Risiko K3

Dalam pelaksanaan manajemen risiko K3, hal penting yang perlu dilakukan adalah penilaian tingkat risiko K3 konstruksi. Penilaian dapat dilakukan dengan memadukan nilai kekerapan/frekuensi terjadinya peristiwa bahaya K3 dengan keparahan/kerugian/dampak kerusakan yang ditimbulkannya.

Dalam penerapan manajemen risiko K3, yang bertanggungjawab dalam penerapan K3 diantaranya adalah penyedia jasa konstruksi. Adapun tugas tanggung jawab penyedia jasa sudah diatur dalam Peraturan Menteri PU No. 05/PRT/M/2014 Pasal 19 huruf J yaitu melakukan pengendalian risiko K3 konstruksi,

termasuk inspeksi yang meliputi: Tempat kerja, Peralatan kerja, Cara Kerja, Alat Pelindung Kerja, Alat Pelindung Diri, Rambu-rambu dan Lingkungan kerja konstruksi sesuai RK3K.

Proses dalam manajemen risiko K3 ini melalui prosedur identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendaliannya. Kegiatannya meliputi:

- 1) Mengakomodasi kegiatan rutin.
- 2) Mengakomodasi kegiatan non rutin.
- 3) Kegiatan semua orang yang memiliki akses di tempat kerja.
- 4) Perilaku manusia, kemampuan dan faktor manusia lainnya.
- 5) Mengidentifikasi bahaya yang berasal dari luar tempat kerja yang dapat mempengaruhi kesehatan dan keselamatan personil di tempat kerja.
- 6) Bahaya yang ada di sekitar tempat kerja dikaitkan dengan kegiatan kerja penyedia jasa.
- 7) Sarana dan prasarana, peralatan dan bahan di tempat kerja yang disediakan oleh penyedia jasa atau pihak lain.
- 8) Modifikasi pada SMK3 termasuk perubahan sementara dan dampaknya pada operasi, proses dan kegiatannya.
- 9) Beberapa kewajiban perundangan yang digunakan terkait dengan penilaian risiko dan penerapan pengendaliannya.
- 10) Desain lokasi kerja, proses, instalasi, mesin/peralatan, prosedur operasi dan instruksi kerja termasuk penyesuaian terhadap kemampuan manusia.

Adapun Risiko K3 yang bisa terjadi terbagi dalam 3 kategori, yaitu risiko tinggi, risiko sedang, risiko rendah.

Risiko Tinggi, mencakup pekerjaan konstruksi yang pelaksanaannya berisiko sangat membahayakan keselamatan umum, harta benda, jiwa manusia, dan lingkungan serta terganggunya kegiatan konstruksi.

Risiko Sedang, Mencakup pekerjaan konstruksi yang pelaksanaannya dapat berisiko membahayakan keselamatan umum, harta benda dan jiwa manusia serta terganggunya kegiatan konstruksi.

Risiko Kecil, mencakup pekerjaan konstruksi yang pelaksanaannya tidak membahayakan keselamatan umum dan harta benda serta terganggunya kegiatan konstruksi.

Sedangkan tingkat risiko K3 dapat diklasifikasikan terhadap beberapa faktor, yaitu:

- a. Risiko Terhadap Orang, bisa menyebabkan:
 1. Meninggal/cacat tetap
 2. Luka/sakit berat
 3. Luka/sakit sedang
 4. Luka/sakit ringan
- b. Risiko terhadap Harta Benda, meliputi:
 1. Rusak total
 2. Tidak berfungsi
 3. Rusak masih berfungsi
 4. Rusak
- c. Risiko terhadap Lingkungan, dapat menyebabkan:
 1. Rusak total jangka panjang
 2. Rusak, bisa diperbaiki
 3. Rusak
- d. Risiko terhadap Masyarakat
 1. Penyakit
 2. Fasilitas umum tidak berfungsi
 3. Energi umum tidak berfungsi

4. Tidak bisa berusaha

e. Risiko terhadap Proses Kerja

1. Berhenti total

2. Berhenti sebagian

3. Keterlambatan

4. Denda

2.4.3. Pengendalian Risiko K3

Upaya untuk mengendalikan risiko K3 bisa dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah:

1. Eliminasi

Eliminasi adalah mendesain ulang pekerjaan atau mengganti material/bahan sehingga bahaya dapat dihilangkan atau dieliminasi.

2. Substitusi

Substitusi adalah mengganti dengan metode yang lebih aman dan/atau material yang tingkat bahayanya lebih rendah

3. Rekayasa Teknik

Rekayasa Teknik adalah melakukan modifikasi teknologi atau peralatan guna menghindari terjadinya kecelakaan.

4. Pengendalian Administrasi

Pengendalian melalui pelaksanaan prosedur untuk bekerja secara aman.

5. Alat Pelindung Diri

Merupakan alat pelindung diri yang memenuhi standard dan harus dipakai oleh pekerja pada semua pekerjaan sesuai dengan jenis pekerjaannya.

2.6 Penutup

Manajemen Risiko merupakan proses yang harus dilakukan untuk meminimalkan risiko maupun bencana yang bisa terjadi dalam setiap kegiatan baik dalam suatu perusahaan maupun pada setiap proyek yang bisa menjadi penghalang atau terhambatnya suatu kegiatan.

Manajemen risiko juga merupakan cara dalam mengorganisasikan suatu risiko yang akan dihadapi, baik yang sudah diketahui maupun yang belum diketahui atau yang tidak terpikirkan. Oleh karena itu dengan melakukan manajemen risiko, kerugian yang ditimbulkan dari ketidakpastian dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan.

Begitupula dalam pekerjaan konstruksi, penerapan manajemen risiko dapat diimplementasikan dalam K3 konstruksi dengan cara eliminasi, substitusi, rekayasa teknik dan alat pelindung diri.

Kerentanan Kerusakan

3.1. Latar Belakang

Kegagalan sebagai potensi yang dimiliki banyak wilayah Indonesia, meliputi keadaan lingkungan, geografi, geomorfologi, tanah, dan hidrologi menjadikan Indonesia negara yang cenderung akan kerusakan. Kondisi sosial, keuangan, sosial dan negara Indonesia mempengaruhi tingkat risiko kerusakan. Mengingat Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Kerusakan, risiko kerusakan dapat diketahui bahwa potensi kerugian yang ditimbulkan oleh suatu kerusakan dalam suatu ruang dalam jangka waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, kehilangan nyawa, kehilangan perasaan bahwa semuanya baik-baik saja, pembersihan, kerusakan atau kehilangan harta benda, dan gangguan terhadap aktivitas lokal (Emi, 2009).

Kelompok masyarakat tersebut diharapkan memiliki kemampuan yang memuaskan untuk lebih mengembangkan kesiapsiagaan menghadapi kerusakan dan tanggap serta sadar bahwa mereka tinggal di daerah rawan kerusakan. Kesiapan dapat diketahui bahwa tindakan yang menunjukkan reaksi terhadap kerusakan. Faktor yang berperan dalam kesiapan menghadapi musibah dapat diantisipasi oleh pemerintah setempat. Kelompok masyarakat memiliki Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku untuk mengukur tingkat kesiapan. Kesiapan dapat diketahui bahwa bagian penting dari pergantian peristiwa yang dapat dikelola. Apabila perbaikan dilakukan dengan tepat,

upaya kesiapsiagaan kerusakan akan lebih ringan tugasnya (Kharisma , 2009).

Kerjasama daerah dalam upaya pengurangan risiko kerusakan dapat dilakukan melalui sekolah. Melalui pengajaran bencana, individu yang tinggal di daerah rawan bencana memiliki informasi, mentalitas, dan kemampuan tentang kesiapsiagaan kerusakan dan reaksi krisis kegagalan (Sunarto dkk., 2010). Masyarakat yang tinggal di daerah rawan bencana dapat menyesuaikan diri sesuai mitigasi bencana. Menerapkan pemahaman bencana sebagai upaya mitigasi selama bencana, sebelumnya, dan juga setelah kerusakan terjadi.

Mitigasi bencana harus dimungkinkan melalui sosialisasi instruksi formal dan santai. Sekolah sebagai organisasi instruktif formal bekerjasama dengan daerah setempat dalam mengurangi risiko kerusakan melalui pembelajaran. Pelatihan mitigasi bencana di sekolah dapat dilakukan dengan mengkoordinir kegagalan membiasakan diri selama latihan intra-kurikuler dan ekstra-kurikuler. Namun, karena keterlibatan dengan sekolah yang berbeda, instruktur, terutama pendidik, memiliki pengetahuan yang hampir nol tentang tingkat kegagalan dan penurunan risiko kerusakan. Selanjutnya, pendidik tidak memiliki pilihan untuk memberikan bimbingan tentang pengurangan risiko kerusakan kepada siswa melalui pelatihan, terutama dalam pembelajaran, misalnya mencari tahu tentang peragaan kerusakan banjir.

Bambang Indriyanto (2010) dalam buku Pengurangan Risiko Kerusakan di Sekolah yang dikumpulkan Gugus Tugas Pengarusutamaan Pengurangan Risiko Kerusakan dalam Sistem Pendidikan Nasional mengungkapkan bahwa pelatihan kerusakan dapat dipandang sebagai struktur dan upaya Pengurangan Risiko Kerusakan. Pengurangan Risiko Kerusakan dapat dilakukan di sekolah. Hal ini disebabkan oleh:

- a. Mahasiswa (termasuk yang memiliki kebutuhan luar biasa) dapat diketahui bahwa individu-individu dari daerah setempat yang tidak berdaya menghadapi peristiwa kerusakan.
- b. Lingkungan sekolah, khususnya siswa, berperan sebagai spesialis sekaligus komunikator untuk menyebarkan informasi tentang pelatihan kerusakan kepada wali dan keadaan mereka saat ini.
- c. Siswa dapat diketahui bahwa sumber kemajuan dan masa depan negara, jadi mereka harus dilindungi dari berbagai bahaya kerusakan

3.2. Gempa Bumi

Gempa dapat diketahui sebagai bencana yang tidak dapat diantisipasi dan dapat terjadi kapan saja. Misalnya kekuatan gempa tremor seismik bergeser dari kecil sehingga sulit dipercaya menjadi guncangan yang sangat kuat yang dapat merusak struktur dan korban jiwa. Gempa terjadi di hampir semua wilayah Indonesia. Indonesia adalah salah satu negara dengan tingkat kejadian gempa yang tinggi, hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada titik pertemuan 3 lempeng struktur dunia, tepatnya: lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia. Lempeng Eurasia dan Indo-Australia menabrak garis pantai barat pulau Sumatera, ke arah selatan pulau Jawa, ke arah selatan kepulauan Nusa Tenggara, dan menuju ke utara menuju perairan Maluku bagian selatan. Sementara itu, lempeng Australia dan Pasifik bertabrakan di sekitar pulau Papua. Pertemuan antara lempeng-lempeng ini membuat getaran seismik berturut-turut karena tabrakan atau pergeseran lempeng. Sepanjang garis ini, Indonesia dapat diketahui bahwa wilayah yang secara struktural cenderung gempa tremor. (BNPB , 2016)

Dilihat dari sifat-sifatnya yang sebenarnya (pemikiran materi), bumi dapat dibagi menjadi beberapa lapisan sebagai berikut:

1. Kerak

Lambung dapat diketahui bahwa lapisan perifer dari permukaan dunia sebagai batu keras dan dingin setebal 15-60 km. Di kelas tinggi, batuan telah bertahan untuk membingkai tanah. Tanah terbentuk dari lapisan luar daratan yang dibingkai dari batuan. Dasar laut terbentuk dari lapisan luar laut yang sebagian besar dibingkai dari batuan basal.

2. Mantel

Mantel dapat diketahui bahwa lapisan mantel di bawah bagian luar yang bergantung pada ketebalan 2.900 km. Lapisan mantel dapat diketahui bahwa lapisan yang paling tebal. Lapisan ini terdiri dari magma tebal dengan suhu 1.400 °C-2.500 °C. Terdiri dari besi dan mineral SIMA. Ketebalannya sekitar 3,5 SG. Ketegangan dari lapisan di atas membuat lapisan ini umumnya dalam keadaan kuat, namun pada saat yang sama dapat melunakkan batuan. Lapisan terjauh dari mantel, sekitar 200 km, dikenal sebagai astenosfer. Pada lapisan ini tegangan dan temperatur berada dalam kondisi yang wajar sehingga lapisan ini bersifat plastis.

3. Inti Luar Bumi

Pusat planet luar dapat diketahui bahwa salah satu bagian bumi yang melapisi pusat planet dalam. Pusat planet luar memiliki ketebalan 2.250 km dan kedalaman antara 2900-4980 km. Pusat luar bumi terdiri dari besi cair dan nikel dengan suhu 3900 °C.

4. Pusat planet dalam

Pusat bumi dalam memiliki ketebalan 1200 km dan pengukuran 2600 km. Pusat bumi terdiri dari besi dan nikel dalam struktur yang kuat dengan suhu hingga 4800 °C.

Coburn dan Spence mengacu pada Zulfiar (2018), kelemahan ditandai "sebagai tingkat terendah pada komponen tertentu dalam bahaya yang terjadi karena tingkat bahaya tertentu". Kelemahan bangunan dapat diketahui bahwa derajat atau tingkat kerusakan pada komponen pembangunan yang seharusnya terjadi karena tingkat bahaya guncangan tertentu. Kelemahan bangunan dapat diketahui bahwa faktor yang dapat membuat suatu struktur menjadi rusak atau tidak mampu memenuhi pelaksanaan normal jika terjadi guncangan seismik. Persentase normal dapat diketahui bahwa tampilan struktur yang menahan struktur agar tidak meledak jika terjadi getaran. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya untuk mengurangi risiko guncangan (*tremor risk reduction*), salah satunya dengan membuat struktur yang aman terhadap guncangan di daerah rawan gempa (Perdana, 2018).

Subvariabel dan penanda kelemahan yang dicirikan dalam diidentifikasi sebagai berikut:

1. Kelemahan fisik menggambarkan keadaan manusia yang cenderung menimbulkan bahaya gempa. Kelemahan aktual terdiri dari petunjuk-petunjuk: tipologi kemampuan fisik lahan dan sebaran bangunan.
2. Kelemahan sosial penduduk menggambarkan keadaan tingkat keadaan sosial bahkan dengan risiko. Kelemahan sosial penduduk terdiri dari penanda: kepadatan penduduk, jumlah penduduk berusia di bawah lima tahun, tingkat penduduk wanita, dan tingkat penduduk tidak mampu.
3. Kelemahan sosial-keuangan menggambarkan keadaan tingkat keadaan moneter meskipun ada risiko. Kelemahan finansial terdiri dari: tingkat efisiensi budidaya padi yang tergenang, tingkat keluarga pekerja di wilayah perikanan laut, tingkat keluarga yang bekerja di non-agraris, dan tingkat keluarga kurang mampu.

Struktur aman gempa dapat diketahui bahwa struktur yang direncanakan untuk membatasi dampak negatif bagi penghuni dan elemen lingkungan mereka karena adanya getaran seismik (Mandela dan Wanane , 2020). Berikut beberapa standar bangunan tahan gempa menurut Zulfiar , (2018) sebagai berikut:

1. Saat terjadi getaran ringan

Struktur tidak boleh rusak baik pada bagian *non-underlying* atau pada bagian primer.

2. Saat terjadi getaran sedang

Struktur dapat mengalami kerusakan pada bagian non-primernya (atap yang runtuh, sekat yang pecah) namun bagian di bawahnya (segmen, pancaran, sloof) tidak boleh rusak.

3. Saat terjadi guncangan besar

Struktur mungkin mengalami kerusakan pada bagian non-primer dan di bawahnya, namun jiwa atau nyawa penghuni struktur tersebut tetap terlindungi.

3.3. Banjir

Dalam arti sebenarnya, banjir atau dalam hal ini kita tinjau tentang asal kata tsunami berasal dari bahasa Jepang. " Tsu " berarti pelabuhan dan " nami " dapat diartikan sebagai gelombang. Pada umumnya, arus deras dicirikan sebagai gelombang pasang atau gelombang laut yang sangat besar di pelabuhan. Pengaruh negatif dapat berupa guncangan struktural, emisi gunung berapi (memancarkan gunung berapi) di lautan. Lautan, longsoran deras (*land-slide*) di lautan, atau jatuhnya meteor di lautan (Diposaptono dan Budiman , 2005).

Peristiwa kerusakan arus deras dapat diartikan sebagai kerusakan yang ditimbulkan oleh arus gelombang pada suatu wilayah tepi laut atau pelabuhan yang memiliki kondisi lemah terhadap gelombang (Hadi , 1997). Daerah cenderung torrent

dapat diartikan sebagai daerah dengan keadaan sekitar saat itu yang sering atau mungkin mengalami kerusakan gelombang dan telah diakui pernah mengalami serta mungkin mengalami kerusakan gelombang (Choirul, 1998). Tsunami dapat diartikan sebagai gelombang panjang yang terjadi setelah guncangan seismik, getaran laut, letusan gunung berapi, atau serangan meteor di lautan. Derasnya tidak terlihat ketika masih jauh di tengah laut, namun begitulah yang terjadi di tempat dangkal gelombang cepat ini akan semakin membesar.

Kekuatan setiap tsunami konsisten sebagai komponen tinggi dan cepat (Sugito, 2008). Gelombang sebenarnya disebabkan oleh guncangan di dasar laut. Tsunami berangkat melalui longsor di dasar laut, emisi vulkanik kebakaran di lapisan luar dasar laut, dan selanjutnya jatuhnya meteor di laut. Tidak semua getaran seismik di dasar laut bisa menimbulkan gelombang pasang, kecuali jika:

1. Titik fokus gempa berada di dasar laut
2. Kedalaman titik fokus di bawah 60 km
3. Kekuatan gempa lebih dari 7 SR

Salah satu wilayah di Provinsi Jawa Timur yang terkena gelombang pasang dapat diketahui bahwa kawasan depan pantai selatan Kabupaten Banyuwangi. Adanya banjir pada tahun 1994 membuat kerusakan serius di daerah-daerah di sepanjang pantai selatan Kabupaten Banyuwangi. Sesuai informasi Kementerian Riset dan Pengembangan Badan Pekerjaan Umum, yang dikutip oleh Prasetyo (2008), gelombang pasang tahun 1994 di wilayah pantai selatan Jawa Timur telah membawa kemunduran yang menimpa lebih dari 377 individu, menyebabkan sekitar 15 individu hilang. Ruh, individu yang dirugikan sebanyak 789 individu. Sementara kerusakan fisik rumah mencapai 992 rumah dengan kelas kerusakan ringan hingga kerusakan berat dan mengakibatkan kekurangan kapal nelayan di sepanjang pantai selatan hingga 340 buah.

Lebih jelasnya dijelaskan pula oleh Prasetyo (2008) bahwa terdapat perbedaan ketinggian gelombang dan jarak aliran sungai ke daratan, antara lain: tinggi gelombang 6,9 meter dengan jarak ke sisi laut mencapai 300 meter terdapat di Grajagan . sedangkan di Lampon tinggi gelombang mencapai 11 meter dengan jarak 300 meter ke pusat. Untuk sementara di kawasan pantai Pancer tinggi gelombang mencapai 11 meter dengan jarak sampai 300 meter ke daratan, di Rajegwesi tinggi gelombang mencapai 14 meter dengan jangkauan 150 meter.

Informasi tentang status kawasan tepi pantai sangat penting, terutama untuk memberikan pemahaman kepada daerah tersebut dan lebih mengembangkan kesiapan (kesadaran) kondisi lingkungan di daerah rawan kerusakan (Marfai et al 2008b; Marfai dan Khasanah 2009, Marfai 2011a). Informasi dan pemahaman tentang keadaan fisik, sosial dan sosial suatu wilayah yang lemah terhadap kerusakan gelombang akan memberikan kontribusi data dan informasi yang sebanding dengan upaya penurunan risiko kerusakan. Informasi dan pemahaman tentang keadaan suatu wilayah dapat dikonsentrasikan tanpa henti melalui penerjemahan informasi geospasial, untuk situasi ini misalnya informasi peta bumi, simbolisme satelit, dan lain- lain (Marfai dan Sekaranom 2012). Selain dapat digunakan untuk pemeriksaan kelemahan (Hizbaron , et al., 2010), pemahaman keadaan dapat digunakan untuk penyusunan program kesiapan.

Dalam eksplorasi Kameda (2011) diungkapkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi Derajat lemahnya aliran sungai dapat diketahui bahwa ketinggian, kemiringan muka air, gelombang pasang surut, dan ketebalan populasi. Dalam Mardiyanto (2013) variabel acuan yang mempengaruhi derajat kelemahan aliran sungai dapat diketahui bahwa run-up gelombang, ketinggian, jarak daratan dari garis pantai, ada tidaknya aliran sungai, penggunaan lahan, dan ketebalan populasi. Dalam Sengaji (2009) dinyatakan bahwa variabel yang

mempengaruhi derajat kelemahan terhadap arus deras dapat diketahui bahwa run-up gelombang, ketinggian, kemiringan muka pantai, morfometri tepi laut, penggunaan lahan, jarak daratan dari garis pantai, dan pemisahan dari jalur air. Dalam Gersanandi (2013) dikemukakan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kelemahan terhadap arus deras dapat diketahui bahwa ketinggian, jarak daratan dari pantai, penggunaan lahan, kepadatan penduduk, dan ketebalan bangunan. Dalam Eckert (2011) dinyatakan bahwa variabel yang mempengaruhi derajat kelemahan terhadap arus deras dapat diketahui bahwa kenaikan, jenis bangunan, jumlah lantai pada struktur, jarak daratan dari garis pantai. Sedangkan dalam Mishra (2014) dikemukakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi derajat kelemahan gelombang pasang dapat diketahui bahwa run-up torrent, perendaman gelombang pasang, geomorfologi dan geologi.

3.4. Tanah Longsor

Indonesia dapat diketahui bahwa salah satu negara yang sering mengalami kegagalan hidrometeorologi, khususnya kerusakan yang diakibatkan oleh perubahan lingkungan dan iklim. Nugroho (2016) mengungkapkan, telah terjadi 1.681 kerusakan yang membuat 259 orang meninggal dunia, yang mayoritas dapat diketahui bahwa korban longsor. Pasalnya, banyak daerah di Indonesia yang rawan longsor. Ada 918 daerah rawan longsor yang tersebar di berbagai daerah, antara lain Jawa Tengah 327 daerah, Jawa Barat 276 daerah, Sumatera Barat 100 daerah, Sumatera Utara 53 daerah, Yogyakarta 30 daerah, Kalimantan Barat 23 daerah, selebihnya tersebar di NTT, Riau, Kalimantan Timur, Bali, dan Jawa Timur (BNPB, 2012).

Terjadinya longsor sebagaimana ditunjukkan oleh Paimin, Sukresno, dan Pramono (2009) terjadi pada keadaan: 1) tanjakan terjal, 2) adanya bidang geser (kedap air) pada lapisan tanah, dan 3) air tanah di atas lapisan kedap air. Selain itu, Paimin et al.,

(2009) juga menambahkan bahwa ada 2 faktor/penentu terjadinya longsor, lebih spesifiknya: unsur reguler dan faktor papan. Variabel normal meliputi: 1) curah hujan harian selama 3 hari berurutan, 2) tanah, 3) geografi/batuan, 4) adanya cacat/kekurangan/tepi, 5) kedalaman tanah sampai lapisan kedap air; sedangkan faktor administrasi meliputi: 1) tata guna lahan, 2) kerangka, 3) ketebalan permukiman.

Rahman, Purwanto, dan Suprihatin (2014) menyatakan bahwa selain lingkungan dan geotektonik, manusia juga memberikan pengaruh besar. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Kerusakan Geologi (2015) mengatakan bahwa longsor memiliki beberapa efek samping yang terlihat secara alamiah termasuk: terjadi setelah hujan, retakan muncul di tanjakan yang sesuai dengan bantalan tebing, struktur mulai runtuh, pohon atau poros listrik miring, dan pegas baru muncul.

Seperti diketahui, kemiringan lahan dapat dikategorikan sebagai salah satu elemen pemicu terjadinya longsor (Liu, Li, Wu, Lu, dan Sang, 2013). Semakin tinggi kemiringannya, semakin besar potensi terjadinya longsor. Tanah dengan kemiringan yang lebih ekstrim, baik oleh ulah manusia maupun siklus normal, akan membuat kemiringan menjadi parah (Hardiyatmoko, 2006). Menurut Muchlis (2015) pada titik miring tertinggi terdapat lapisan tanah yang permeabel (mudah dilewati air). Membuat air efektif masuk kedalam kotoran. Adanya kekurangan pada suatu ruang juga menjadi pemicu terjadinya longsor.

Pamin et al., (2009) yang menjadi batasan dalam proses *avalanche defenselessness* dapat diketahui bahwa keadaan geografis dan kedalaman regolith. Keadaan topografi salah satunya jenis tanah sangat mempengaruhi terjadinya longsor (Setiadi, 2013). Solle dan Ahmad (2015) juga mengungkapkan bahwa material lumpur, terutama kaolinit dan vermikulit, kondisi terendam akan menjadi memburuk. Hal ini membuat wilayah ini menjadi

wilayah yang rawan longsor. Priyono (2012) mengatakan bahwa tanah dalam jangka waktu perbaikan, misalnya tanah inceptisols dapat diketahui bahwa jenis tanah yang cenderung longsor.

Tingkat kelemahan longsor akan meningkat dengan adanya struktur kerangka dan kegiatan manusia di sekitarnya. Pemotongan tanjakan karena pembangunan jalan dapat membangun timbunan pada lereng, sehingga potensi longsor meningkat. Demikian pula dengan pengembangan danau atau danau ikan di lereng yang curam. Ini dapat memperluas tumpukan pada kemiringan, serta meningkatkan perendaman kotoran oleh air. Curah hujan yang tinggi di ruang yang cenderung longsor, dapat membangun potensi longsor. Sebagaimana di Ibrahim, Harianto, dan Wibowo (2015) bahwa curah hujan dapat diketahui bahwa pemicu terjadinya longsor. Curah hujan fokus ekstrim yang terjadi di daerah dengan kemiringan curam dan goyah dapat memicu terjadinya longsor (Suriadi, Arsjad, dan Hartini, 2014).

Kepadatan penduduk di daerah tertentu juga akan mempengaruhi tingkat kerawanan longsor, karena semakin banyak penduduk maka akan terjadi perluasan timbunan yang didapat oleh lahan, sehingga memperbesar potensi longsor. Gangguan kekuatan miring karena aktivitas manusia yang berbeda di atasnya dapat membangun potensi longsor. Penanggulangan kerusakan harus diselesaikan dengan tepat sebagai akibat dari banyaknya kerusakan yang ditimbulkan. Peraturan No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Kerusakan dimaknai bahwa penanggulangan dapat diartikan sebagai bahwa suatu upaya untuk mengurangi risiko kegagalan baik melalui upaya fisik maupun sosial yang menggabungkan kemampuan daerah dalam mengelola terjadinya kerusakan. Sesuai dengan Permendagri No. 33 Tahun 2006 ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam upaya penanggulangan kerusakan, antara lain: 1) pemberian data dan pedoman daerah rawan kerusakan untuk setiap jenis kerusakan, 2) sosialisasi

untuk meningkatkan kewaspadaan dan kesiapan masyarakat. dalam mengelola kegagalan, 3) memahami apa yang harus dilakukan dan dihindari, serta mengetahui cara menyelamatkan diri jika terjadi kerusakan, dan, 4) pedoman dan pengaturan daerah rawan kerusakan.

3.5. Banjir bandang

Banjir dicirikan sebagai terendamnya suatu tempat karena tumpahan air yang melampaui batas pengambilan air di suatu ruang dan menyebabkan kerugian fisik, sosial dan material. Banjir dapat diketahui sebagai ancaman yang dapat membenamkan suatu daerah. Banjir adalah bencana yang paling sering terjadi dan sangat merugikan, baik menyangkut kemanusiaan maupun ekonomi (Puntodewo , 2003).

Jenis-jenis banjir menurut Hasan , dkk (2013) terdiri atas: (1) banjir genangan, khususnya banjir yang terjadi setelah 6 jam hujan deras membanjiri air dan tanah di sepanjang saluran air yang tidak tahan terhadap perluasan batas air; (2) banjir aliran sungai, khususnya banjir yang melalui siklus panjang dan bersifat sesekali atau tahunan, dan sering disebut sebagai lonjakan kiriman; (3) banjir tepi laut, yang sering disebut banjir mengalir, dapat diketahui bahwa banjir khusus yang terjadi karena efek banjir dan terkait dengan angin topan.

Imran, dkk (2013), Faktor-faktor penyebab banjir, diantaranya: pembangunan bendungan di hulu sungai yang biasanya berbentuk atau dibuat oleh manusia, hujan deras yang terjadi dalam rentang waktu yang sangat lama membuat volume air bertambah , dan wilayah aliran air yang rapat dan curam antara hulu dan hilir.

Banjir dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar. Banjir bandang umumnya terjadi karena penggundulan hutan dan cenderung terjadi di daerah pegunungan (Sudarsono dan Tominaga , 2008). Penyebab terjadinya banjir pada pokoknya antara lain sebagai berikut:

- Curah hujan
- Dampak fisiografis
- Disintegrasi dan Sedimentasi
- Batas jalur air
- Batas rembesan kurang
- Dampak pasang surut

Banjir juga dapat terjadi karena ulah manusia sebagai berikut:

- Perubahan kondisi DAS
- Sampah
- Rembesan metropolitan dan pergantian agraria
- Kerusakan bangunan pengendali air
- Penataan kerangka pengendalian banjir yang tidak tepat.

3.6. Kemarau

Musim kemarau adalah suatu kondisi di mana aksesibilitas air tidak dapat mengatasi masalah air sehingga menyebabkan terjadinya kelangkaan air. Keanehan ini terjadi ketika terjadi penurunan curah hujan dalam rentang waktu yang cukup lama. Indonesia sebagai wilayah yang umumnya tidak berdaya menghadapi musim kemarau karena dipengaruhi oleh beberapa unsur. Pertimbangan utama yang mendorong kemarau panjang Indonesia dapat diketahui bahwa titik di mana posisi matahari berada di belahan utara dunia. Tempat matahari menyebabkan perkembangan udara dari sisi selatan khatulistiwa menuju bagian utara karena perbedaan tegangan gas. Udara mulai dari belahan bumi bagian selatan kering atau tidak mengandung uap air karena udara melewati gurun pasir di Australia dan lautan yang sempit sehingga Indonesia mengalami musim kemarau (Arnoldussen , 2013).

Satu lagi hal yang menyebabkan Indonesia mengalami kemarau yaitu El Nino Southern Oscillation (ENSO). ENSO terjadi ketika suhu di Samudra Pasifik bagian timur dan fokus meningkat sehingga tekanan pneumatik rendah. Hal ini tidak sama dengan Indonesia yang memiliki regangan tinggi karena terkena hujan badai timur. Perbedaan tegangan gas antara Indonesia dan Samudra Pasifik menyebabkan kabut yang mengandung uap air di Indonesia berpindah ke Samudra Pasifik yang memiliki tegangan pneumatik lebih rendah. Kekhasan ini membuat Indonesia mengalami penurunan curah hujan (Arjasakusuma et al, 2018). ENSO akan semakin terbatas dan meningkat sesuai dengan perubahan lingkungan yang disebabkan oleh penurunan atmosfer yang berbahaya karena akan meningkatkan suhu di permukaan dunia (Riphah , 2015). Penurunan curah hujan yang jarang terjadi akan menyebabkan kemarau di Indonesia, salah satunya di Pulau Jawa. Pulau Jawa dapat diketahui bahwa pulau yang umumnya tidak luput dari musim kemarau, pada tahun 2008 sampai dengan tahun 2018 terjadi 510 kali kemarau atau 55,1% terjadi di Pulau Jawa (Badan Nasional Penanggulangan Kerusakan, 2018).

Penurunan curah hujan terjadi di beberapa wilayah di Pulau Jawa, salah satunya di Kabupaten Temanggung. Efek dari pengurangan curah hujan dapat diketahui bahwa ada beberapa daerah hortikultura yang mengalami musim kemarau. Lahan pertanian yang terletak di Gunung Sumbing dan Sindoro mengalami kemarau karena persediaan dari berbagai sumber air semakin berkurang. Menurunnya pasokan untuk areal pertanian menyebabkan hasil panen terganggu karena kekurangan air. Demikian pula, ada beberapa kecamatan di Kabupaten Temanggung yang mengharapkan puso dengan menanam tanaman yang membutuhkan sedikit air, seperti tembakau dan panen pilihan.

Teknik dan Teknologi Lingkungan

4.1. Pendahuluan

Gempa bumi, badai, gelombang panas dan banjir telah menjadi penyebab utama kematian akibat bencana alam selama beberapa tahun terakhir, yang mempengaruhi semua wilayah di seluruh dunia. Angka terbaru menunjukkan bahwa bencana alam menyebabkan kerugian sebesar \$131,7 miliar pada tahun 2018 dan mempengaruhi jutaan orang di seluruh dunia. Meskipun alam semesta tidak dapat diprediksi, beberapa teknologi diyakini dapat membantu dengan prakiraan dan pencegahan dan memungkinkan responden untuk bertindak lebih cepat dan terkini. Pada tahun 2015, PBB mengatakan bahwa sekitar 90% dari semua bencana alam terkait dengan cuaca. Untuk membantu mengurangi korban jiwa, para ilmuwan saat ini menggunakan beragam alat teknologi untuk mengantisipasi bencana alam dengan lebih baik dan meningkatkan prakiraan cuaca. Salah satu hal utama yang selalu ingin dilakukan adalah meningkatkan prediksi cuaca secara global untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya terhadap populasi, memungkinkan populasi menjadi lebih tangguh dalam menghadapi cuaca berdampak tinggi.

Dengan kemajuan teknologi seperti kecerdasan dalam membuat dan mempelajari mesin akan memudahkan para ilmuwan untuk memproses dan menafsirkan data dalam jumlah besar, prediksi cuaca dan dampaknya terhadap populasi kini dapat ditangani dengan lebih baik.

4.2. Studi Tentang Bencana

Selama tahun 1970-an sejumlah ilmuwan sosial, termasuk sebagian besar antropolog dan ahli geografi, mulai mempertanyakan cara-cara yang tepat dalam memahami bencana alam, (Varley, 1994). Menurut Albala-Bertrand (1993), sebagian kecil dari bencana alam telah dicatat secara teknis. Meskipun studi tentang bencana secara historis dan kronis dirasa masih kurang dan tidak terorganisir, tetapi masih ditemukan referensi tentang banjir di Lembah Nil, (Moret, 1972), (Waterbury, 1979), letusan gunung berapi di Pompeii, (Corti, 1951), (Trevelyan, 1976), gempa Kermanshah di Iran pada abad keenam, (Eslami, 1991), kelaparan dan wabah hitam di Eropa di abad keempat belas, (Gasquet, 1908), gempa bumi besar di Lisbon pada 1755, (Kendric, 1956), banjir parah di Bangladesh, (Choudhury, 1988), kelaparan di Irlandia abad kesembilan belas, (Edwards dan Williams, 1957), (Woodham-Smith, 1962).

Banyak negara berkembang menderita karena *teknologi*, misalnya kasus Bhopal di India atau bencana 'alam', misalnya gempa bumi di Iran, banjir di Bangladesh yang terjadi hampir setiap tahun. Selain dari faktor geografis dan alam, peralihan teknologi yang tidak tepat atau teknologi yang tidak berkelanjutan ke negara-negara berkembang membawa sejumlah krisis; Kahen (1995); Meshkati (1989); Meshkati & Robertson, (1986); Perrow (1984). Meskipun beberapa dari peristiwa berbahaya ini menyebabkan kerusakan lokal yang tidak diinginkan, namun dampak lingkungan dalam jangka pendek juga akan mempengaruhi lingkungan secara global dalam jangka panjang misalnya ledakan tangki gas cair di kota Meksiko,

bencana pabrik pestisida di Bhopal, ledakan pembangkit listrik tenaga nuklir Chernobyl di bekas Uni Soviet.

Beberapa kejadian bencana di atas, jelas menunjukkan adanya hubungan langsung antara besarnya kehancuran lingkungan yang disebabkan oleh bencana alam dengan peningkatan ekonomi dan pembangunan sosial. Ini berarti bahwa masyarakat yang paling rentan terhadap dampak bencana alam adalah masyarakat pada lapisan dan sektor sosial terendah di negara berkembang, Cannon (1994), Cuny (1983), Hewitt (1983), Kreimer & Munasinghe (1992), Parker (1992), Torry (1986). Dengan kata lain, semakin tinggi level pembangunan, semakin kecil jumlah kematian, cedera, kehilangan, dan juga semakin rendah kerugian material. Dampak dari bencana dapat dikurangi melalui upaya kesiapsiagaan, mitigasi dan tindakan manusia pasca-kejadian. Secara umum, mayoritas orang di sebagian besar negara-negara dunia ketiga rentan karena dua masalah mendasar: Pertama, kurangnya kesiapsiagaan atau ketidaksesuaian langkah-langkah yang diambil, misalnya pada tingkat perlindungan. Kedua, kurangnya tingkat penghidupan dan ketahanan. Dalam kasus ini, ada sejumlah faktor yang bertanggung jawab seperti dari aspek teknis, keuangan yang tidak memadai, sumber daya, Kahen (1989), Kahen & Sayers (1995), infrastruktur yang tidak tepat, masalah transfer teknologi, Kahen (1995), sektor informasi yang lemah, kemampuan teknologi rendah, kesadaran nasional rendah, Kahen (1995), tidak tersedianya tenaga ahli dan tidak melembaga dalam sistem pendidikan. Studi ilmiah tentang bencana alam baru dilakukan secara sistematis pada abad ini oleh kebanyakan ahli geografi dan sosiolog. Kajian khusus tentang bencana di dunia ketiga sebagian besar telah dilakukan oleh ahli geografi; misalnya Burton dkk. (1978), Hewitt (1983), Oliver-Smiths (1986). Sekarang ini kajian tentang kebencanaan telah dilaksanakan di sejumlah universitas dan lembaga penelitian di seluruh dunia termasuk organisasi pemerintah dan non-pemerintah.

4.3. Peran Teknologi dalam Penanggulangan Bencana

Bencana mempengaruhi setiap aspek masyarakat, dari internasional hingga kota-kota lokal. Apakah itu di tingkat (internasional, nasional, negara bagian, kota) yang menurut catatan paling kritis, khususnya dalam konteks bagaimana teknologi dapat membantu dalam tanggap bencana?

Harapan tentang di mana dan bagaimana teknologi dalam tanggap bencana dapat diimplementasikan bervariasi dari satu tempat ke tempat lain. Satu hal yang menjadi perhatian adalah bahwa pengenalan solusi teknis tidak pernah menjadi tujuan akhir dalam tanggap bencana. Teknologi yang terbukti tetapi kurang mewah mungkin tidak menarik, karena umumnya memiliki penghalang masuk untuk mengakses. Sebagai contoh SMS (sistem pesan singkat), teknologi ini didukung oleh setiap telepon di pasar secara *default*, dan *gateway* telekomunikasi di tingkat lokal dapat menyampaikan pesan ketika jaringan listrik kembali. Teknologi itu dirancang agar tangguh, dan sistem dapat menangani sejumlah besar pesan saat layanan internet tidak tersedia.

Juga perlu diingat bahwa pengguna teknologi bukan hanya yang paling rentan, tetapi meluas melalui seluruh rantai komando dan kontrol dalam respon bencana. Di tingkat regional, ada usaha antara protokol yang ada dan cara pertukaran informasi yang perlu ditangani lintas batas. Terkadang doktrin-doktrin ini benar-benar ditinggalkan karena situasi di lapangan bisa sangat mengerikan sehingga tim respons hanya mengambil apa pun yang tersedia untuk mereka. Karena itu, agar teknologi menjadi efektif, kerja sama antara responden, pengguna, dan penyedia sejak tahap awal pengembangan adalah prioritas utama.

Apa saja cara teknologi dapat dimasukkan ke dalam tahap penghindaran dan perencanaan jangka panjang dari manajemen bencana, yaitu tahap mitigasi dan persiapan?

Salah satu contoh teknologi yang dimasukkan ke dalam perencanaan jangka panjang adalah bagaimana produsen mobil menggunakan data yang dikumpulkan dari armada mereka untuk membantu mengidentifikasi jalan operasional setelah gempa bumi. Kasus tersebut adalah contoh yang sangat baik dari sektor swasta yang telah memiliki basis pengguna yang solid yang dapat digunakan kembali pada saat krisis, dan berhasil. Mobilitas setelah bencana selalu menjadi masalah yang sulit untuk diatasi di mana pun di dunia dan menimbulkan pertanyaan di tingkat infrastruktur. Menyediakan informasi yang tepat waktu dan akurat dapat sangat bermanfaat bagi fase mitigasi, tetapi dalam tahap kesiapsiagaan jangka panjang, perencanaan skenario yang baik sangat penting. Sejumlah besar data mobilitas yang dikumpulkan oleh produsen mobil dapat diteliti lebih lanjut untuk mencerminkan apa yang salah ketika evakuasi kelompok yang terkena dampak tidak dapat dihindari.

Mitigasi bencana seharusnya tidak menjadi masalah untuk di renungkan, tetapi penggabungan solusi teknologi membutuhkan dasar "legitimasi" baik di masa aman maupun krisis. Akan jauh lebih berkelanjutan jika kita memikirkan prosesnya. Salah satu contoh yang baik adalah bagaimana teknologi drone yang memindai dan membuat kontur bangunan 3D untuk konstruksi dapat digunakan kembali untuk tim penyelamat saat mereka perlu menjelajah ke lokasi yang hancur untuk mengidentifikasi area yang paling terkena dampak bencana.

4.4. Sistem Pencegahan dan Manajemen Kebencanaan

Tinjauan singkat literatur menunjukkan bahwa tidak berkurangnya dampak yang diakibatkan dari bencana disebabkan karena tidak tepatnya kebijakan yang diambil dan tidak tersedianya pengetahuan yang memadai atau tidak adanya para ahli dan pusat penelitian untuk studi bencana di suatu negara. Hal ini dapat memicu meningkatnya keparahan bencana, yaitu potensi intensitas dan cakupan bencana, kerentanan fisik

dan social. Dengan kata lain, tidak adanya pengetahuan dan fasilitas yang dilembagakan dalam pencegahan dan pengelolaan bencana menyebabkan kerusakan fisik lebih lanjut dan kerugian sosial-ekonomi di negara-negara tersebut. Situasi bencana merupakan perpaduan dari dua rangkaian peristiwa yang tidak dapat dipisahkan, yaitu dampak dari bencana terhadap sistem tekno-ekonomi dan sosial, dan kesiapan serta tanggapan masyarakat terhadapnya. Jelas bahwa faktor utama dari bencana alam adalah manusia itu sendiri. Dampak bahaya yang ditimbulkan sangat besar yaitu membuat semua orang kehilangan keseimbangan sehingga akan mendorong orang serta semua kelompok dan organisasi akan terlibat di dalamnya, (Kahen G, 1996).

Kegiatan yang dilakukan manusia dapat mengurangi atau meningkatkan dampak alam bencana. Selain itu, beberapa faktor lain yang berpengaruh diantaranya: budaya, sosial-ekonomi dan politik. Ukuran kerentanan tergantung pada tingkat kesiapan, yaitu perlindungan sosial, ketahanan (yaitu kekuatan dan pemulihan mata pencaharian), pendidikan, kesehatan publik dan tindakan pencegahan. Dalam rangka meningkatkan pengetahuan tentang kebencanaan dan keselamatan individu dan publik maka pendidikan publik adalah penting. Misalnya dalam hal perlindungan lingkungan, cakupan pendidikan lingkungan yang telah dilaksanakan di semua jenjang (mulai dari sekolah dasar hingga universitas). Dalam sistem pendidikan nasional, Swedia adalah contoh yang berhasil secara detail melakukan kegiatan pendidikan tersebut, (Martin et al. 1993). Menurut **rasionalitas**, untuk mencapai tingkat keandalan yang wajar dalam membuat kebijakan, perencanaan, pelaksanaan, dan mitigasi bencana, maka sangat diperlukan pembentukan secara nasional sistem pencegahan kebencanaan dan pengelolaan. Sistem seperti ini melibatkan elemen-elemen yang efektif dan akan meningkatkan kesiapsiagaan dan juga mengurangi kerentanan dalam suatu negara berkembang yang rawan

bencana alam. Urgensinya adalah menekankan pada pelatihan dan ketersediaan tenaga ahli. Ketersediaan pakar yang berkualifikasi dan berkualitas akan memberikan cukup pengetahuan dan pemahaman yang lebih baik yang akan mengarah pada strategi yang berhasil untuk mitigasi bencana itu sendiri.

4.5. Jenis-Jenis Bantuan Teknologi di Lokasi Bencana

Belakangan ini, teknologi telah digunakan untuk mempercepat upaya bantuan bencana. Misalnya, drone dan robot telah digunakan untuk menemukan korban dan mengirimkan informasi ke tim darurat. Mereka juga telah digunakan untuk menjatuhkan bantuan kemanusiaan. Proyek SERVAL dikembangkan sebagai tanggapan terhadap gempa Haiti. Teknologi ini memungkinkan ponsel untuk berkomunikasi secara langsung satu sama lain bahkan ketika tidak ada jangkauan jaringan. TERA (*Trilogy Emergency Relief Application*) adalah sistem teks SMS yang dirancang untuk komunikasi dua arah antara lembaga bantuan dan orang-orang yang terkena bencana alam. Teknologi ini telah digunakan sejak gempa Haiti 2010.

Pencari NASA dikembangkan sebagai tanggapan terhadap gempa Nepal 2015. Ini adalah perangkat seukuran koper yang dapat mendeteksi detak jantung manusia di bawah 20 kaki beton padat dan 30 kaki puing-puing.

ALIRT (*Airborne Ladar Imaging Research Testbed*) adalah teknologi yang dapat menghasilkan rendering 3D resolusi tinggi dari medan dan infrastruktur. Antara lain, teknologi dapat membantu mengidentifikasi perubahan populasi di kamp-kamp pengungsi, zona pendaratan helikopter dan kondisi perjalanan jalan. Informasi ini dapat membantu lembaga bantuan untuk mengirimkan sumber daya vital secara efektif, seperti tenda, selimut, air, makanan, dan persediaan medis, (eku).

4.6. Penutup

Perubahan iklim adalah perubahan yang disebabkan, langsung atau tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer global dan perubahan variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu yang sebanding. Perubahan iklim ini yang merupakan akar penyebab dari semua bencana alam yang menghancurkan.

Pentingnya teknologi ilmiah dapat dipahami karena tanpa ilmu pengetahuan dan teknologi, dan campuran dengan disiplin lain, maka tidak akan aman dari bencana alam. Berkat sains dan teknologi, kita sudah tahu banyak tentang bahaya alam dan tentang cara dan sarana untuk menghindari atau mengurangi banyak dari efek bencana. Kematian dan cedera akibat bencana alam dapat dikurangi jika bencana dapat diprediksi dan peringatan dini diberikan kepada orang-orang di zona bahaya. Beberapa teknologi prediksi bencana telah dikembangkan selama bertahun-tahun.

Keandalan suatu penyelenggara penanggulangan bencana ketika secara terus menerus melakukan mitigasi. Hal ini akan berdampak dalam mengurangi risiko bencana serta kemungkinan terjadinya bencana lain.

Konstruksi Struktur yang Kuat

5.1 Pendahuluan

Gempa bumi merupakan peristiwa pelepasan energi potensial dari dalam perut bumi akibat aktivitas pergerakan pelat tektonik dan sampai saat ini, gempa bumi merupakan fenomena alam yang belum dapat diprediksi kapan terjadinya, di mana lokasinya dan berapa besar energi yang akan dilepaskan (Tjokrodimulyo, 1997). Selain itu, gempa bumi menyebabkan ribuan orang meninggal baik secara langsung ataupun tidak langsung, terjadinya kerusakan pada struktur, ledakan gas, kebakaran dan dalam beberapa tahun terakhir ini, telah mengakibatkan kehilangan banyak nyawa di Jepang, Cina dan Indonesia (Parung, 2012). Permasalahan utama pada saat terjadinya gempa bumi adalah kerusakan dan kegagalan pada infrastruktur sipil (Irsyam et.al, 2010) dan salah satu kerusakan yang dominan pada struktur akibat beban gempa, disebabkan oleh perencanaan dan daktilitas struktur yang kurang baik, di mana kedua hal ini menjadi persyaratan penting dan pertimbangan secara ekonomis, sehingga pengaruh energi gempa terhadap bangunan dapat diserap dan disebarkan melalui mekanisme inelastik, tetapi tetap dalam kondisi yang terkendali (Park dan Paulay, 1975).

Sebagai bagian dari portal, struktur kolom harus memiliki kekuatan, stabilitas dan daktilitas yang cukup, untuk dapat meneruskan beban-beban dengan aman ke tanah melalui

fondasi. Selain itu, daktilitas yang terjadi pada kolom beton bertulang sangat ditentukan oleh cara dan mekanisme terbentuknya sendi plastis pada ujung-ujung kolom yang disebabkan oleh kelebihan beban pada saat terjadinya gempa bumi. Sedangkan untuk mengurangi kegagalan pada daerah sendi plastis kolom, dapat dilakukan dengan cara menambahkan jaket (*jacketing*) pada kolom, untuk meminimalkan pekerjaan *jacketing* pada kolom, maka panjang zona sendi plastis yang terjadi pada kolom harus diketahui berdasarkan pertimbangan, bahwa desain harus berbasis pada kinerja kolom dan pengaruh deformasi yang terjadi pada kolom (Jiang et.al, 2014)

Untuk mengatasi kerusakan pada bangunan akibat gempa, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan perkuatan dan perbaikan, karena perbaikan kerusakan saja tidak cukup, sehingga untuk mencegah terjadinya kerusakan dengan penyebab yang sama, dibutuhkan perbaikan kerusakan yang sifatnya dapat mengembalikan kemampuan dan meningkatkan kemampuan struktur atau yang dikenal dengan istilah *retrofit*. Secara umum metode retrofit pada kolom, dapat diklasifikasikan berdasarkan material yang digunakan yaitu, jaket beton, jaket baja, jaket laminasi *ferrocement*, kekangan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* dan kombinasi material lainnya (Ma, et.al, 2016).

Salah satu kendala dalam penggunaan material fiber adalah harga material yang cukup mahal dan memerlukan keterampilan khusus dalam pelaksanaan (Amiruddin, 2014). Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka perlu dilakukan pendekatan menggunakan material kekangan dengan harga yang relatif lebih murah dan mudah didapatkan di pasaran, yaitu *wire mesh*. Alasan lain, *wire mesh* juga cukup fleksibel dalam membentuk pola kekangan seperti kekangan persegi, hexagonal, bulat dan pemasangan *wire mesh* dengan jumlah lapis tertentu dapat menghasilkan nilai daktilitas yang cukup signifikan pada kolom yang dibebani dengan beban siklik, serta dapat meningkatkan

kuat geser kolom (Kadir, 2016). Dewasa ini bangunan terdiri atas beberapa macam yaitu:

1. *Engineering building* adalah bangunan yang didesain dan dibuat berdasarkan prinsip-prinsip *engineering*, sesuai dengan standar yang berlaku.



Gambar 9.1. Contoh *Engineering Building*

2. *Non-engineering building* adalah bangunan yang dibuat berdasarkan pengalaman



Gambar 9.2. Contoh *Non-Engineering Building*

3. Bangunan Tahan gempa adalah bangunan yang apabila:
- Digoyang gempa ringan, tidak mengalami kerusakan apa-apa,



Gambar 9.3. Digoyang Gempa Ringan

- Digoyang gempa sedang, hanya mengalami kerusakan pada elemen non struktural saja



Gambar 9.4. Kerusakan atau Retak pada Dinding

- Digoyang gempa besar, boleh mengalami kerusakan pada elemen non struktural maupun struktural, tetapi bangunan harus tetap berdiri dan tidak boleh rubuh.



Gambar 9.5. Walaupun dalam Bencana Gempa Bangunan Tersebut Tidak Rubuh, Tetapi Mengalami Kerusakan Berat, Sehingga Strukturnya Mengalami Deformasi dan Tidak Layak.

5.2. Kegagalan Kolom Akibat Gempa

Pada umumnya, gempa bumi yang terjadi lebih dominan disebabkan oleh aktivitas pelat tektonik, di mana gempa tektonik selalu membawa ancaman dan potensi kerusakan pada struktur, khususnya pada bangunan-bangunan yang tidak direncanakan dan dibuat berdasarkan standar dan peraturan struktur tahan gempa. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa struktur yang dibangun pada periode tahun 1960-an, 1970-an dan 1980-an memiliki kekurangan pada desain akibat pengaruh gaya lateral dan memiliki daktilitas yang rendah, sehingga hal ini yang menjadi alasan mengapa konstruksi yang dibangun pada era tersebut rawan terhadap gempa (Abdullah dan Takiguchi, 2003; Tsonos, 2008).

Kerusakan yang terjadi pada kolom akibat gempa dapat berupa kerusakan geser, kerusakan pada daerah sendi plastis akibat pengekangan yang kurang memadai dan kerusakan pada daerah sambungan lewatan tulangan. Dari beberapa tipe kerusakan yang terjadi pada kolom, kerusakan geser dianggap sebagai

kerusakan yang paling berbahaya, karena dapat mengakibatkan keruntuhan struktur secara tiba-tiba (Seible et.al, 1997).

5.3. Metode Retrofit

Pada dasarnya kebutuhan untuk merehabilitasi struktur dapat muncul sejak awal tahap konstruksi, sampai akhir masa layan dari struktur tersebut. Pada masa konstruksi, perbaikan struktur dilakukan dengan alasan kesalahan desain atau terjadi kesalahan dalam pelaksanaan. Sedangkan selama masa layan struktur, perbaikan dilakukan dengan alasan karena kerusakan akibat gempa bumi, kebakaran, ledakan, perubahan fungsi struktur dan penyesuaian akibat perubahan standar (Julio, et. al, 2003; Tsonos, 2008). Selain itu, pertimbangan perbaikan pada komponen struktur yang mengalami kerusakan, lebih didasarkan pada pertimbangan ekonomi dan waktu (Ilki, et.al, 2008; Wu, et.al, 2014; Zhou, et.al, 2015; Panjehpour, et. al, 2016).

Pemilihan metode perbaikan dan perkuatan struktur (*retrofit*) tergantung pada tujuan terhadap perilaku struktur, bahwa secara umum tujuan dari *retrofit* adalah untuk meningkatkan ketahanan struktur terhadap beban lateral, serta memperbaiki daktalitas dan hubungan antara ketahanan lateral dengan daktalitas (Williams et.al, 1997). Berdasarkan hal tersebut, maka teknik perkuatan struktur dapat dilakukan dengan cara menambah elemen struktur yang baru atau memperkuat elemen struktur yang ada (Julio, et.al, 2003).

Dari peneltian-penelitian sebelumnya terhadap komponen struktur kolom yang di *retrofit* dengan menggunakan kekangan (*confinement*), membuktikan bahwa perbaikan dengan metode ini mampu mengembalikan kemampuan kolom dalam menerima beban yang bekerja dan meningkatkan daktalitas dari beton yang telah mengalami kerusakan (Stoppenhagen, et.al, 1995; Lehman, et.al, 2001; Iacobucci, et. al, 2003; Gu, et.al, 2012; Ma, et.al, 2016). Metode retrofit dengan menggunakan kekangan pada kolom, diklasifikasikan berdasarkan material yang

digunakan sebagai pengekang yaitu, jaket beton (*concrete jacketing*), jaket baja (*steel jacketing*), jaket lapisan ferrocement (*ferrocement laminate jacket*), kekangan *Fibre Reinforced Polymer (FRP confinement)* dan kekangan kombinasi (Ma, et.al, 2016).

5.4. Pengekangan pada Daerah Sendi Plastis

Daerah sendi plastis pada struktur beton bertulang adalah tempat yang diperbolehkan terjadinya deformasi plastis dan kerusakan akibat gempa, sehingga pada daerah ini harus didesain dengan benar untuk mencegah kegagalan pada struktur akibat gempa (Paulay dan Priestley, 1992; Hines, et.al, 2004; Yuan dan Wu, 2017).

Selama terjadi gempa, daktilitas struktur akan mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Struktur dengan tingkat daktilitas tertentu akan memungkinkan terjadinya sendi plastis secara bertahap pada elemen-elemen struktur yang telah ditentukan dan dengan terbentuknya sendi plastis, maka struktur akan mampu menahan beban gempa maksimum tanpa memberikan kekuatan yang berlebihan pada elemen struktur, karena energi kinetik akibat gerakan tanah dasar yang akan diterima oleh struktur, akan langsung dipencarkan pada sendi plastis tersebut. Selain itu, semakin banyak terbentuknya sendi plastis pada suatu elemen struktur, maka semakin besar juga energi gempa yang akan dipencarkan diikuti dengan penambahan defleksi dan rotasi plastis (Park, 1989).

Untuk mendapatkan kolom yang berperilaku daktail, dapat diperoleh dengan cara memasang kekangan dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kekangan lateral yaitu, persentase tulangan lateral yang terpasang, kuat leleh tulangan lateral, kuat tekan beton, spasi tulangan lateral dan konfigurasi tulangan lateral khususnya pada beton bertulang dengan penampang persegi (Bayrak dan Sheik, 2002 [33]).

Pemasangan kekangan pada daerah sendi plastis memerlukan pengetahuan tentang panjang sendi plastis dan perhitungan terhadap perpindahan yang terjadi (Jiang et.al, 2014). Selain itu, ektifitas dari pemasangan kekangan atau jaket pada daerah sendi plastis pada penampang bulat lebih baik dibandingkan pada penampang persegi, di mana pada penampang persegi sangat dipengaruhi oleh bentuk penampang yang tidak seragam (Wu dan Wang, 2009; Wu dan Wei, 2010).

5.5 Panjang Sendi Plastis

Daerah konsentrasi kelengkungan dapat didefinisikan sebagai daerah sendi plastis. Untuk menentukan panjang sendi plastis bukan hal yang mudah, karena distribusi dari kelengkungan terjadi di sepanjang penampang kolom (Jiang et.al, 2014). Selain itu, panjang sendi plastis yang digunakan dalam perhitungan defleksi secara teoritis, merupakan panjang rotasi plastis yang menyumbangkan rotasi pada daerah sendi plastis secara fisik (Paulay dan Priestley, 1992). Sedangkan sendi plastis yang terjadi pada penampang kolom beton bertulang terdiri dari 3 bagian yaitu, bagian melelehnya baja tulangan, bagian hancurnya beton dan bagian kelengkungan kritis (Zao et.al, 2012).

Hingga saat ini, belum ada literatur atau hasil konsensus secara global yang menetapkan dan menyepakati persamaan untuk menentukan panjang sendi plastis (Jiang et.al, 2014), hal ini disebabkan karena beberapa peneliti meyakini bahwa pemasangan kekangan akan menyebabkan terjadinya peningkatan panjang sendi plastis (Ozbakkaloglu dan Saatcioglu, 2006), tetapi sebaliknya beberapa peneliti lain meyakini bahwa pemasangan kekangan pada daerah sendi plastis akan memperkecil panjang sendi plastis yang terjadi (Priestley, et.al, 1996), Elsanadedy dan Haraoun, 2005; Gu, et.al, 2012; Jiang, et.al, 2014). Selain itu terdapat beberapa peneliti yang meyakini bahwa pemasangan kekangan tidak memberikan pengaruh terhadap panjang sendi plastis yang terjadi (Monti, et.al, 2001; Binici, 2008).

Untuk persamaan panjang sendi plastis (L_p) yang pertama kali diusulkan, diambil sebesar $0,4.H$. H adalah tinggi kolom (Park, et.al, 1982) dan berdasarkan persamaan ini, kemudian berkembang persamaan-persamaan lain untuk menghitung panjang sendi plastis berdasarkan metode eksperimen (Mander, 1983; Priestley dan Park, 1987; Paulay dan Priestley, 1992; Sheikh dan Khoiry, 1993; Panagiotakos dan Fardis, 2001; Ho, et.al, 2003; Berry, 2006; Priestley, et.al, 2007; Biskinis dan Fardis, 2010. Selain itu, juga berkembang persamaan panjang sendi plastis untuk kolom yang diretrofit dengan FRP (Wu dan Wang, 2009; Wu dan Wei, 2010; Gu, et.al, 2012; Jiang, 2014).

5.6 Beton Pracetak

Beton pracetak adalah teknologi konstruksi dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi, dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan oleh metode pelaksanaan serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join. (Pio Ranap Tua, 2008). Beton pracetak merupakan jawaban dari tuntutan pembangunan struktur yang hemat waktu namun belum dapat dipakai secara luas karena sambungan antara elemen-elemennya masih merupakan suatu kendala. Prinsip perencanaan sambungan pada elemen pracetak dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu: sambungan kuat (*strong-connection*) dan sambungan daktail (*ductile connection*). Struktur portal beton bertulang pracetak dianggap memiliki sambungan kuat bila kelelahan hanya boleh terjadi pada bagian struktur selain bagian sambungan antar elemen pracetak. Sedangkan struktur portal dianggap memiliki sambungan daktail bila pada sambungan boleh terjadi kelelahan (jadi di sini

sambungan difungsikan sebagai elemen untuk pendisipasian energi).

1. Kategori Sambungan Pracetak

Untuk struktur rangka beton tiga lantai atau kurang sambungan daktail hanya dapat diletakkan di sepanjang balok atau di dasar kolom. Sambungan daktail tidak diizinkan di kolom dan rangka dengan tinggi lebih dari tiga tingkat kecuali kolom dasar karena mode deformasi elastis yang terjadi dapat menimbulkan respons soft – story yang tidak dapat diterima untuk struktur daktilitas tinggi.

2. Letak Sambungan Pracetak

Tidak ada ketentuan yang baku untuk letak sambungan daktail di balok. Bila respon inelastik terjadi melalui rotasi maka sambungan dapat diletakkan sedekat mungkin terhadap kolom, hal ini merupakan cara praktis untuk meminimalkan kebutuhan sambungan rotasi plastis.

5.7 Penutup

Potensi gempa di Indonesia memang terbilang besar, sebab berada dalam pertemuan sejumlah lempeng tektonik besar yang aktif bergerak. Kemudian interaksi lempeng India-Australia, Eurasia dan Pasifik yang bertemu di Banda serta pertemuan lempeng Pasifik-Asia di Sulawesi dan Halmahera. Kata Sukhyar, terjadinya Bempa juga berkaitan dengan sesar aktif. Di antaranya sesar Sumatera, sesar Palu, atau sesar di yang berada di Papua. Ada juga sesar yang lebih kecil di Jawa seperti sesar Cimandiri, lawa Barat.

Pengaruh gempa harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Gempa rencana ditetapkan

mempunyai perioda ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10 % selama umur gedung 50 tahun.

Teknologi Informasi untuk Penanggulangan Bencana

6.1. Pendahuluan

Kekayaan sumber daya alam Indonesia sangat melimpah. Namun, Indonesia juga berada di wilayah yang rentan terhadap bencana alam. Hal ini diakibatkan karena Indonesia dilalui oleh Cincin Api Pasifik atau yang lebih dikenal dengan Sirkum Pasifik. Sirkum Pasifik adalah sabuk seismik tempat bertemunya banyak lempeng tektonik. Hampir 75 persen gunung berapi di Dunia dibentuk oleh Sirkum Pasifik. Dari 40 gunung berapi yang ada di Sirkum Pasifik, sekitar 60% berada di wilayah Indonesia. Hampir 90% gempa bumi yang terjadi di Dunia berasal dari Sirkum Pasifik. Sehingga, wilayah Indonesia yang dilalui oleh sirkum pasifik rentan akan bencana gunung berapi, gempa bumi, juga bencana alam lainnya akibat aktivitas vulkanis. Tak hanya sirkum pasifik, Indonesia juga dilalui oleh Sabuk Alpide. Sabuk Alpide adalah sabuk seismik yang terbentuk dari bertemunya Lempeng Australia, lempeng Eurasia dan Lempeng India. Hal ini membuat sabuk Alpide menjadi wilayah kedua paling rawan gempa bumi di Dunia. Sabuk Alpide membentang melewati kawasan Mediterania ke arah timur melalui Asia. Kemudian melewati Indonesia di pulau Sumatera dan juga pulau Jawa, dan bertemu dengan sirkum pasifik yang dikenal dengan istilah *ring of fire*. Hal tersebut membuat wilayah Indonesia, dilewati oleh dua sabuk seismik sekaligus yaitu Sirkum Pasifik dan Sabuk

Alpide. Adanya pertemuan Sirkum Pasifik dan Sabuk Alpide membuat wilayah Indonesia khususnya di pulau Sumatra dan Pulau Jawa rawan akan erupsi gunung berapi gempa bumi yang disertai tsunami hingga tanah longsor (Warto, Agus T, Sunit. & Nugroho P, 2002).

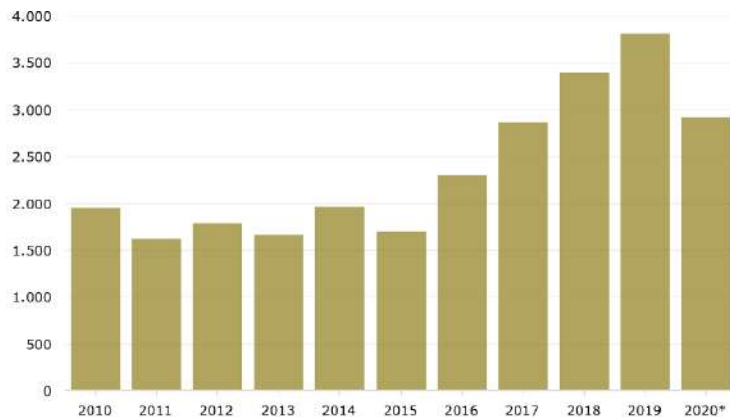
Indonesia dilalui oleh garis khatulistiwa dan berada di wilayah tropis. Wilayah Indonesia banyak terjadi penguapan karena daerah khatulistiwa menerima energi matahari langsung selama rentan waktu yang lama. Hal tersebut menghasilkan lebih banyak curah hujan. Tingginya curah hujan di Indonesia membuat wilayah Indonesia rentan terhadap bencana alam hidrologi seperti banjir, badai siklon tropis, angin topan, angin puting beliung yang kerap terjadi di wilayah khatulistiwa terutama yang dekat dengan Samudra Pasifik. Curah hujan di wilayah Indonesia paling rendah 1.000 mm pertahun hingga paling tinggi 4.000 mm per tahunnya membuat Indonesia rentan akan banjir dan juga longsor. Apalagi, sebagian besar topografi Indonesia khususnya pulau Jawa dan pulau Sumatera memiliki dataran miring tidak stabil dan banyak gunung yang rentan mengalami longsor (Utami, 2022).

Kemajuan perkembangan teknologi yang begitu cepat berbanding lurus terhadap jumlah kejadian bencana alam yang terjadi di Dunia termasuk Indonesia. Perkembangan teknologi dalam hal elektronik, telekomunikasi hingga transportasi memaksa penggunaan energi yang berlebih. Penggunaan energi saat ini masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil dalam hal ini batubara dan minyak bumi. Penggunaan sumber energi tersebut berdampak terhadap perubahan iklim dan cuaca yang terjadi akhir akhir ini. Adanya sisa buangan energi fosil berdampak terhadap semakin banyak CO₂ yang berada di atmosfer bumi yang dapat mengakibatkan efek rumah kaca. Bencana alam yang diakibatkan akibat efek rumah kaca adalah suhu bumi yang semakin meningkat sehingga mengakibatkan mencairnya es di daerah kutub. Pencairan es tersebut menambah

volume air laut sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut yang berdampak pada terancamnya wilayah wilayah pesisir. Sekitar 60% penduduk bumi berada di daerah pesisir sehingga kenaikan muka air laut berdampak langsung terhadap kehidupan masyarakat di daerah pesisir. Selain bencana hidrologi, masyarakat pesisir juga akan terdampak oleh bencana alam lainnya seperti banjir rob, angin kencang hingga abrasi akibat kenaikan muka air laut.

6.2. Bencana Alam Indonesia

Bencana Alam Indonesia seperti banjir, puting beliung dan tanah longsor cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Dalam sepuluh tahun terakhir jumlah bencana terbanyak yaitu 3814 kejadian pada tahun 2019. Korban hilang dan meninggal pada kejadian gempa dan tsunami Palu (Sulawesi Tengah), gempa Lombok (Nusa Tenggara Barat), tsunami selat Sunda mencapai ratusan hingga ribuan korban jiwa serta mengakibatkan banyak kerugian materil.



Gambar 6.1. Bencana Alam di Indonesia Satu Dekade Terakhir
Sumber : (BNPB, 2021)

Kejadian bencana paling sering terjadi di pulau Jawa kemudian disusul pulau Sumatera, sebagai contoh adalah Jawa Barat, hal ini dikarenakan kontur topografi Jawa Barat terdiri banyak bukit

dan pegunungan sehingga mengakibatkan banyak kejadian tanah longsor dan angin puting beliung. Sepanjang 2021 kejadian bencana paling banyak adalah

1. Banjir 1.794 kejadian
2. Cuaca ekstrem 1.577 kejadian
3. Tanah longsor 1.321 kejadian
4. Karhutla 579 kejadian
5. Gelombang pasang dan abrasi 91 kejadian
6. Gempa bumi 24 kejadian
7. Kekeringan 15 kejadian
8. Erupsi gunung api 1 kejadian. (BNPB, 2022).



Gambar 6.2. Bencana Indonesia 2021 (BNPB, 2022)

6.3. Perkembangan Teknologi Informasi

Perkembangan TIK (Teknologi informasi dan komunikasi) yang sudah sangat canggih saat ini memiliki perjalanan sejarah yang panjang, yaitu dimulai dari zaman prasejarah sampai dengan masa kini (zaman modern). Tujuan utama dari pengembangan teknologi ini menyesuaikan dengan perkembangan zaman yang

memaksa segala sesuatu untuk lebih mudah dan instan. Perkembangan teknologi informasi saat ini tak lepas dari penemuan-penemuan hebat masa lalu yakni penemuan komputer dan internet.

6.3.1. Perkembangan Komputer

Komputer awalnya hanya berupa Mesin Analitikal yang mulai dikembangkan pada abad ke-19 oleh Charles Babbage yang menjadi cikal bakal komputer yang digunakan sekarang. pengembangan komputer dari dulu hingga sekarang secara umum terbagi dalam **lima** generasi. Komputer **pertama** dibuat pada tahun 1937 digunakan dalam akademi militer dengan menyelesaikan sistem persamaan linear, seperti Komputer Atanasoff-Berry dan komputer Colossus. Komputer **kedua** dimulai dengan pengembangan berbagai bahasa pemrograman dan memiliki sistem operasi dan memori. Komputer **ketiga** dimulai ketika adanya program Apollo yang dilakukan oleh NASA guna mempermudah jelajah luar angkasa. Komputer **keempat** dimulai pada 1970-an dengan ukuran yang semakin kecil dengan penggunaan mikroprosesor dan menjadi cikal bakal lahirnya ponsel cerdas. Komputer **kelima** masih dalam pengembangan yang dikembangkan oleh Jepang yang lebih berfokus pada penggunaan AI (*Artificial Intelligence*) yang dapat diterapkan untuk mengoperasikan robot (*Brief History Of Computer, 2022*).

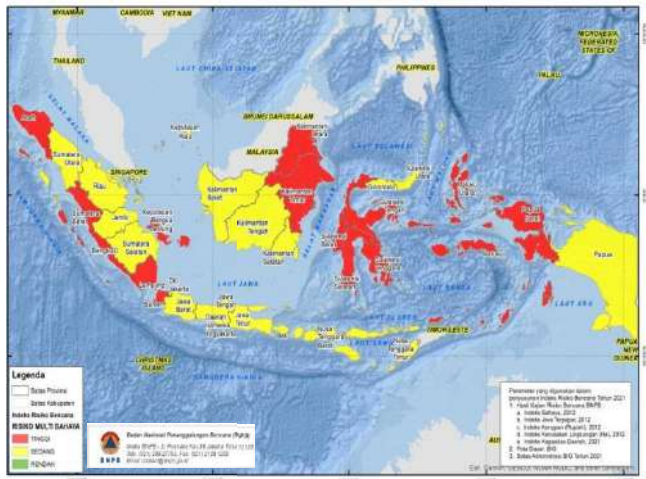
6.3.2. Perkembangan Internet

Internet awalnya dikembangkan oleh Berners Lee dan timnya untuk saling bertukar informasi. Internet tersebut kemudian dikembangkan lagi oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat atau DARPA pada tahun 1969 dengan membuat penelitian bernama ARPANET. Internet dirancang sebagai jaringan organik untuk komputer yang mirip tubuh manusia untuk saling terhubung. Departemen Pertahanan Amerika Serikat (DARPA) mengembangkan komputer hanya untuk

digunakan dikalangan militer. Namun, pada 1990-an, pengguna *internet* diperluas untuk masyarakat umum dengan program pencari yang disebut “*www*” atau “*World WideWeb*” Di Indonesia, *internet* berkembang mulai 1990-an dengan dipelopori oleh RMS Ibrahim dkk (Lubis and Safii, 2018).

6.4. Teknologi Informasi dalam Mitigasi dan Penanggulangan Bencana

Bencana alam adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi oleh manusia yang dapat terjadi kapan pun dan dapat menimpa siapa pun. Bencana tidak dapat dihindari namun mitigasi bencana diperlukan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan seperti jatuhnya korban jiwa serta kerugian materi yang berlebih. Perkembangan teknologi yang saat ini dan adanya teknologi 5.0 dapat memudahkan mitigasi bencana. sistem informasi untuk mitigasi bencana seharusnya bisa menjadi pedoman bagi pemangku kepentingan, khususnya pemerintah daerah untuk memperkuat ketahanan dan manajemen risiko bencana (Ahmad, 2012).



Gambar 6.3. Peta Indeks Risiko Bencana Indonesia 2021(Asfirmanto, 2021)

Hasil perhitungan indeks risiko bencana tahun 2021 menunjukkan 44% wilayah Indonesia berada pada kelas risiko bencana tinggi dan 56% berada pada kelas risiko bencana sedang dan tidak ada yang berada pada risiko bencana rendah. Wilayah yang berisiko paling tinggi yaitu Sulawesi Barat Sementara itu wilayah terendah (kelas sedang) adalah DKI Jakarta. Dari hasil perhitungan tersebut diperlukan sistem mitigasi bencana yang memadai di wilayah Indonesia agar kerugian akibat dampak bencana dapat diminimalisir semaksimal dan sebaik mungkin (Asfirmanto, 2021).

6.4.1. Penggunaan Teknologi GIS

Teknologi GIS (*Geographic Information System*) merupakan sistem informasi geografi dengan bantuan citra satelit untuk melihat kondisi terkini bencana yang terjadi di lokasi secara *real time* dengan cepat hingga hitungan detik. Teknologi GIS dapat digunakan untuk memastikan strategi sistem tanggap darurat bencana dan mitigasi bencana skala besar seperti hilangnya pesawat MH370, kemungkinan serangan teroris di Las Vegas dan letusan Gunung Agung. Teknologi ini juga menghadirkan sistem pendukung pengambil keputusan cangguh yang membantu responden untuk melakukan penilaian terhadap tingkat kerusakan secara cepat, mengidentifikasi populasi yang terancam bahaya dan mengenali wilayah-wilayah berbahaya.

Teknologi *Geographic Information System* (GIS) dapat pula digunakan secara luas oleh pemerintah untuk strategi tanggap bencana seperti gempa bumi, gunung meletus, tanah longsor, banjir dan kekeringan serta tsunami. Pengungkapan berbagai informasi oleh GIS dapat dengan cepat dan tepat ke pusat komando yang tersebar di berbagai wilayah dan kota. Sehingga memudahkan semua pihak dapat mengambil keputusan mengenai respon terbaik pada kejadian penting dan darurat (Suratman, 2018).

6.4.2. Inovasi Teknologi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi sebagai penyelenggara IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) di Indonesia telah mengembangkan Ekosistem inovasi teknologi kebencanaan antara lain:

- Sistem peringatan dini multi-ancaman berbasis komunitas,
- Sistem peringatan multi ancaman (*global multi-hazard alert system*).
- Peringatan bencana berbasis risiko (*risk-based warning*)
- Peramalan bencana berbasis dampak (*impact-based forecasting*)

Melalui unit kerja Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana (PTRRB), BPPT memiliki berbagai inovasi teknologi kebencanaan yang siap diterapkan antara lain deteksi dini terpadu tsunami (InaTEWS), deteksi bencana longsor (*Landslide Early Warning System/LEWS*), deteksi banjir (*Flood Early Warning System/FEWS*), Sistem Deteksi Dini Kebakaran Lahan dan Hutan, Sistem Kaji Kerentanan Struktur Gedung Bertingkat (SIJAGAT), Sistem Simulasi Perubahan Guna Lahan (Simulan) untuk Aplikasi Bencana Tsunami, Kecerdasan Artifisial Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla), Sistem Informasi Kesehatan Struktur Gedung Bertingkat (SIKUAT), Rumah Komposit Tahan Gempa, Penanganan Kebencanaan Menggunakan Kecerdasan Artifisial (PEKA) Sistem Prediksi Kejadian Tsunami, *Indonesia Network for Disaster Information* (INDI), Kajian Bencana Gagal Teknologi Sektor Industri, Perlindungan Tanah dan Erosi Tanah (Biotextile).

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) juga harus bekerja sama dengan pihak perguruan tinggi dalam hal mengembangkan sistem mitigasi bencana menggunakan teknologi. Kerjasama yang baik diharapkan banyak melahirkan

aplikasi-aplikasi peringatan dini bencana serta pemodelan mitigasi bencana.

6.4.3. Inovasi Teknologi BMKG



Gambar 6.4. Inovasi Teknologi Informasi BMKG (Arlyta Dwi Angraini, 2019)

Sejalan dengan BPPT, inovasi yang dilakukan oleh BMKG adalah terkhusus inovasi teknologi untuk mitigasi bencana hidrometeorologi dan geologi dengan tingkat keakurasian yang tinggi. inovasi yang dilakukan yaitu Inovasi Geohotspot 4.0 adanya inovasi ini membuat BMKG mengidentifikasi titik panas secara lebih tepat waktu dan akurat tak hanya itu Inovasi Info BMKG menjadikan informasi cuaca BMKG dalam skala besar hingga kecil yakni provinsi maupun kabupaten bahkan hingga tingkat kecamatan lebih akurat dan tepat, sehingga masyarakat dapat lebih *aware* terhadap bencana hidrometeorologi yang akan melanda suatu wilayah seperti banjir, angin kencang, cuaca ekstrim dan kekeringan.

Melalui inovasi InaTEWS 4.0, BMKG mengembangkan algoritme matematika untuk ribuan pemodelan skenario tsunami. Inovasi InaTEWS 4.0 memungkinkan BMKG menganalisis dan memverifikasi data gempa bumi dan potensi tsunami dalam

waktu kurang dari 5 menit. Dengan inovasi teknologi yang dilakukan membuat BMKG tidak hanya dapat memantau wilayah Indonesia terhadap bencana hidrometeorologi namun juga Negara-Negara yang terletak di wilayah Samudera Hindia seperti Afrika dan Australia (Arlyta Dwi Anggraini, 2019).

Inovasi Material Konstruksi

7.1. Pendahuluan

Bencana dapat diartikan juga dengan kejadian alam yang mengakibatkan kerugian yang fatal serta tidak dapat dihindarkan dan tidak dapat di prediksi secepat tepat. Atas dasar itu inovasi-inovasi untuk meminimalisir efek yang diakibatkan bencana sangat diperlukan sehingga dapat mencegah terjadinya korban jiwa serta sebagai alat untuk memperpanjang waktu menghindari efek dari bencana.

Umumnya, terdapat 3 jenis bencana yang sering terjadi yakni bencana Geologi atau bencana yang terjadi pada permukaan bumi seperti gempa bumi, tanah longsor, gelombang tsunami dan gunung melutus. Kemudian bencana Meteorologi yakni bencana yang diakibatkan oleh iklim seperti kekeringan maupun banjir, kemudian bencana dari luar angkasa seperti jatuhnya benda langit ke bumi melalui atmosfer dan badai matahari disebut bencana Ekstraterial.

Namun Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 tahun 2007 bencana alam hanya di bagi dalam dua definisi saja yakni:

1. Bencana alam yang merupakan 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 longsor.

2. Bencana non alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa non-alam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.

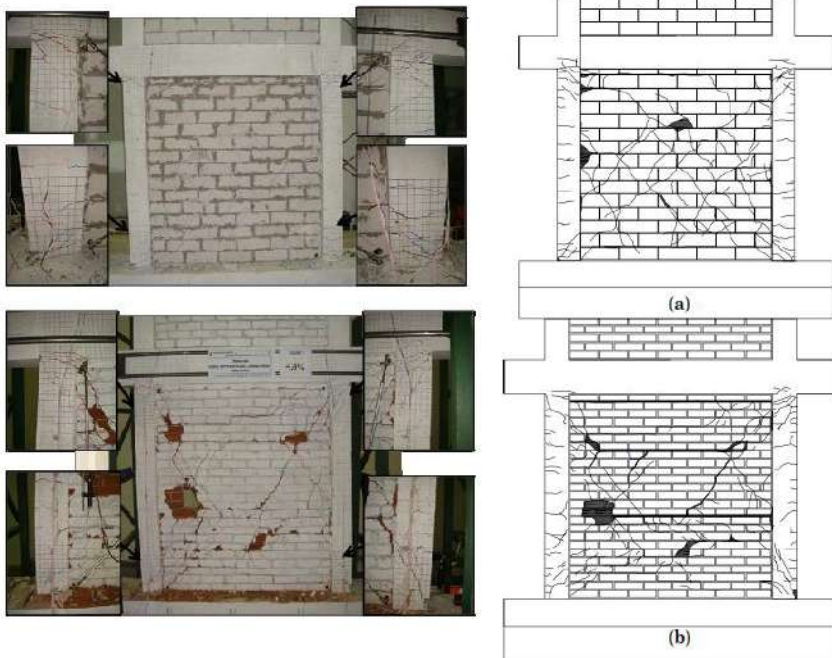
Namun pembahasan kali ini kita terfokus membahas terkait serta strategi dan mitigasi akibat bencana alam khususnya inovasi material-material yang dapat digunakan untuk meminimalisir dampak akibat bencana alam.

7.2. Inovasi Material

Pada zaman millennium ini terdapat beberapa perangkat-perangkat kontrol telah dikembangkan dengan tujuan menambah kinerja seismik pada bangunan sipil sehingga dapat memberikan daya redam tambahan dengan penekanan khusus pada pengurangan angin dan respons seismik bangunan dan jembatan (Soong and Spencer, 2002). Selain pada struktur bangunan sipil dan jembatan material dinding (*non structural*) juga menjadi fokus paran peneliti di beberapa dekade terakhir, yang berfokus pengaruh dinding ini pada perilaku lateral struktur beton yang bertulang, serta bagaimana memperhitungkan dalam konfigurasi struktur beton bertulang, yaitu dalam hal kekakuan lateral dan kekuatan yang memungkinkan memprediksi perilaku nyata bangunan di bawah peristiwa seismik (Silva, Vasconcelos and Lourenço, 2021). Dalam prinsip material tahan gempa diantaranya memiliki bobot yang ringan, konfigurasi strukturnya lebih sederhana, kemudian tinggi bangunan tidak melebihi empat kali dari lebar bangunan, selanjutnya dapat dibangun secara monolit serta struktur pondasi yang dapat menyalurkan beban gempa ke bawah.

7.3 Material Struktural

Material beton bertulang berbahan ringan yakni dengan menggunakan material ringan seperti *autoclaved aerated concrete* (AAC) dan bahan pengisi tanah liat, seperti yang telah dipublikasikan bahwa beton bahan ringan dengan AAC menunjukkan kinerja yang lebih baik di bawah beban lateral dalam bidang daripada yang diisi dengan batu bata tanah liat konvensional. Seperti pada Gambar 7.1.



Gambar 7. 1 (a) Rangka Beton Bertulang Berisi AAC, (b) Rangka Beton Berisi Tanah Liat (Imran and Aryanto, 2009)

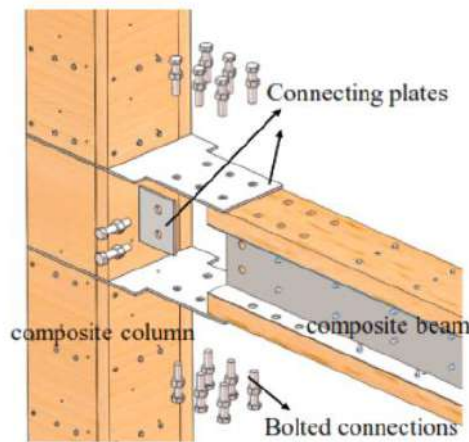
Gambar 7.1.a menunjukkan material yang menggunakan bahan beton AAC sebagai campuran beton bertulang menunjukkan terjadi pemisahan antara pengisi dan bingkai di sepanjang muka kolom terdeteksi dan terus melebar dengan meningkatnya beban. Setelah itu, material pengisi mulai menunjukkan kegagalan hancur. Kegagalan terbesar terjadi di sudut kanan atas dan tinggi tengah dinding pengisi. Jika di dibandingkan dengan

rangka yang menggunakan bahan isi tanah liat terjadi retak-retak yang merambat secara diagonal melintasi sambungan mortar dan juga secara horizontal di sepanjang sambungan dasar untuk membentuk geser geser. Retakan horizontal utama terjadi pada kira-kira $\frac{1}{3}$ dan $\frac{2}{3}$ dari tinggi pengisi. Retakan horizontal ini mencegah pembentukan retakan X diagonal di bagian atas dinding pengisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.1b. Sehingga umumnya, bahan pengisi yang menggunakan tanah liat memiliki kekakuan awal yang lebih tinggi, namun pengisi AAC menghasilkan degradasi kekakuan yang lebih sedikit dan menunjukkan perilaku histeretik yang lebih baik daripada pengisi tanah liat. (Imran and Aryanto, 2009).

Untuk daerah rawan gempa seperti Indonesia dapat menggunakan bahan-bahan tersebut untuk menggantikan bata sebagai bahan pengisi pada rangka *reinforced concrete* (R/C)/. Material kayu juga masih menjadi salah satu pilihan utama sebagai bahan struktur utama bangunan tahan gempa, namun saat ini penggunaan kayu telah di tekan sebagai bentuk dari menjaga kelestarian lingkungan, sehingga penggunaannya pun telah di batasi. Kayu merupakan salah material tradisional yang inovasinya kurang berkembang dari sisi bahan namun terus berkembang di sisi model dan bentuknya. Namun perkembangan modern saat ini kayu lebih banyak di ganti dengan material baja ringan baik untuk struktur rangka atap maupun struktur rumah sederhana. Namun penggunaan baja ringan terbatas untuk bangunan tinggi.

Perpaduan antara kayu dan baja merupakan salah satu solusi untuk bangunan sederhana tahan gempa, dimana balok-kolom di sambung menggunakan plat baja yang kemudian di beri baut. Riset mengenai hal ini telah banyak dilakukan untuk terus mengembangkan bangunan tahan gempa, model balok-kolom sambungan kombinasi baja-kayu model leleh untuk sambungan di mana model ini model ini diasumsikan sambungan baut merusakkan daktail namun kekuatan sambungan bergantung pada

jenis kayu dan lentur pada baut sambungan, akan tetapi jenis kayu tidak banyak berpengaruh pada kapasitas ultimit sambungan, kayu yang tumbuh cepat lebih lembut dan memiliki keuletan yang lebih baik dengan deformasi yang besar. Mengubah panjang ekstensi pelat penghubung flensa membuat sedikit perbedaan. Asumsinya adalah sebelum tekuk pada akar pelat penghubung berkembang penuh, kapasitas sambungan berkurang karena tekuk lokal yang berlebihan dari baja berdinging tipis berbentuk U dan patah kayu. (Wang *et al.*, 2022)



Gambar 7. 2 Perakitan Sambungan Struktur (Wang *et al.*, 2022)

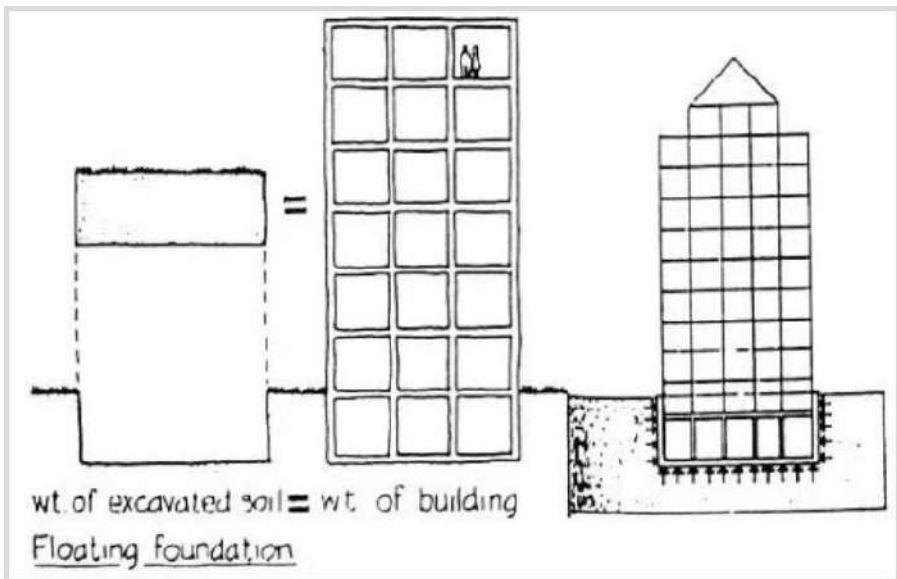
Berikut beberapa penjelasan dan jenis material struktural tahan gempa:

A. Pondasi bangunan melayang

Pondasi melayang adalah pondasi yang pengerjaannya dimulai dengan menggali tanah dalam maupun dangkal sehingga berat struktur yang terbangun di atas tanah hampir mirip dengan berat total dari tanah yang digali dari tanah termasuk berat air yang berada dalam tanah sebelum konstruksi struktur dimulai. Pondasi terapan juga disebut

rakit penyeimbang dan menyebabkan penurunan nol pada struktur.

Prinsip utama dari pondasi terapung ini adalah untuk menyeimbangkan massa tanah yang dipindahkan oleh struktur dengan berat yang hampir sama dan mengakibatkan penurunan pada struktur menjadi nol. Sehingga pondasi ini lebih umum dikenal dengan pondasi rakit penyeimbang.



Gambar 7.3 Ilustrasi Pondasi Melayang

(sumber: <https://civiljungle.com/floating-foundation/>)

Pondasi melayang direkomendasikan untuk jenis tanah yang memiliki masalah terhadap penurunan diferensial di bawah beban berat itu sendiri. Pondasi terapung atau melayang memberi peran penting untuk mengurangi maupun mencegah penurunan pada fondasi. Metode ini lazim digunakan di tanah yang memiliki kekuatan geser rendah. Ini juga digunakan pada tanah yang tidak memiliki lapisan keras atau kaku pada kedalaman yang wajar. Dalam kondisi seperti itu, pondasi terapung atau melayang dapat membantu mengurangi tegangan geser

B. Peredam Getar

Teknologi peredam getaran gempa telah banyak mengalami transformasi kearah positif, di mana alat peredam getar ini berfungsi sebagai penyerap energi yang di hasilkan oleh bencana gempa bumi sehingga struktur pada bangunan menjadi lebih elastis sehingga mengurangi kerusakan dan terhindarkan dampak buruk akibat getaran gempa bumi. Selanjutnya akan di uraikan beberapa alat peredam gempa yang saat ini digunakan secara umum:

1) Bantalan karet tahan gempa



Gambar 7. 4 Bantalan Karet Peredam Gempa

(sumber :

<http://isnanajib1.blogspot.com/2019/01/aplikasibantalan-karetpada-struktur.html>)

Base isolation merupakan istilah yang sering digunakan, dalam pengaplikasian peredam getaran yang dipasang pada setiap kolom yaitu antara bangunan dan pondasi bangunan itu sendiri, yang mana bantalan itu memiliki fungsi untuk mengurangi getaran yang di akibatkan gempa sedangkan lempangan baja digunakan untuk menambah kekakuan pada bantalan karet dengan harapan penurunan bangunan saat bertumpu datas karet menjadi lebih kecil.

2) *Lock Up Device*

Lock Up Device (LUD) merupakan salah satu teknologi untuk meredam gempa yang berteknologi tinggi, perangkat atau alat ini dipasang untuk menghubungkan unit pada struktural yang terpisah di mana alat atau perangkat ini dapat menyalurkan efek gaya luar antara struktur penghubung dan dapat menahan pergerakan dari struktur khususnya pada jembatan.



Gambar 7.5 Lock Up Device

(Sumber: <https://temblor.net/find-a-seismic-pro/taylor-devices-inc-3321/attachment/seattle-central/>)

LUD atau *Lock up devices* merupakan salah satu jenis dari banyaknya peredam gempa yang biasanya diletakkan pada di bagian bawah struktur jembatan. Fungsi dari *lock up devices* ini yaitu untuk memberikan suatu hubungan yang kaku (*rigid link*) antara dek jembatan dengan abutmen jembatan maupun pilar pada jembatan, agar akibat beban yang cepat dengan durasi yang pendek seperti gempa bumi, tabrakan atau kecelakaan dengan benturan yang keras, serta gaya akibat pengereman kendaraan sehingga gaya tersebut akan disalurkan ke perletakan jembatan. Perangkat ini dapat diaplikasikan untuk memperkuat struktur pada jembatan

apabila terdapat kasus di mana frekuensi, kecepatan, dan bobot kendaraan yang volume lalu lintasnya melampaui kriteria desain awal struktur. Perangkat ini juga memungkinkan untuk menahan gaya akibat gempa bumi sehingga hal ini sangat efektif untuk dijadikan perkuatan struktur yang tahan gempa. Penggunaannya pada desain jembatan baru dapat menekan biaya yang cukup besar jika dilakukan menggunakan metode konvensional.

3) *Fluid Viscous Damper*

Fluid viscous damper (FVD) merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk meredam serangkaian gaya dinamis yang bekerja pada sebuah struktur seperti beban gempa bumi, beban angin, maupun beban akibat dari getaran mesin. FVD juga memiliki fungsi sebagai tambahan peredam pada struktur dan dapat mereduksi defleksi dan tegangan saat terjadi pembebanan (Taylor *et al.*, 2002).

Pemasangan FVD bertujuan sebagai pereduksi defleksi lateral yang kemudian mereduksi simpangan antar tingkat mendisipasi (melepaskan) energi beban dinamis.



Gambar 7.6 *Fluid Viscous Damper*

(Sumber : <http://en.roadjz.com/show.asp?id=12>)

4) *High Dumping Device*

High damping device adalah alat peredam getaran jenis silinder yang menggunakan hidrolik di mana bagian silinder atau bagian batang piston terhubung ke rangka join struktur dan bagian lain yang terhubung pada elemen penahan beban gempa yang kemudian diintegrasikan secara integral ke seluruh rangka. Sejumlah piston yang menghubungkan ruang hidrolik pada sisi berlawanan dari piston. Pada bagian ini dilengkapi dengan katup yang dapat mengatur tekanan untuk mengontrol aliran oli antara ruang hidrolik. Kemudian, sistem akumulator menyediakan jalan agar oli dapat mengalir di antara silinder hidrolik sehingga dapat memodulasi tekanan oli di perangkat peredam. Katup pelepas yang disediakan secara paralel dengan katup pengatur tekanan untuk memberikan nilai koefisien redaman yang dapat melindungi perangkat peredam dari beban berlebih yang di akibatkan oleh kejutan seismik yang berlebihan.



Gambar 7. 7 Gambar HiDAM

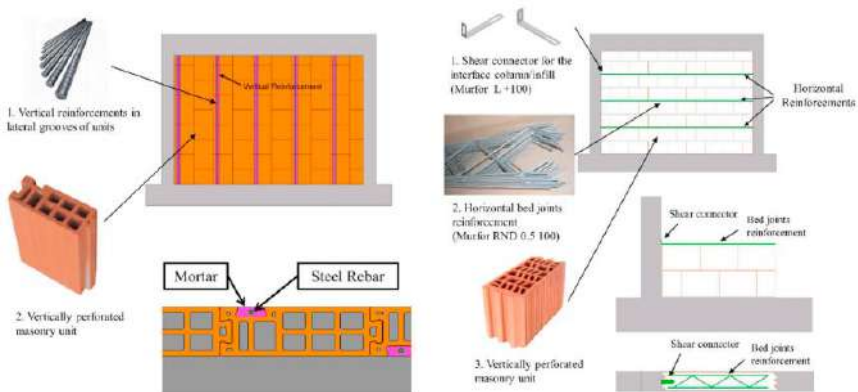
(Sumber : <http://en.roadjz.com/show.asp?id=12>)

7.4. Material Non Struktural

Meminimalisir dampak akibat bencana gempa setidaknya selalu berkaitan dengan struktur sebuah bangunan, melainkan hal-hal yang berkaitan dengan bahan konstruksi non struktural perlu di perhatikan sehingga upaya meminimalisir dampak akibat bencana dapat lebih maksimal. Beberapa tahu terakhir ini telah banyak berkembang bahan-bahan konstruksi yang dianggap tahan terhadap bencana baik itu alam dan non alam.

A. Bata Ringan

Teknologi bahan bangunan terus berkembang, salah satunya adalah beton ringan aerasi (*Autoclaved Aerated Concrete*) atau sering disebut juga bata ringan. Bata ringan digunakan sebagai pengganti bata merah konvensional yang biasa digunakan dalam pembuatan dinding atau lantai. Bata ringan digunakan dalam industri konstruksi dikarenakan karakteristiknya yang ringan tapi kuat, sehingga sangat membantu dalam mengurangi biaya struktur bangunan. Jika kita membandingkan antara penggunaan bata merah konvensional dengan bata ringan, maka ada beberapa kelebihan yang yakni mampu menahan api (kebakaran), dan tahan terhadap kondisi cuaca yang ekstrim.

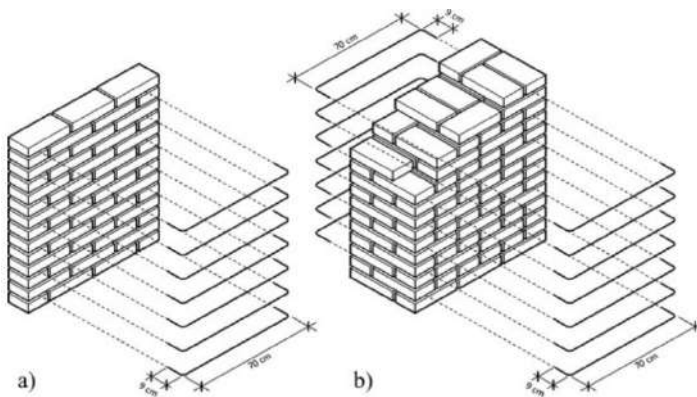


Gambar 7.8 Sistem Pengisi Bata dan Susunan Bata (Silva, Vasconcelos and Lourenço, 2021)

Selain itu bata ringan saat ini telah banyak mengalami perkembangan baik dari bahan maupun cara pemasangannya diantaranya dengan memodifikasi susunan pasangan bata yang berlubang pada dinding di percaya akan memberikan daya dari sisi keamanan struktural seperti yang sering dilakukan di Eropa khususnya Portugal seperti pada Gambar 7.8.

Selain itu, metode panel pasangan bata dibuat mengikuti karakteristik material dan jenis ikatan dari kotak referensi dan diuji dalam kompresi diagonal. Dua campuran mortar berbahan dasar kapur dengan kuat tekan yang berbeda digunakan untuk menilai pengaruh kualitas mortar yang ada terhadap kinerja teknik perkuatan. (Sandoval *et al.*, 2021)

Teknik ini juga terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas deformasi geser terlepas dari ketebalan spesimen dan, pada panel dengan ketebalan tiga kali lipat, baik eksentrisitas (hasil perkuatan satu atau dua muka) dan kedalaman perkuatan diamati secara signifikan mempengaruhi perilaku geser.



Gambar 7.9 (a) Spesimen Dinding dengan Ketebalan Tunggal dan (b) Tiga Kali Lipat dan Penempatan Batang Tulangan (Sandoval *et al.*, 2021)

Metode ini menunjukkan bahwa efektifitas dalam meningkatkan kapasitas deformasi dan integritas struktural yang mengalami beban geser, seperti yang diharapkan pada peristiwa seismik. Peningkatan perilaku pasca puncak yang ditandai dengan regangan geser ultimit yang lebih besar dan daktilitas yang umumnya lebih tinggi terlihat jelas pada panel yang diperkuat, dengan bukaan retak yang lebih kecil diamati pada permukaan yang diperkuat. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa teknik *structural repointing* yang digunakan lebih efektif pada panel pasangan bata yang dibangun dengan mortar dengan kuat tekan terendah.

Kemudian memperbaiki panel bata menggunakan batang titanium yang tertanam di sambungan mortar juga di menjadi alternatif dalam pemilihan metode pemasangan bata yang tahan gempa. Metode ini menunjukkan bahwa memungkinkan untuk mengembalikan kapasitas geser dalam bidang asli panel dengan menanamkan batang titanium ke dalam sambungan unggun horizontal menggunakan pasta epoksi.

Konstruksi dengan metode seperti ini dapat di terapkan untuk daerah dengan bahaya gempa tinggi, atau kebutuhan untuk mematuhi batasan keselamatan baru atau kode bangunan baru.



Gambar 7.9 Panel Dinding yang Dipasangi Batang Titanium

Metode ini dapat diterapkan dengan cepat dengan intrusi dan penambahan massa yang minimal, sehingga cocok untuk perkuatan atau perbaikan seismik.

Mitigasi Non Struktural dalam Kearifan Lokal Bali

8.1. Pendahuluan

Bencana disadari sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengganggu membahayakan dan mengancam kehidupan masyarakat. Bencana ditimbulkan oleh dua faktor yakni faktor alam maupun faktor manusia. Dampak dari bencana adalah kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dampak psikologis bahkan korban jiwa (UU RI no 24 th. 2007).

Mitigasi dilakukan sebagai usaha manusia dalam upaya untuk mengurangi risiko dan dampak yang diakibatkan oleh bencana terhadap masyarakat di kawasan rawan bencana, baik itu bencana alam, atau akibat ulah manusia.

Jenis Mitigasi ada dua, yakni mitigasi struktural dan non struktural. Mitigasi Struktural lebih menekankan pada aspek fisik, misalnya pada infrastruktur (jalan, waduk, jembatan dan lainnya). Sedangkan mitigasi non struktural itu adalah upaya dalam mengurangi dampak bencana melalui kebijakan dan peraturan. Contohnya, UU PB atau Undang-Undang Penanggulangan Bencana, pembuatan tata ruang kota, atau aktivitas lain yang berguna bagi penguatan kapasitas warga (www.gramedia.com/literasi/mitigasi). Jadi mitigasi non struktural itu bersifat non fisik.

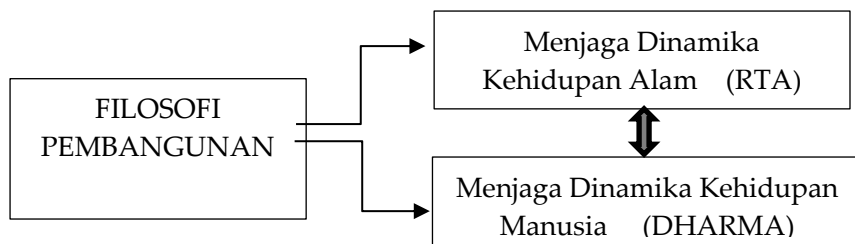
Di Bali telah mengenal jenis mitigasi non struktural berupa kearifan lokal, disebut sebagai jenis non struktural karena kearifan lokal Bali cenderung diterapkan dalam rangka menumbuhkan kesadaran masyarakat dalam menghadapi bencana. Kearifan lokal Bali tersebut sejalan dengan tujuan meningkatkan pengetahuan masyarakat (*public awareness*) dalam menghadapi serta mengurangi dampak/risiko bencana, sehingga masyarakat dapat hidup dan bekerja dengan aman (Danny Anjar Kuncoro, 2018).

Mitigasi non struktural dalam kearifan lokal Bali inilah patut ditelusuri, terutama perihal kearifan lokal yang mana saja dapat menjadi penuntun dalam hal mitigasi bencana.

8.2. Mitigasi Non Struktural dalam Kearifan Lokal Bali

Bagian terpenting dalam kegiatan mitigasi adalah pengetahuan dan pengertian serta pemahaman penuh yang dimiliki atau disadari oleh masyarakat terhadap sifat bencana.

Dalam kaitan tersebut orang Bali memiliki pola pemikiran atau gagasan agar manusia terhindar dari bencana alam. Bencana alam yang dapat timbul dari keserakahan manusia itu sendiri atau manusia mengeksploitasi alam secara berlebihan. Gagasan orang Bali ini tertuang dalam bentuk memelihara dan menjaga dinamika kehidupan alam (disebut Rta) agar bersesuaian dengan dinamika kehidupan manusia (disebut Dharma) sebagaimana ditampilkan pada diagram dibawah ini:



Gambar 8.1. Diagram Filosofi Pembangunan Bali

(diolah dari I Ketut Wiana, 2018)

Gagasan filosofis pembangunan Bali tersebut menjadi latar belakang timbulnya kearifan lokal Bali. Beberapa kearifan lokal Bali yang tergolong dalam mitigasi non struktural, antara lain:

a. Wana Kertih

Wana Kertih merupakan kegiatan ritual yang secara simbolik bertujuan menyucikan wana atau hutan, sedangkan secara pengetahuan maupun pemahamannya adalah menjaga kelestarian hutan. Tetua Bali sangat paham bahwa hutan itu selain menghasilkan udara bersih atau oksigen juga hutan pula yang menyimpan air di bawah tanah (konsepsi pertiwi).

Bahwa air merupakan sumber kehidupan bagi umat manusia yang sangat vital (Agus Puji Prasetyono, 2017). Dari pengetahuan dan pemahaman tentang tanah dan air (pertiwi dan apah) inilah maka tetua Bali mewariskan kearifan lokal berupa ritual Wana Kertih. Dalam kaitannya dengan UU RI no 24 tahun 2007 maka Wana Kerih ini tiada lain adalah hutan lindung.



Gambar 8.2 Tawur Agung Wana Kertih di Pura Pucak Mangu Desa Pelaga Petang (Metro Bali, 2014)

b. Danu Kertih

Danu Kertih merupakan kegiatan ritual yang secara simbolik bertujuan menyucikan danau, sedangkan secara pengetahuan maupun pemahamannya adalah menjaga kelestarian air danau. Tetua Bali sangat paham bahwa danau itu besar manfaatnya bagi kehidupan manusia, baik itu manfaat bagi kesehatan maupun manfaat ekonomisnya. Danau yang menyimpan air di atas tanah amat berbahaya jika tidak dijaga kelestariannya. Dari pengetahuan dan pemahaman inilah maka tetua Bali mewariskan kearifan lokal berupa ritual Danu Kertih. Dalam kaitannya dengan UU RI no 24 tahun 2007 maka Danu Kerih ini sangat terkait dengan bunyi pasal 34 : Penyelenggaraan penanggulangan bencana pada tahapan pra-bencana.



Gambar 8.3. Karya Agung Danu Kertih di Tepi Danu Batur (Dayu Swasrina, 2018)

c. Hari Tumpek Wariga

Tumpek Wariga salah satu upacara yang dilaksanakan setiap 210 hari sekali, upacara ini secara filosofis adalah persembahan kepada manifestasi Tuhan sebagai Dewa Sangkara penguasa tumbuh-tumbuhan. Tumpek Wariga bermakna bagaimana memelihara alam melalui tumbuh-tumbuhan sehingga kebutuhan oksigen dari seluruh makhluk hidup bisa terpenuhi (Kemenag Klungkung, 2020).

Tetua Bali sangat menyadari bahwa manusia tak bisa hidup tanpa udara (bayu). Tumbuh-tumbuhan adalah satu-satunya makhluk hidup penghasil oksigen yang digunakan bernapas oleh manusia dan hewan (Amirul Nisa, 2021). Kesadaran inilah yang ditanamkan oleh tetua Bali sehingga diwariskan kearifan lokal untuk melaksanakan hari Tumpek Wariga.

d. Banten Saiban

Banten Saiban adalah bentuk persembahan sehari-hari setelah usai masak sebelum makan. Banten Saiban ini pelaksanaannya dilakukan di 5 tempat, yakni: di tempayan tempat air, di dekat tungku api, di sapu, di talenan/pisau, dan di tempat aliran pembuangan air atau song embah (AA Seri Kusniarti, 2020).

Kearifan lokal Bali ini lebih menekankan pada pentingnya edukasi terhadap generasi penerus keluarga, itulah sebabnya kegiatan ini menjadi rutin setiap hari. Banten saiban sebagai sebuah pendidikan yang diwariskan para tetua Bali untuk menanamkan teknik kontrol pada song embah atau saluran pembuangan limbah air hujan di lingkungan rumah tinggal. Memang lingkupnya kecil, hanya skala rumah tinggal. Namun bilamana song embah ini tak diperhatikan atau tidak dikontrol situasinya maka kondisi ini dapat menimbulkan bencana banjir di rumah tersebut.

UU RI no 24 tahun 2007 pada pasal 27 menekankan bahwa setiap orang berkewajiban menjaga kehidupan sosial masyarakat yang harmonis, memelihara keseimbangan, keserasian, keselarasan, dan kelestarian fungsi lingkungan hidupnya. Bunyi pasal ini secara riil telah diwujudkan dalam bentuk Banten Saiban.

8.3. Pentingnya Mitigasi Non Struktural

Umumnya, infrastruktur merujuk pada pembangunan secara fisik untuk fasilitas umum, misalnya jalan raya, pelabuhan, sekolah, rumah sakit, pengolahan limbah, air bersih, bandar udara, dan masih banyak lagi. Saat membahas mitigasi bencana tentunya bukan hanya infrastruktur saja yang menjadi satu-satunya upaya mengurangi dampak bencana, karena masih ada upaya non struktural dalam upaya mengurangi dampak bencana. Bahkan harapannya, bencana itu tidak pernah terjadi “Dengan tantangan yang semakin meningkat maka kita harus meningkatkan ketangguhan kita dalam menghadapi bencana,” demikian pesan bapak Presiden Republik Indonesia Ir. Joko Widodo kepada BMKG (Lenny Tristia Tambun, 2021). Pesan ini menyiratkan betapa pentingnya upaya dalam mengurangi dampak bencana, bahkan jika mungkin dampaknya nihil.

Berkaitan dengan pesan Bapak Presiden tersebut maka Mitigasi Non struktural menjadi sesuatu hal yang penting dalam mitigasi bencana. Jika menyimak dari rangkaian atau tahapan dalam mitigasi bencana, maka tahapan awal justru mitigasi non struktural yang seyogyanya diapresiasi, karena mitigasi non struktural dilakukan sebelum bencana terjadi atau dikenal dengan tahap pra bencana.

8.4. Penutup

UU RI no 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana sangat mengapresiasi kearifan lokal. Hal tersebut tercermin dalam pasal 31 huruf “a”, di mana salah satu aspek yang menjadi dasar

penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah budaya masyarakat.

Menyebutkan kearifan lokal Bali yang merupakan mitigasi non struktural, tentunya tidak cukup dengan hanya memaparkan beberapa kearifan lokal sebagaimana diuraikan dalam tulisan ini. Namun, dengan uraian singkat dari beberapa kearifan lokal Bali di atas, kiranya telah dapat memberikan sedikit tentang penanggulangan bencana di Bali yang telah diwariskan oleh tetua Bali dalam bentuk kearifan lokal sebagai mitigasi non struktural.

Pengelolaan Pencemaran di Perairan Laut Indonesia sebagai Mitigasi Bencana Lingkungan

9.1. Pendahuluan

Berdasarkan Undang-Undang No.24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, di mana mitigasi merupakan suatu rangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui bangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mitigasi merupakan tindakan berkelanjutan yang diambil untuk mengurangi atau menghilangkan risiko jangka panjang terhadap kehidupan dan properti dari bahaya. Sedangkan bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan baik oleh faktor alam dan atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda serta dampak psikologis.

Ada empat hal yang perlu dilaksanakan dalam penanganan suatu bencana di Indonesia yaitu mitigasi, kesiapsiagaan, tanggapan atau responsip terhadap bencana, dan penormalan/pemulihan kembali. Di dalam proses pengurangan

dampak kerusakan terhadap lingkungan yang diakibatkan oleh suatu bencana, maka muncul suatu istilah yang disebut dengan **mitigasi**. Mitigasi tidak berdiri sendiri, namun diikuti oleh kesiapsiagaan, tanggapan/responsip terhadap bencana serta upaya pemulihan/penormalan kembali.

Terdapat 4 point yang harus dilakukan dalam proses mitigasi bencana, meliputi ketersediaan informasi serta peta kawasan rawan bencana untuk setiap kategori bencana, edukasi pada masyarakat dalam menyikapi terjadinya bencana terkait tindakan atau upaya menyelamatkan diri, serta menata area rawan bencana untuk meminimalisir ancaman bencana. Upaya perencanaan suatu mitigasi bencana, terdapat hal-hal penting yang perlu diperhatikan, yakni:

1. Mitigasi bekerja dengan suatu strategi untuk menanggulangi bencana secara lebih efektif, sehingga mitigasi bencana harus memiliki integrasi dengan program pembangunan yang lain.
2. Fokus di dalam merencanakan mitigasi bencana, ada beragam sektor yang perlu dipertimbangkan, mulai dari sektor pendidikan, sandang pangan, ketenagakerjaan, bidang perumahan sebagai kebutuhan dasar dalam pengaplikasian mitigasi bencana.
3. Dibutuhkan sinergitas antara situasi serta kondisi sosial, budaya serta ekonomi masyarakat setempat.
4. Berdasarkan sektor informal, mitigasi bencana memberi penekanan pada kapasitas masyarakat dalam membuat dan mengambil suatu keputusan, menolong diri sendiri dan membangun sendiri.
5. Mengkaji tata guna lahan agar dapat memberi perlindungan pada masyarakat dilokasi sekitar yang rentan terhadap terjadinya suatu bencana serta kerugian yang dapat terjadi, baik secara sosial, ekonomi, maupun terhadap implikasi politik saat itu.

Tujuan dari suatu mitigasi bencana adalah untuk mengurangi kerugian pada saat terjadinya suatu bencana, pada waktu mendatang, mengurangi risiko kematian dan cedera baik ringan maupun berat, mengurangi terjadinya kerusakan dan kerugian ekonomi pada infrastruktur sektor publik. Sehingga jika didefinisikan maka mitigasi merupakan upaya yang dilakukan sebelum terjadinya bencana. Misalnya pembuatan peta wilayah rawan bencana, membuat bangunan tahan gempa, menanam pohon bakau, penghijauan hutan, serta memberi penyuluhan agar kesadaran masyarakat yang tinggal di wilayah rawan bencana meningkat. Salahsatu indikator dari mitigasi bencana yaitu kesiapsiagaan. Kesiapsiagaan diartikan sebagai kegiatan yang direncanakan guna memberikan edukasi terkait respon masyarakat jika terjadi bencana yang berdasar pada bencana yang pernah terjadi ataupun pengendalian bencana yang akan terjadi. Tentu saja dengan tujuan meminimalisir korban jiwa serta sarana prasarana fasilitas umum yang rusak dengan upaya pengurangan persentase risiko, mengelola SDM, dan pelatihan masyarakat di daerah rawan bencana.

Reaksi masyarakat jika terjadi bencana diupayakan agar dampak negatif yang diakibatkan dapat diminimalisir. Proses tersebut terjadi beberapa saat setelah terjadi bencana. Perencanaan untuk menanggulangi bencana difokuskan pada pertolongan korban bencana serta mengantisipasi kerusakan yang terjadi yang diakibatkan oleh suatu bencana. Sedangkan pemulihan didefinisikan sebagai upaya perbaikan atau memulihkan kondisi masyarakat yang tertimpa bencana, diupayakan kembali pada kondisi awal sebelum terjadi bencana. Upaya pemulihan difokuskan untuk menyediakan rumah tinggal non permanen untuk korban dan merekonstruksi sarana prasarana yang amruk. Upaya-upaya tersebut penting untuk disosialisasikan kepada masyarakat di Indonesia mengingat negara Indonesia merupakan Negara yang sebagian besar wilayahnya sangat rawan terhadap kehadiran suatu bencana, dan secara periodik

harus dievaluasi proses mitigasi yang sudah pernah diterapkan sebelumnya di tempat tersebut.

9.2. Kondisi Geografis Negara Republik Indonesia



Gambar 9.1. Peta Wilayah Kedaulatan dan Yuridiksi Nasional Republik Indonesia

(sumber: <https://id.pinterest.com/otewewe/peta-indonesia/>)

Negara Republik Indonesia merupakan sebuah Negara Kepulauan terbesar di dunia yang terbentang dari Sabang sampai Merauke, memiliki 17.499 buah pulau besar dan kecil dengan luas wilayah berkisar 7,81 juta kilo meter persegi (km²). Luas lautan berkisar 3,25 juta km² berupa lautan, 2,55 juta km² merupakan Zona Ekonomi Eksklusif dan hanya sekitar 2,01 juta km² berupa daratan. Melihat kondisi geografis Negara Indonesia, boleh dikatakan bahwa Negara Indonesia merupakan Negara yang paling luas di seantero Negara di Asia Tenggara. Menurut Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Pusat Hidrografi dan Oseanografi (Pushidros) TNI Angkatan laut secara lebih rinci menyebutkan bahwa luas perairan pedalaman dan perairan

kepulauan Indonesia adalah 3.110.000 km², terdiri atas luas laut Teritorial sebesar 290.000 km², luas zona tambahan sebesar 270.000 km², luas zona ekonomi eksklusif seluas 3.000.000 km², luas landas kontinental sebesar 2.800.000 km². Luas total perairan Indonesia adalah seluas 6.400.000 km², sedangkan luas wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) sebesar 8.300.000 km². Sedangkan panjang garis pantai wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) sebesar 108.000 km. Jumlah pulau di Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) kurang lebih sebanyak 17.504, dan yang sudah dibakukan dan disubmisi ke Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) sejumlah 16.050 pulau besar dan kecil.

Berdasarkan letak geografisnya Negara Republik Indonesia terletak di antara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia, serta diapit oleh dua buah Samudera yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, terletak antara 6 derajat Lintang Utara – 11 derajat Lintang Selatan serta 95 derajat Bujur Timur sampai 141 derajat Bujur Timur. Melihat letak geografisnya, Indonesia memiliki iklim Muson di mana pada saat dilalui oleh angin musim barat dari Asia yang kaya uap air, maka wilayah Indonesia mengalami musim penghujan, sebaliknya bila dilalui angin muson dari arah timur yaitu dari Benua Australia yang miskin akan uap air, maka akan terjadi musim kemarau. Demikian pula halnya karena letak geografis Indonesia berada dekat garis Khatulistiwa, maka Indonesia terhindar dari musim dingin, menjadikan semua aktivitas rakyat Indonesia seperti pertanian, peternakan dan perikanan dapat berlangsung sepanjang tahun. Keberadaan Negara Indonesia terletak antara dua samudra, maka sangat menunjang lalu lintas pelayaran dan perdagangan melalui perairan lautnya.

Berdasarkan posisi lintangnya, Indonesia memiliki iklim tropis, suhu tinggi, curah hujan konveksi sangat tinggi, demikian pula terjadi pelapukan secara kimia juga tinggi, memiliki

keberagaman flora dan fauna dan terhindar/terbebas dari bencana topan dan badai.

Mengingat wilayah Indonesia membujur sepanjang 46 derajat Bujur Timur, maka wilayah Indonesia terbagi atas tiga wilayah waktu, yaitu Waktu Indonesia Bagian Barat (WIB), Waktu Indonesia Bagian Tengah(WITA) dan Waktu Indonesia Bagian Timur (WIT)

9.3. Pencemaran yang Terjadi di Perairan Laut Indonesia

Perairan Laut Indonesia merupakan sumber kekayaan yang dimiliki oleh Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), maka harus dijaga keberlangsungannya, agar habitat yang ada di Perairan Laut Wilayah Indonesia tetap bias lestari. Namun sayang sekali, pencemaran di Perairan Laut Indonesia sudah sangat tinggi, terutama disebabkan oleh tumpahan minyak dan limbah plastik. Oleh karena pencemaran di perairan sudah terjadi sedemikian rupa, akibatnya sangat cepat dirasakan oleh masyarakat Indonesia, terutama masyarakat di pesisir pantai dan sangat signifikan merusak makhluk hidup (manusia, Hewan, tumbuhan) dan lingkungan sekitar pantai.

Pencemaran perairan Laut di Indonesia yang disebabkan oleh tumpahan minyak menjadi masalah serius yang segera harus ditangani oleh Pemerintah Indonesia, sebelum Lingkungan Perairan Laut Indonesia menjadi bertambah rusak. Pencemaran oleh tumpahan minyak semakin banyak terjadi seiring dan sejalan dengan semakin meningkatnya pengeboran lepas pantai dan kapal-kapal laut yang sengaja maupun tidak sengaja membuang limbah yang dihasilkan ke perairan laut Indonesia. Wilayah perairan laut Indonesia sangat rentan terhadap berbagai ancaman pencemaran, baik yang berasal dari aktivitas domestik manusia (*maine debris*), sektor industri (pengolahan industri perikanan), perhubungan laut seperti tumpahan minyak (*oil spill*) maupun aktivitas manusia yang lainnya. Pencemaran perairan laut oleh manusia terjadi secara langsung maupun tidak

langsung ke dalam lingkungan perairan laut, yang dapat berakibat yang buruk seperti terjadinya kerusakan pada keberlangsungan kehidupan di perairan, sehingga dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia, gangguan terhadap aktivitas manusia di laut termasuk di dalamnya upaya penangkapan ikan di perairan laut Indonesia. Hal ini akan berdampak negatif terhadap ekosistem, habitat biota laut dan dapat menurunkan kualitas lingkungan di pesisir.

Apabila ancaman pencemaran ini tidak tertangani secara tepat, akan dapat mengakibatkan semakin meluasnya dampak negatif terhadap kehidupan alam beserta isinya. Terdapat beberapa jenis pencemaran yang dapat terjadi di perairan laut Indonesia seperti terjadinya tumpahan minyak (*Oil Spil*), timbulnya banyak sampah di perairan (*Marine Debris*), dumping, pencemaran limbah akibat adanya industri yang membuang limbahnya ke perairan, kecelakaan kapal di wilayah perairan laut Indonesia. Kalau disimak lebih mendalam, ternyata tingkat pencemaran di perairan laut Indonesia masih sangat tinggi. Pencemaran berat terutama terjadi pada kawasan perairan laut sekitar dekat muara sungai di kota-kota besar di Indonesia` Sehingga tingkat pencemaran yang begitu tinggi sudah merupakan ancaman yang cukup serius bagi perairan laut Indonesia dengan segala potensi yang mengikutinya.

Pencemaran di perairan laut Indonesia menurut Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Perairan Laut disebutkan bahwa masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan perairan laut oleh kegiatan manusia, sehingga kualitasnya menurun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya. Sedangkan komponen-komponen yang menyebabkan pencemaran lingkungan laut seperti: partikel kimia, limbah industri, limbah pertambangan, limbah pertanian dan perumahan, kebisingan, atau penyebaran organisme *invasif*

(asing) ke dalam laut yg berpotensi akan memberikan efek berbahaya.

Pencemaran di perairan laut yang pernah terjadi di Indonesia antara lain penangkapan ikan dengan cara pengeboman dan *trawl*, peluruhan potassium yang dilakukan para nelayan yang berasal dari negeri sendiri maupun yang berasal dari negeri tetangga yang selalu meninggalkan kerusakan dan pencemaran di perairan laut Indonesia setelah aktivitas selesai. Ditambah lagi akibat terjadinya pencemaran akibat pembuangan minyak dan limbah berbahaya jenis lainnya. Jenis pencemaran ini hampir terjadi di seluruh pesisir perairan laut di Indonesia.

Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pernah menyebutkan bahwa pencemaran terjadi di Taman Nasional Pulau Seribu, di mana diketemukan gumpalan minyak di 78 pulau sejak tahun 2003. Juga terjadi pencemaran di pantai utara Jawa Tengah seperti pantai di Pati, Tegal dan Semarang di mana pantai tersebut menjadi muara sungai yang tercemar logam berat. Di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang meliputi pulau Lombok dan Sumbawa, sedikitnya 110.000 ton *tailing* (limbah tambang) yang terbuang setiap hari oleh sebuah perusahaan tambang multinasional. Demikian juga terjadi pulau Kalimantan yaitu di Pulau Sabuku, di mana di lokasi tersebut beroperasi perusahaan tambang batu bara. Air pencucian batu bara, tumpahan minyak serta oli pada waktu pengaspalan jalan mencemari sungai yang pada akhirnya mengalir ke laut. Juga terjadi di Papua yang tercemar akibat penambangan emas.

Pencemaran di perairan laut Indonesia telah mengakibatkan degradasi lingkungan dan kehidupan bawah laut. Kekayaan alam dan keaneka ragaman hayati laut akan terancam kelestariannya oleh pencemaran di perairan laut Indonesia yang terus meningkat. Pencemaran laut juga memberikan akibat penurunan perekonomian para nelayan, karena hasil tangkapan nelayan terus menurun. Pencemaran ini juga berdampak pada

sektor kepariwisataan di Indonesia. Kepedulian semua komponen di Indonesia sangat diperlukan agar pencemaran lingkungan tidak terus bertambah dan meluas, karena perairan laut merupakan harta (*asset*) bangsa dan Negara Indonesia.

Mengingat luas perairan laut Indonesia melebihi luas daratan Indonesia, di mana perairan laut merupakan warisan maritime yang harus dikelola dengan baik, akan tetapi upaya dan usaha untuk dapat mewujudkan Indonesia sebagai poros maritime tidaklah mudah, karena persoalan **sampah plastik** yang terbuang ke perairan menjadi ancaman dalam mengelola perairan Laut Indonesia. Jadi sampah plastik yang terbuang ke perairan laut Indonesia hampir 80 % berasal dari daratan yang terbuang ke selokan, got, sungai kecil dan besar dan akhirnya masuk ke perairan laut karena belum dikelola dengan baik. Kalau hal ini kurang mendapat perhatian dari semua pihak, maka sampah plastik yang masuk ke perairan laut Indonesia akan sangat berbahaya bagi kelestarian lingkungan perairan laut Indonesia. Hal ini penting dikemukakan karena sampah plastik **memerlukan ratusan tahun** untuk **bisa terurai ke lingkungan**. Bila tidak segera teratasi dengan baik, seiring dengan berjalannya waktu, maka lembaran plastik besar ini akan terurai menjadi ukuran yang lebih kecil hingga kurang dari 5 mm yang disebut Mikro plastik (*micro plastic*) yang memiliki tingkat bahaya yang berlipat ganda. Kalau sampah plastik sudah berubah menjadi mikro plastik di perairan laut Indonesia, maka sudah tidak ada lagi cara yang dapat dilakukan seperti disaring, karena ukurannya sudah sangat kecil. Mikro plastik tidak hanya akan membunuh biota laut, dalam jangka panjang manusia juga bisa terdampak jika mengkonsumsi ikan dan produk laut lainnya. Ikan yang sudah memakan mikro plastik akan menyerap racun dari mikro plastik, dan apabila ikan tersebut dimakan oleh manusia, maka racun tersebut akan berpindah ke diri manusia.

Selain adanya penyebab kerusakan lingkungan di atas, wabah pandemik virus corona Covid-19 yang melanda dunia juga

memberikan kontribusi terhadap pencemaran perairan laut di Indonesia. Dengan kondisi seperti itu, dinyatakan bahwa sampah plastik pada masa Pandemi Covid-19 ikut memberikan andil yang cukup besar di perairan laut Indonesia. Pandemi Covid-19 disinyalir memperparah risiko dari mikro plastik akibat meningkatnya sampah plastik yang berasal dari Alat Pelindung Diri (APD) seperti masker, sarung tangan, baju *hazmat*, *face shield*, jas hujan didapatkan banyak terbuang ke laut melalui sungai. Material plastik tersebut hanyut bersamaan dengan sampah plastik lain seperti botol minuman, kantong kresek, kemasan makanan dan *Styrofoam*. Sampah masker diprediksi menjadi salah satu penyumbang tertinggi mikro plastik dari sampah APD yang masuk ke perairan laut Indonesia, karena masker yang berbahan dasar *polypropylene* yang cenderung lebih rapuh dibandingkan jenis plastik lain. Terjadinya peningkatan jumlah sampah medis ke perairan laut Indonesia, mengindikasikan kuat bahwa terdapat perubahan komposisi sampah yang muncul selama pandemi berlangsung. Dengan demikian sampah plastik yang memiliki massa lebih ringan menjadi produksi yang paling cepat meningkat jumlahnya masuk ke perairan laut Indonesia.



Gambar. 9.2. Limbah Sampah Covid-19 yang Terpapar Di perairan Laut Indonesia

(Sumber <https://www.mongabay.co.id/2021/01/29/laut-indonesia-dalam-ancaman-sampah-medis-covid-19/>)

9.4. Dampak Pencemaran Sampah Plastik di Perairan Laut Indonesia

Sampah plastik yang berada di perairan laut Indonesia tidak saja menjadi masalah nasional, akan tetapi sudah menjadi masalah dunia. Banyak Negara di dunia termasuk Indonesia, mengeluhkan jumlah sampah plastik yang secara perlahan terus meningkat, membuang sampah plastik ditambah lagi perilaku manusia yang masih membuang sampah plastik ke TPS dan TPA yang belum dikelola dengan baik. Peningkatan pemakaian bahan plastik yang tidak terkendali pada semua sisi kehidupan baik di daerah perdesaan maupun di perkotaan, mengakibatkan produksi bahan plastik semakin meningkat. Selain produksi bahan plastik yang semakin meningkat, sistem pengelolaan dan pembuangan akhir sampah plastik yang belum bersinergi mengakibatkan terjadinya penumpukan jumlah sampah plastik yang terbangun ke perairan laut juga meningkat.

Pemakaian bahan plastik sebagai bahan kemasan makanan dan minuman, kemasan barang konsumsi, kantong belanja serta bahan pembungkus barang lain, belum bisa dihindari dalam kehidupan masyarakat Indonesia baik yang berada di kota maupun di perdesaan. Bahan plastik merupakan bahan polimer sintesis yang mudah dan murah diperoleh serta sangat praktis dalam penggunaannya.

Pencemaran yang terjadi akibat keberadaan sampah plastik di perairan laut Indonesia, secara tidak langsung akan memberikan ancaman kepada banyak hal yang ada di muka bumi ini. Termasuk ancaman ekosistem laut terlebih lagi kepada manusia sebagai penghuni alam raya ini dari sejak dahulu. Ancaman tersebut tidak hanya berbentuk langsung, juga bisa secara tidak langsung. Ancaman secara tidak langsung daripada keberadaan sampah di perairan laut adalah manusia akan merasakan adanya perubahan perilaku yang tidak disadari oleh manusia itu sendiri seperti gangguan hormon, kelainan genetik, munculnya penyakit kanker yang dapat muncul sewaktu-waktu. Besar kecilnya dampak negatif yang muncul akibat keberadaan sampah plastik di perairan laut perlu mendapat perhatian dari Pemerintah yang berkompeten dalam masalah sampah ini. Penggunaan bahan plastik dalam kehidupan manusia salah satu penyebab produksi plastik semakin meningkat. Polusi yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan plastik berdampak negatif karena dapat mengancam ekosistem yang menuntut manusia untuk memikirkan dalam mencari jalan keluar untuk mengatasinya. Karena plastik yang sudah masuk ke dalam suatu ekosistem laut akan dapat mengalami degradasi baik secara oksidasi termal melalui radiasi ultraviolet, juga terjadi degradasi secara mekanik menjadi ukuran yang lebih kecil.

Limbah plastik bukanlah permasalahan baru di Bumi akan tetapi masalah yang terus bergulir dari tahun ketahun. Keberadaan limbah atau sampah plastik tersebut merupakan masalah klasik dan menyisakan keresahan bagi perairan laut dan masyarakat di

pesisir. Daratan seolah tidak cukup ruang untuk menampung limbah plastik hingga merembes ke daerah perairan. Perairan Laut Indonesia sudah terkena imbas akibat polusi plastik yang telah memenuhi wilayah perairan laut Indonesia.

Akibat yang muncul karena adanya sampah plastik di perairan laut beragam, meliputi ancaman terhadap ekosistem bahari, kesehatan manusia, hingga ekonomi. Berikut ditampilkan bahaya dan dampak sampah plastik di perairan laut Indonesia yang segera harus mendapat penanganan yang baik agar dampak negatif sampah tidak membesar dan meluas.

1. Merusak Keseimbangan Nutrien di Perairan Laut Indonesia.



Gambar 9.3. Kondisi Sampah Plastik di Perairan Laut Di Indonesia

<https://www.idntimes.com/science/discovery/nurfi/bahaya-fatal-sampah-plastik-di-laut-exp-c1c2/7>

Keberadaan *mikroplastik* atau serpih plastik berukuran lebih kecil dari membuat nutrien di laut jadi tak seimbang. Keberadaan mikroplastik di perairan laut Indonesia dapat menjadi ancaman yang besar bagi kehidupan Ikan Paus dan *Manta Ray*.

Keberadaan jenis ikan Ikan Paus dan *Manta Ray* tersebut mempunyai peranan yang besar kepada setiap pergerakannya di

perairan laut. Ikan Paus dan *Manta Ray* setiap hari menyerap air dalam jumlah besar, kemudian disaring dan nutriennya disebarkan pada ribuan spesies makluk bawah laut lainnya. Akan tetapi keberadaan sampah plastik yang memenuhi perairan laut, dapat membahayakan **Ikan Paus** dan *Manta Ray*. Kandungan racun yang terkandung di dalam mikroplastik menjadi sangat berbahaya bagi metabolisme dan fungsi reproduksi ke dua jenis ikan ini. Dengan kata lain begitu eksistensi ikan penyaring pengumpan terancam, maka ekosistem juga turut terancam karena rusaknya keseimbangan nutrisi di perairan laut Indonesia.

2. Membahayakan Keselamatan Hewan Bawah Laut



Gambar

9.4. Seekor Penyu Sedang Menyantap Limbah pPlastik di Perairan Laut Indonesia

<https://www.idntimes.com/science/discovery/nurfi/bahaya-fatal-sampah-plastik-di-laut-exp-c1c2/7>

Fauna yang berada di perairan laut sering kali salah mengira, bahwa sampah plastik tersebut adalah makanannya. Seperti contohnya penyu yang semestinya memakan ubur-ubur, justru memakan sampah plastik di perairan laut Indonesia.

Akibatnya diperkirakan 3 dari 7 *spesies* penyu yang ada sekarang ini terancam punah terkena bahaya sampah plastik.

3. Merusak Terumbu Karang



Gambar 9.5. Dampak Perairan Sampah Plastik Menutupi Terumbu Karang di Perairan laut

<https://www.idntimes.com/science/discovery/nurfi/bahaya-fatal-sampah-plastik-di-laut-exp-c1c2/7>

Terumbu karang berperan sangat besar bagi perairan laut, karena terumbu karang menyediakan habitat yang sangat krusial dalam kelangsungan hidup spesies laut. Bukan hanya itu, terumbu karang juga dapat menyesuaikan kadar karbon dan nitrogen dalam air serta menghasilkan nutrisi penting untuk rantai makanan laut. Akibat bergelimpangnya sampah plastik di perairan laut, di mana jumlah patogen di perairan meningkat cepat. Berdasarkan studi Joleah B Lamb (2018), sebanyak 89% **Terumbu Karang** yang bersentuhan dengan sampah plastik cenderung terjangkit penyakit. Kondisi seperti ini sangat mengkhawatirkan, di mana fakta memperlihatkan bahwa 60% dari **Terumbu Karang** mengalami rusak parah dan setengah dari

Karang Penghalang Besar, terumbu karang terbesar di dunia telah mati.

4. Mengurangi Populasi *Fitoplankton*



Gambar 9.6. Keberadaan Sampah Plastik di Perairan Laut Berdampak pada Plankton

<https://www.idntimes.com/science/discovery/nurfi/bahaya-fatal-sampah-plastik-di-laut-exp-c1c2/7>

Bahaya lain akibat keberadaan sampah plastik di perairan laut adalah berkurangnya populasi *fitoplankton*. Keberadaan tumbuhan yang hidup di air sangat membantu produksi oksigen di perairan laut. Hal ini disebabkan karena tumbuh-tumbuhan di perairan laut, termasuk *fitoplankton* menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesisnya. Berkat oksigen yang berada di perairan laut, akan ada penurunan emisi karbon dioksida. Namun jika sampah plastik mengganggu populasi *fitoplankton*, produksi oksigen di perairan laut akan berkurang dan dapat membahayakan planet bumi.

5. Mengancam Eksistensi Burung Laut



Gambar 9.7. Kondisi Perairan yang Memaksa Para Burung Laut Memakan Limbah Plastik

<https://www.idntimes.com/science/discovery/nurfi/bahaya-fatal-sampah-plastik-di-laut-exp-c1c2/7>

Sampah plastik juga berbahaya bagi burung laut. Data *Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing* (2015), 90% bahwa burung laut memakan sampah plastik. Karena intensitasnya yang tinggi, sehingga perut dari burung laut kebanyakan adalah sampah plastik, bisa berupa tutup botol, serat sintesis pakaian dan mikroplastik. Diprediksi bahwa angka spesies dengan sampah plastik dalam tubuh hewan laut akan mengalami peningkatan.

6. Berbahaya bagi kesehatan manusia

Sampah plastik di perairan laut tidak terurai, melainkan hanya bisa berubah menjadi serpihan yang lebih kecil. Sampah plastik dapat berbahaya bagi kesehatan manusia lewat rantai makanan. Ketika hewan-hewan laut memakan sampah plastik, manusia

turut terancam lantaran sebagian makanan yang dikonsumsi berasal dari laut. Mengapa demikian, karena kandungan kimia pada plastik yaitu timbal, kadmium, dan merkuri yang mengandung racun. Selain itu ada juga kandungan plastik berupa *diethylhexyl phthalate* (DEHP). Kandungan racun tersebut dapat mengakibatkan permasalahan bagi manusia misalnya kanker, gangguan sistem kekebalan tubuh dan perkembangan anak, hingga cacat lahir.

7. Dampak Negatif di Sektor Perekonomian



Gambar 9.8. Keberadaan Sampah di Pesisir Perairan laut Berdampak Buruk bagi Perekonomian

<https://www.idntimes.com/science/discovery/nurfi/bahaya-fatal-sampah-plastik-di-laut-exp-c1c2/7>

Banyaknya sampah plastik akan berdampak buruk pada perekonomian, khususnya sektor industri perikanan dan pariwisata. Limbah plastik dapat merusak alat penangkapan ikan. Selain membutuhkan dana yang cukup besar untuk memperbaiki kerusakan yang timbul, juga mengharuskan penggantian kapal apabila kerusakannya terkategori berat.

Di sektor industri pariwisata juga terdampak oleh adanya sampah plastik sehingga mengalami pengurangan eksotisme destinasi wisata. Apabila sampah plastik sudah menutupi pantai dengan gunung sampah plastiknya, akan berdampak pada berkurangnya jumlah pengunjung yang ingin menikmati wisata alam tersebut sehingga akan mengurangi pendapatan masyarakat. Dampak keberadaan sampah plastik di perairan laut sangat fatal, karena bukan saja biota laut yang terancam, manusia juga akan terkena dampaknya.

9.5. Upaya Penanggulangan Pencemaran di Perairan Laut Indonesia

Sampah di perairan laut Indonesia akan menyebabkan terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup dan ekosistem perairan laut yang dapat membahayakan kesehatan semua makhluk yang ada di dalamnya. Akibat adanya pencemaran akibat sampah plastik di perairan laut, sudah ditemukan kandungan plastik berukuran sangat kecil (*micro*) sampai ke ukuran *nano* pada biota laut dan sumber daya laut lainnya di perairan laut Indonesia. Mengingat sampah plastik merupakan material yang komponennya paling sulit terurai oleh proses alam yang dampaknya sangat berbahaya bagi ekosistem perairan laut Indonesia, maka Pemerintah Indonesia menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut sebagai komitmen Pemerintah untuk menangani sampah plastik di perairan laut Indonesia sebesar 70 % sampai dengan tahun 2025.

9.6. Penutup

Fenomena kerusakan perairan laut Indonesia merupakan tanggung jawab masyarakat, bangsa dan Negara Indonesia. Mari bergerak bersama secara terus menerus demi kelestarian perairan laut Indonesia.

Bab 10

Konstruksi Bangunan Rumah Sederhana Tahan Gempa

10.1. Pendahuluan

Gempa bumi adalah fenomena alami yang dihasilkan dari aktivitas alami di bawah permukaan bumi. Sebagai kejadian alami, gempa bumi tidak dapat dibedakan dari fenomena alam lainnya, terutama vulkanisme aktif. Selain gerakan pelat, cairan magma di lapisan bawah kerak bumi juga menghasilkan gempa bumi. Magma di dalam planet ini juga bergerak. Gerakan menghasilkan akumulasi massa cair. Cairan akan terus melakukan perjalanan sampai akhirnya menghasilkan energi yang cukup untuk mengusirnya dari kerak bumi. Sebagai saluran untuk cairan, energi ini menyebabkan kerak bumi menderita gerakan yang berbeda. Gerakan ini menghasilkan gempa bumi. (Rizky, A.E., & Tutuheru, 2020)

Indonesia merupakan salah satu negara yang wilayahnya banyak memiliki gunung berapi sehingga sering dijuluki sebagai *ring of fire*. Akibat dari banyaknya gunung berapi, maka peluang untuk terjadinya gempa bumi khususnya gempa vulkanik menjadi cukup besar. Selain gempa bumi vulkanik, wilayah Indonesia juga sering terjadi gempa bumi tektonik.

Pada tahun 2021, BMKG mencatat 10.570 gempa bumi tektonik, dan Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melaporkan bahwa 26 di antaranya merusak. Gempa bumi menyebabkan kematian, kerugian properti,

kerusakan konstruksi, dan kerusakan lingkungan. Sebanyak 119 orang tewas dan 6.803 orang terluka akibat kehancuran gempa bumi. Akibatnya, sangat penting untuk merencanakan dan membangun rumah yang memenuhi kriteria untuk struktur yang tahan gempa. Rumah yang tahan gempa bumi tidak identik dengan kemewahan dan kemegahan. Namun, rumah nyaman yang sederhana dan aman dari gempa bumi. (*Ingin Miliki Rumah Sederhana Tahan Gempa? Terapkan Komponen Ini*, 2022).

Istilah "mitigasi" mengacu pada serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana melalui perkembangan fisik, serta peningkatan pengetahuan dan peningkatan kapasitas untuk menghadapi ancaman bencana.

Tujuan mitigasi bencana adalah untuk mengurangi risiko dan efek bencana pada individu yang tinggal di daerah rawan bencana. Termasuk adalah perencanaan dan implementasi perencanaan tata ruang berdasarkan penilaian risiko bencana, pengaturan pengembangan, pengembangan infrastruktur, dan pengaturan bangunan; dan implementasi pendidikan konvensional dan modern, pelatihan, dan konseling. (PP No. 21 Tahun 2008, 2008)

10.2. Gempa Bumi dan Dampaknya

Gempa bumi yang sebenarnya tidak secara langsung membunuh manusia, tetapi desain dan konstruksi manusia yang salah mengakibatkan kematian. Konstruksi di lokasi berbahaya (di lereng, di bawah lereng, di zona patahan, di daerah dengan lapisan tanah yang lunak, di pantai), konstruksi tanpa perencanaan yang tepat, konstruksi dengan bahan di bawah standar, konstruksi dengan spesifikasi di bawah standar, konstruksi tanpa memperhatikan bahaya di dekatnya, dan konstruksi oleh non-ahli adalah contoh pengembangan kecelakaan. Terutama yang berkaitan dengan ancaman gempa bumi adalah konsep menciptakan rumah yang tahan gempa (perlawanan gempa). (Suharno et al., 2010).

Di Indonesia, dua gempa bumi terpisah terjadi kurang dari dua bulan, mengakibatkan hilangnya nyawa dan properti. Gempa bumi Lombok pada tanggal 31 Juli 2018 dan gempa bumi Palu dan Donggala pada 28 September 2018 disertai dengan tsunami yang disebabkan lebih dari seribu kematian dan ribuan cedera.



Gambar 10.1. Dampak Gempa Bumi Palu 2018 (*Regional Liputan6.com, 2018*)



Gambar 10.2. Dampak Gempa Bumi Lombok 2018 (*Foto Liputan6.com, 2018*)

Berdasarkan pengaruh yang dimiliki gempa bumi pada beberapa bangunan seperti yang diilustrasikan di atas, berikut ini beberapa kemungkinan potensi penyebabnya (Siswanto & Salim, 2018):

- Kerusakan parah pada bangunan dihasilkan oleh kegagalan dalam struktur "sendi kolom balok" (rapat antara balok dan kolom)

- Bangunan yang rusak didorong oleh bahan dan implementasi berkualitas buruk
- Bangunan yang rusak dipicu oleh kurangnya pemahaman tentang prinsip-prinsip desain seismik.

10.3. Rumah Sederhana Tahan Gempa

Sebagai salah satu solusi dalam meminimalkan dampak yang terjadi akibat gempa bumi, salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan membangun bangunan rumah sederhana tahan gempa. Istilah "rumah anti-gempa" sering mengacu pada struktur yang dibangun dengan keselamatan dan kekuatan, sehingga dapat menahan gempa bumi yang menghancurkan.

Secara signifikan lebih akurat untuk menyebut gaya rumah ini sebagai rumah yang tahan gempa, karena tujuannya bukan untuk menahan atau menolak dampak gempa bumi, tetapi lebih untuk mengurangi bahaya kerusakan struktural yang disebabkan oleh guncangan seismik dan untuk membuat proses evakuasi lebih mudah setelahnya.

Secara umum, konsep bangunan yang tahan gempa bumi berikut dapat digunakan sebagai panduan atau konsep saat membangun rumah di daerah rawan gempa (Supriani, 2009) :

- Denah lantai yang sederhana dan simetris dan struktur bangunan.
- Ketinggian bangunan tidak melebihi empat kali lebar bangunan.
- Struktur ringan atau kompak.
- Dibangun dalam satu bagian
- Struktur atau fondasi konstruksi yang kokoh.

Terkait bangunan rumah sederhana tahan gempa, BNPB memberikan beberapa contoh desain rumah anti gempa terkini karya anak bangsa sebagai inspirasi yaitu:

a. Growing house

Lima siswa UGM Yogyakarta menerima tempat kedua dalam kategori desain dan tempat kedua dalam kategori panel terbaik dalam kompetisi desain perumahan "Kumamoto Artpolis" di Jepang.

Konsep desain Ardhyasa Fabian Gusma dan teman-temannya terdiri dari tiga tahap: rumah untuk semua, ruang untuk semua, dan kehidupan untuk masa depan. Rumah ini memiliki panel surya, tingkat keamanan yang tinggi, dan tata letak khusus untuk individu yang cacat.

**MINNA NO IE
HOUSE FOR ALL**



Gambar 10.3. *Growing House (www.rumah.com, 2021)*

b. Rumah dome atau rumah Teletubbies

Bentuk setengah lingkaran bangunan ini membuatnya menonjol. Seperti iglo. Dinding dan atap rumah ini, yang tidak memiliki fondasi, dibangun bersama sehingga dapat menangani guncangan lebih baik.

Sebuah kompleks perumahan di Nglepen Hamlet, Prambanan, Sleman, Jawa Tengah, dibangun dari sebuah rumah yang

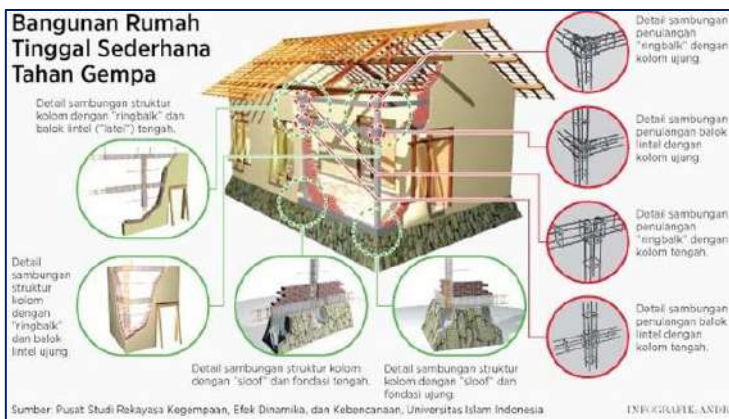
dirancang oleh Prof. Nizam, M.Sc., Ph.D. Dome/Teletubbies Tourism Village.



Gambar 10.4. Rumah Dome (*www.rumah.com*, 2021)

c. Barrataga (Bangunan Rumah Rakyat Tahan Gempa)

Siapa yang akan menebak bahwa rumah ini tahan gempa terlepas dari penampilan klasiknya? Prof. IR. Sarwidi, pakar teknik ketenagakerjaan Yogyakarta Indonesian Islamic University (UII), memprakarsai rancangan ini.



Gambar 10.5. Barrataga (*www.rumah.com*, 2021)

Menanggapi gempa bumi yang melanda Jogja pada tahun 2006, ide di balik rumah ini adalah "selamatkan diri Anda." Rangka dari Barrataga terdiri dari kolom beton, balok tepi atas, balok yang lebih rendah, dan balok lantai yang terhubung ke simpul Barrataga sehingga tidak pecah ketika gempa bumi menghantam. Bagian terkuat dari bangunan ini adalah pengait dari besi penguatan. Sarwidi mengatakan bahwa rumah ini akan lebih kuat melawan gempa jika bagian-bagian besi yang menyatukannya terbuat dari kayu atau bambu.

d. Rumah Instan Sederhana Sehat/RISHA

RISHA dibangun oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan (PUPR) dengan prinsip bongkar pasang. Proses pembangunan tidak membutuhkan semen atau batu bata. Sebaliknya, panel beton dan baut digunakan untuk menyatukan bangunan. Bagian-bagian dibuat dalam modul, yang merupakan potongan kecil yang dapat disatukan dengan cara yang berbeda.



Gambar 10.6. Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA)
(www.rumah.com, 2021)

e. Rumah Instan Kayu/RIKA

Untuk membuatnya tahan guncangan, kayu berkualitas rendah yang tumbuh dengan cepat (Sengon, karet, mangium) direpresses menggunakan sistem laminasi laminasi (LVL) sistem dengan kekuatan kayu berkualitas kelas 1. RIKA juga merupakan salah satu karya dari Kementerian PUPR.



Gambar 10.7. Rumah Instan Kayu (RIKA) (*www.rumah.com, 2021*)

f. Rumah Unggul Sistem Panel/RUSPIN

RUSPIN adalah produk pengembangan dari RISHA, yang keduanya memiliki mekanisme untuk membongkar dengan komponen yang diproduksi oleh Kementerian PUPR.

Berbeda dengan RISHA, RUSPIN lebih unggul karena sistem bongkar muatnya dengan teknologi modern lebih hemat biaya dan lebih mudah dipasang dengan menghilangkan simpul yang bermasalah.



Gambar 10.8. Rumah Unggul Sistem Panel (RUSPIN) (*www.rumah.com, 2021*)

g. Rumah Conwood

Rumah ini dikenal sebagai Conwood House karena menggunakan panel non-Kayu yang terbuat dari semen dan serat untuk membuatnya lebih tahan gempa. Tujuh orang dapat membangun penemuan teknologi PT. Conwood Indonesia dalam tujuh hari dengan sedikit kesulitan.



Gambar 10.9. Rumah Conwood (*www.rumah.com, 2021*)

10.4. Penutup

Salah satu langkah mitigasi bencana khususnya bencana gempa bumi adalah dengan membangun bangunan rumah sederhana tahan gempa, bagaimanapun bencana alam adalah merupakan fenomena alam yang sulit untuk kita hindari, namun manusia sebagai makhluk Tuhan yang dianugrahi akal dan fikiran dapat menggunakan hal tersebut untuk meminimalkan dampak bencana alam yang kemungkinan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- AA Seri Kusniarti, (2020). Banten Saiban, Ini Pentingnya Kata Ida Rsi Bhujangga Waisnawa Putra Sara Shri Satya Jyoti. <https://bali.tribunnews.com/2020/11/26/banten-saiban-ini-pentingnya-kata-ida-rsi-bhujangga-waisnawa-putra-sara-shri-satya-jyoti?page=4> diunduh 14 April 2022
- Abdul Rivai Suleman, M. Saleh Pallu, J Patanduk, T Harianto, 2014. Studi eksperimental efek intensitas hujan pada tingkat erosi lereng untuk tanah pasir berlumpur dengan gradien kemiringan yang berbeda, Jakarta.
- Abdullah D., Takiguchi, K., (2003), *An Investigation into The Behavior and Strength of Reinforced Concrete Columns Strengthened with Ferrocement Jackets, Cement Concrete Composite* 25, pp.233-242.
- Afrizal Utama, Lusi Utami, 2015. Kerentanan Kawasan Berpotensi Banjir Bandang dan Mitigasi Bencana pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji Padang, Jakarta
- Agus Maryono, 2005. Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan. Gajah Mada University Press : Yogyakarta
- Agus Puji Prasetyono (2017). Mengelola Danau dan Bendungan untuk Kehidupan. <https://www.brin.go.id/mengelola-danau-dan-bendungan-untuk-kehidupan/#:~:text=Karena%20memiliki%20daya%20tampung%20air,habitat%20bagi%20tumbuhan%20dan%20sawa%2C> diunduh 17 April 2022
- Ahmad, A. (2012) 'Perkembangan Teknologi Komunikasi dan Kesenjangan Informasi: Akar Informasi dan Berbagai Standarnya', Jurnal Dakwah Tabligh, 13(1), pp. 137–149.**

- Ahmad, A. (2012) 'Perkembangan Teknologi Komunikasi dan Kesenjangan Informasi: Akar Informasi dan Berbagai Standarnya', *Jurnal Dakwah Tabligh*, 13(1), pp. 137–149.**
- Albala-Bertrand, J. M. *Political Economy of Large Natural Disasters*, Clarendon Press, Oxford, 1993.
- Amiruddin A.A., (2014), *Metode Retrofit Dengan Wire Mesh dan SCC Untuk Peningkatan Kekuatan Lentur Balok Beton Bertulang*, Proseding Seminar Konferensi Nasional Teknik Sipil (KONTEKS) 8.
- Amirul Nisa (2021). 4 Jenis Tanaman yang Hasilkan Oksigen di Malam Hari <https://bobo.grid.id/read/082902375/4-jenis-tanaman-yang-hasilkan-oksigen-di-malam-hari-ini-cara-merawatnya?page=all> diunduh 18 April 2022
- Arifin, Yuyu Indriati, dan Mnh. Kasim. 2012. *Laporan Penelitian Pemetaan Zonasi Banjir Kota Gorontalo Untuk Mitigasi Bencana*.Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo-Lembaga Penelitian.
- Arjasakusuma , Sanjiwana ; Yamaguchi, Yasushi; Hirano, Yasuhiro; Zhou, Xiang. 2018. "ENSO dan Kawasan Vegetasi Sensitif Curah Hujan di Indonesia yang Diidentifikasi dari Data Penginderaan Jauh Multi-Sensor." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7(3): 1-19.
- Arlyta Dwi Anggraini (2019) 'Inovasi Teknologi 4.0: Lebih Cepat Menginformasikan Bencana'. Available at: <https://indonesiabaik.id/infografis/inovasi-teknologi-40-lebih-cepat-menginformasikan-bencana>.**
- Arlyta Dwi Anggraini (2019) 'Inovasi Teknologi 4.0: Lebih Cepat Menginformasikan Bencana'. Available at: <https://indonesiabaik.id/infografis/inovasi-teknologi-40-lebih-cepat-menginformasikan-bencana>.**

- Arnoldussen, Ludger. 2013. *Cuaca Ekstrim di Asia Timur (Perils, Risks, Insurance)*. München: München RE.
- Asfirmanto, D. (2021) Indeks Resiko Bencana Indonesia. Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.**
- Asfirmanto, D. (2021) Indeks Resiko Bencana Indonesia. Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.**
- Astuti, K. D, dan Pangi, 2010. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis untuk Perencanaan Tata Ruang*, Laboratorium Geomatika dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Azmeri, Devi Sundari 2013. *Mitigasi Bencana Banjir Bandang Kecamatan Leuser Aceh Tenggara melalui analisis perilaku sungai dan Daerah Aliran Sungai*, Jakarta
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2012. "Pedoman Sistem Peringatan Dini Berbasis Masyarakat" Jakarta,.
- Badan Pusat Statistik Kab.Sidrap, 2014.*Kota Sidrap dalam Angka Tahun 2014*, Badan Pusat Statistik Kota Sidrap, Sidrap.
- Badan Umum Penanggulangan Kerusakan. 2018. "Data Informasi Kerusakan Indonesia (DIBI)." <http://dibi.bnppb.go.id/>. 13 Desember 2018 (15.32).
- Bakomas P. B., 2007. *Pedoman Penanggulangan Bencana Banjir*, Jakarta.
- Bambang Budi Utomo, Rima Dewi Supoharjo 2012. *Pemintakatan Resiko Bencana Banjir Bandang di Kawasan Sepanjang Kali Sampean, Kabupaten Bondowoso*, Jakarta
- Bayrak., Sheik, S.A., (2002), *Response Prediction by Plastic Hinge Analysis Technique*, Dep.of Civil Engineering, University of Toronto, Ontario, Canada.

- Berry, M. P., (2006), *Performance Modeling Strategies for Modern Reinforced Concrete Bridge Columns*, Unpublished Ph.D thesis, Univ. of Washington, USA.
- Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekeijaan Umum, Jakarta.
- Binici, B., (2008), *Design of FRPs in Circular Bridge Column Retrofits for Ductility Enhancement*, ASCE Engineering Structural Journal 30(3), pp. 766 – 776.
- Biskinis, D., Fardis, M. N., (2010), *Flexure Controlled Ultimate Deformations of Members With Continuous or Lap Spliced Bars*, ACI Structural Concrete Journal 11(2), pp. 93 – 108.
- BNPB (2021) ‘Jumlah Bencana Alam di Indonesia 2010-2020’. Available at: <https://bnpb.go.id/>.**
- BNPB (2021) ‘Jumlah Bencana Alam di Indonesia 2010-2020’. Available at: <https://bnpb.go.id/>.**
- BNPB (2022) Bencana Indonesia 2021. Available at: <https://bnpb.go.id/>.**
- BNPB (2022) Bencana Indonesia 2021. Available at: <https://bnpb.go.id/>.**
- BNPB. (2012). Daerah Waspada Kerusakan Tornado dan Banjir. Majalah GEMA BNPB Vol 3 No 3.
- Brief History Of Computer (2022). Available at: [http://people.bu.edu/baws/brief computer history.html](http://people.bu.edu/baws/brief%20computer%20history.html).**
- Brief History Of Computer (2022). Available at: [http://people.bu.edu/baws/brief computer history.html](http://people.bu.edu/baws/brief%20computer%20history.html).**
- Buchori, I., Rudianto, I., Wijaya, H. B., Pigawati, B., Rahayu, S., Widjanarko, Sejati, A. W , Astuti, K. D, dan Pangi, 2010. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis untuk Perencanaan Tata Ruang*, Laboratorium Geomatika dan

Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Burton, I. et al. *The Environment as Hazard*, Oxford University Press, Oxford, 1978.

Cannon, T. *Vulnerability Analysis and the Explanation of Natural Disasters*, *Disasters, Development and Environment*, ed A. Varley, John Wiley & Sons, Chichester, 1994.

Choirul, M. H. 1998. *Analisis Risiko Banjir Banyuwangi 1994 Dengan Pemodelan Sistem Informasi Geografis*. [Karangan]. Institut Teknologi Bandung. Bandung, 50p.

Choudhury, A. M. *Flood - 1988*, Bangladesh Space Research and Remote Sensing Organisation, Dhaka, 1988.

Corps of Engineers, 2006. *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System User's Manual*, U. S. Army, Washington DC.

Corps of Engineers, 2010. *Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System User's Manual*, U.S. Army, Washington DC.

Corti, E. C. *The Destruction and Resurrection of Pompeii and Herculaneum*, Routledge & Kegan Paul, London, 1951.

Cuny, F. C. *Disasters and Development*, Oxford University Press, New York, 1983.

Danny Anjar Kuncoro (2018). *Perlunya Pendidikan Mitigasi Bencana untuk Masyarakat*.
<http://bbrvbd.kemsos.go.id/modules.php?name=News&file=article&sid=195> diunduh 17 April 2022

Danoedoro, Projo. 1997. *Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi UGM Yogyakarta.

- Dayu Swasrina (2018). <https://www.balipost.com/news/2018/11/07/60681/Punca-k-Karya-Danu-Kertih-Dipuput...html> diunduh 15 April 2022
- Diposaptono , S. dan Budiman , 2005, Banjir, Penerbit Buku Ilmiah Populer. Bogor.
- Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, Manajemen Risiko K3 (Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Risiko)
- Dulbahri. 1997. Sistem Informasi Geografis. PUSPICS Fakultas Geografi UGM Yogyakarta- Bakosurtanal.
- Edwards, R. D. & Williams, T. D. The Great Famine: Studies in Irish History 1845-52, New York University Press, New York, 1957.
- Elmenschawi A., Brown T., (2010), *Hysteretic Energy and Damping Capacity of Flexural Elements Constructed With Different Concrete Strengths*, Elsevier Journal of Engineering Structures 32.2010, pp. 297 – 305.
- Elsanadedy, H. M., and Haroun, M. A., (2005), *Seismic Design Guidelines For Squat Composite-Jacketed Circular and Rectangular Reinforced Concrete Bridge Columns*, ACI Structural Journal 102(4), pp. 505 – 514.
- Engelberg, Miriam, 1990. *Understanding GIS: The ArcInfo Method*, CA: Environmental System Research Institute, Redlands, USA.
- Eslami, A. A. Destructive Earthquakes in Iran: Emphasising Gillan's Earthquake, Paper presented in the National Seminar on the Natural Disasters in Iran, Teheran, 1991.
- ESRJ, 2008. *Geographic Information Systems: Providing the Platform for Comprehensive Evakuasi dari Turunan SRTM90 (Studi Kasus: Kota Padang*. Jakarta: LAP AN Emergency Management, Redlands, USA.

Foster, SJ and Attard, M.M., (1997), *Experimental Tests on Eccentrically Loaded High Strength Concrete Columns*, ACI Structural Journal, May - June, pp 295 – 303.

Foto Liputan6.com. (2018).
<https://www.liputan6.com/photo/read/3603579/foto-melihat-dampak-gempa-64-sr-yang-mengguncang-lombok?Echobox=1532879817&page=1>

Foto Liputan6.com. (2018).
<https://www.liputan6.com/photo/read/3603579/foto-melihat-dampak-gempa-64-sr-yang-mengguncang-lombok?Echobox=1532879817&page=1>

Gasquet, F. A. *The Black Death of 1348 and 1349*, Methuen, London, 1908.

Gersanandi , dkk. *Analisis Spasial Kerentanan Banjir di Kabupaten Pesisir dan Kota Provinsi Sumatera Barat*. Buku Harian Oseanografi. Jilid2, No.3, hal.232-237. 2013.

Gu D.S., Wu Y.F., Wu G., Wu Z.S., (2012), *Plastic Hinge Analysis of FRP Confined Circular Concrete Columns*, Elsevier Journal Construction 27 (2012), pp. 223 – 233.

Hairul (2020) *Manajemen Risiko*. Yogyakarta : Deepublish.

Hardiyatmoko , HC (2006). *Manajemen Longsor dan Erosi (Isu 1)*. Yogyakarta: Gadjah Pers Universitas Mada .

Hewitt, K. *Interpretations of Calamity from the Viewpoint of Human Ecology*, Allen and Unwin, Boston, 1983.

Hidayat, B., 2014. *Memahami Bencana Banjir di Kota Padang dengan Content Analysis Artikel Berita (Understanding Flood in Padang City with Content Analysis of News Articles)*, PIT HATHI XXXXI, Padang

Hines, E. M., Restrepo, J. I., and Seible, F., (2004), *Force Displacement Characterization of Well Confined Bridge Piers*, ACI Struc. J.101(4), pp. 537 – 548.

Ho, J. C. M., and Pam, H. J., (2003), *Inelastic Design of Low Axially Loaded High-Strength Reinforced Concrete Columns*, ASCE Eng. Struc. J 25(8), pp. 1083 – 1096.

<https://bali.kemenag.go.id/klungkung/berita/18749/makna-filosofis-dalam-hari-suci-tumpek-wariga>

<https://safetymanagement.eku.edu/blog/when-disaster-strikes-technologys-role-in-disaster-aid-relief/>

<https://sertifikasiku.com/penjelasan-lengkap-manajemen-risiko-definisi-manfaat-tujuan-peran-dan-langkah-langkah/>

<https://www.ocbcnisp.com/id/article/2021/08/30/manajemen-risiko>

I Ketut Wiana (2018) “Sad Kertih”: Sastra Agama, Filosofi, dan Aktualisasinya

<https://ejournal.baliprov.go.id/index.php/jbmb/article/view/29/25> diunduh 3 April 2022

Iacobucci R.D., Sheikh S.A., Bayrak O., (2003), *Retrofit of Square Concrete Columns with Carbon Fiber Reinforced Polymer for Seismic Resistance*, ACI Structural Journal Nov - Dec 2003, pp. 785 – 794.

Ibrahim, MM, Harianto dan Wibowo , MC (2015). Merencanakan dan Membangun Alat Pemantau Longsor di Daerah Rawan Longsor Menggunakan Sensor Wire Extensometer dan Sensor Tipping Bucket. *Buku Harian Sistem Kontrol dan Jaringan*, 4(2), 34t43.

Ilki A., Peker O., Karamuk E., Demir C., Kumbasar N., (2008), *FRP Retrofit of Low and Medium Strength Circular and Rectangular Reinforced Concrete Columns*, ASCE Journal of Materials in Civil Engineering 2008.20, pp.169 – 188.

Imran, AM, Ramlan , A. Arif , S. Baja, S., Paharuddin ., Solle , MS, Alimuddin , I., Sakka ., Salman, D. 2013. *Investigasi Naskah Akademik Rencana Induk Manajemen Risiko*

Kerusakan Banjir Bandang. Universitas Hasanuddin .
Makassar.

Ingin Miliki Rumah Sederhana Tahan Gempa? Terapkan Komponen Ini. (2022).

<https://www.kompas.com/properti/read/2022/04/20/201238721/ingin-miliki-rumah-sederhana-tahan-gempa-terapkan-komponen-ini>

Ingin Miliki Rumah Sederhana Tahan Gempa? Terapkan Komponen Ini. (2022).

<https://www.kompas.com/properti/read/2022/04/20/201238721/ingin-miliki-rumah-sederhana-tahan-gempa-terapkan-komponen-ini>

Irsyam M., Sangara I.W., Aldiamar F., Widiyantoro S., Triyoso W., Natawidjaja D.H., Kertapati E., Meilano I., Suharjono, Asrurifak, Ridwan M., (2000), *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, Puslitbang Bandung.*

Jiang C., Wu Y.F., Wu G., (2014), *Plastic Hinge Length of FRP-Confined Square RC Columns, Journal Composite Construction*, pp. 1 – 12.

Julio E.S., Branco F., Silva V.D., (2003), *Structural Rehabilitation of Columns With Reinforced Concrete Jacketing, Prog. Structural Eng. Material*, pp. 29 – 37.

Kadir A, (2016), *Perilaku Kolom Yang Diperkuat Kombinasi Wire Rope dan Wire Mesh*, Unpublished Disertasi Doktor Teknik Sipil, Univ. Gadjah Mada Yogyakarta.

Kahen G, 1996. Disaster prevention and management: an academic challenge for disaster prone developing countries. *Transactions on Ecology and the Environment* vol 11, © 1996 WIT Press, www.witpress.com, ISSN 1743-3541.

- Kahen, G. & Sayers, B. McA. Modelling Optimal Allocation of Foreign Exchange for Technological Import Needs by the Central Bank in Developing Countries: The case of Iran, The Proceeding of the 5th Conference on Monetary and Foreign Exchange Policies, Teheran, Iran, 1995.
- Kahen, G. Institutionalising Technology Transfer within a Multi Dimensional Context: The Japanese Style, The Proceeding of the International Conference on Japanese Information in Science, Technology and Industry, The University of Newcastle upon Tyne, U.K, 1995.
- Kahen, G. Integrating Energy Planning and Techno-Economic Development: A Solid Basis for the Assessment and Transfer of Energy Technology to Developing Countries, The First Joint International Symposium on Energy Models for Policy and Planning, London Business School / International Federation of Operational Research Societies, London, 1995.
- Kahen, G. The Trends of Import-Export in the Persian Gulf Region, The Proceeding of the First International Conference on the Persian Gulf, 21-3 November, Teheran, Iran, 1989.
- Kahen, Goel & Griffiths, Catherine Human Factors, Technology Transfer, and Information Technology in the Socio-economic Development of the Third World: How can Ergonomics minimise the conflicts of transferring advanced technology to developing countries?, The Proceeding of IT - DEV 95: International Conference on Information Technology for Development, Johannesburg, South Africa, 1995.
- Kameda, R. Torrent Vulnerability Assessment Pemetaan Krisis Kerusakan Banjir Aktual di Miyagi, Jepang. 2011.
- Kementerian PU, 2012. "Manajemen Penanggulangan Bencana Banjir Bandang" PSN xx: 2012 Pedoman Penyusunan Sistem Peringatan Dini dan Evakuasi Banjir Bandang, Jakarta

- Kendric, T. D. *The Lisbon Earthquake*, Methuen, London, 1956.
- Kreimer, A. & Munasinghe, M. *Environmental Management and Urban Vulnerability*, World Bank Discussion Paper No. 168, World Bank, Washington D.C., 1992.
- Kumiawan, L., Yunus, R., Amri, M. R, dan Narwawi Pramudiarta, 2011. *Indeks Rawan Bencana Indonesia*, BNPB, Jakarta.
- Legeron F., Paultre P., (2000), *Behavior of High Strength Concrete Columns Under Cyclic Flexure and Constant Axial Load*, *ACI Struc.J*, Jul - Aug, pp. 591 – 601.
- Lehman D.E., Gookin S.E., Nacamuli A.M., Moehle J.P., (2001), *Repair of Earthquake Damaged Bridge Columns*, *ACI Structural Journal* 2001 : 98 (2), pp. 233 – 42.
- Lenny Tristia Tambun (2021). Ancaman Bencana Makin Meningkat, Ini pesan Jokowi ke BMKG <https://www.beritasatu.com/nasional/806931/ancaman-bencana-makin-meningkat-ini-pesan-jokowi-ke-bmkg> diunduh 17 April 2022
- Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley & Son, Inc.
- Liu, C., Li, W., Wu, H., Lu, P., dan Sang, K. (2013). Penilaian kerentanan dan uâ] vP)(Z]v [s disintegrasi mengingat informasi multi-sumber. *Nat Hazrds Journal*, 69, 1477t1495.
- Lubchenco, Jane., 2010. *Flash Flood Early Warning System Reference Guide*, halaman D-2, USA: Comet.
- Lubis, I. and Safii, M. (2018) Teknologi , Informasi , dan Komunikasi , Permasalahan Kota , sekelumit tentang Smart City dari kota lain dan pemaparan smart city, Jurnal Inovasi Pendidikan.**

- Lubis, I. and Safii, M. (2018) Teknologi , Informasi , dan Komunikasi , Permasalahan Kota , sekelumit tentang Smart City dari kota lain dan pemaparan smart city, Jurnal Inovasi Pendidikan.**
- Ma C.K., Apandi N.M., Yung S.C.S., Hau N.J., Haur L.W., Awang A.Z., Omar W., (2016), *Repair and Rehabilitation of Concrete Structures Using Confinement A Review*, Elsevier Journal of Const. and Build. Materials, 133 (2017), pp. 502 – 515.
- Mahayasa, I Gede Aryana (2019) *Manajemen Risiko*, Denpasar : UNHI Press.
- Mandela, W., dan Wanane , M. (2020). Penilaian investigasi pembangunan rumah dasar yang melibatkan Penyaringan Visual Ravid di Keluarga Saoka, Distrik Maladumes, Kota Sorong . Karkasa , 6(2), 47-55.
- Mander, J. B., (1983), *Seismic Design Of Bridge Piers*, Unpublished Ph.D Thesis, Univ.of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Mannocchi , F; Todisko , F; Vergni , L. 2004. "Pertanian Kemarau: Indeks, Definisi dan Analisis." Dalam Prosiding Simposium UNESCO/IAHS/IWHA , , 246-54.
- Mardiyanto , B., dkk. Kajian Kerentanan Gelombang Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Bantul DIY. Buku Harian Riset Kelautan. Jilid 2 No. 1 hal. 103-111. 2013.
- Marfai MA dan Khasanah T (2009). Kelemahan dan keserbagunaan jaringan tepi laut terhadap risiko banjir, genangan, dan arus deras. Laporan penelitian. Hibah Penelitian Kerusakan dan Kebudayaan. CRCS. Sekolah Pascasarjana UGM.
- Martin, E. S. et al. Environmental Education in Sweden, The Environmentalist, 13, pp. 221-7, 1993.

- Menarik. 2009. PASTI (Alat Diagnostik Kesiapsiagaan Kerusakan di Indonesia). Jakarta: Kantor UNESCO.
- Meshkati, N. & Robertson, M.M. The effects of human factors on the success of technology transfer projects to industrially developing countries: A review of representative case studies, *Human Factors in Organisational Design and Management II*, ed Brown, O. & Hendrick, H.W., Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1986.
- Meshkati, N. Technology Transfer to Developing Countries: A Tripartite Micro- and Macro-ergonomic Analysis of Human Organisation Technology Interfrees, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 4, pp. 101-15, 1989.
- Metro Bali (2014). <https://metroballi.com/tawur-agung-wana-kertih-di-pura-pucak-mangu-bupati-gde-agung-lepas-satwa-ke-alam-liar/> diunduh 14 April 2022
- Monti, G., Nisticò, N., and Santini, S., (2001), *Design of FRP Jackets for Upgrade of Circular Bridge Piers*, *ACSE Comp. Const. J.* 5:2(94), pp. 94 – 101.
- Moret, A. *The Nile and Egyptian Civilisation*, Routledge & Kegan Paul, London, 1972.
- Muchlis . (2015). Penerjemahan Potensi Massa Longsor Menggunakan Metode Geolistrik (Studi Kasus Gayo Daerah Lues). *Buku Harian Alam*, 15(1), 16t18.
- Mulyanto, Argo. 2008. *Pengembangan Model SIG untuk Menentukan Rute Evakuasi Bencana Banjir (studi kasus: kec. Semarang barat, kota Semarang)*. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Mulyawan, Setia (2015) *Manajemen Risiko*, Bandung : Pustaka Setia.
- Nugroho , SP (2016). *Evaluasi Penanggulangan Kerusakan 2015 dan Prediksi Kerusakan 2016*. Jakarta: BNPB.

- Oliver-Smiths, A. *Natural Disasters and Cultural Responses*, Studies in Third World Societies No. 36, College of William and Mary, Williamsburg, Virginia, 1986.
- Open University, 2006. *Waves, Tides and Shallow Water Processes*. Butterworth Heinemann, Singapore.
- Ozbakkaloglu, T., Saatcioglu, M., (2006), *Seismic Behavior of High Strength Concrete Columns Confined by Fiber-Reinforced Polymer Tubes*, ASCE Composite Construction Journal, 10:6 (538), pp. 538 – 549.
- Panagiotakos, T. B., Fardis, M. N., (2001), *Deformations of Reinforced Concrete Members At Yielding and Ultimate*, ACI Structural Journal 98(2), pp. 135 – 148.
- Panjehpour M., Farzadnia N., Demirboga R., Ali A.A.A., (2016), *Behavior of High Strength Concrete Cylinders Repaired with CFRP Sheets*, Journal Civil Eng. Manage 22 (1), pp. 56 – 64.
- Park R, Paulay T, (1975), *Reinforced Concrete Structures*, Jhon Wiley, New York.
- Park R., (1989), *Evaluation of Ductility of Structures and Structural Assemblages From Laboratory Testing*, Bull. New. Zeal. Nat. Soc. Earthq. Eng., 22(3), 155-166.
- Park R., Priestley M.J.N., Gill W.D., (1982), *Ductility of Squares Confined Concrete Column*, J.Structural Division, 108(ST4), pp. 929 – 950.
- Parung H., (2012), *Seismic Design of Building*, Badan Penerbit UNM, Makassar.
- Paulay, T., Priestley, M. J. N., (1992), *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Jhon Wiley, New York.
- Pedoman Penyusunan Sistem Peringatan Dini dan Evakuasi Banjir Bandang Kementerian PU Jakarta. 2007. *Arahan Kebijakan Mitigasi Bencana Perkotaan di Indonesia*. Jakarta: Bakomas PBP.

- Peraturan Kepala BNPB Nomor 7, 2008. *Tata Cara Pemberian Bantuan Pemenuhan Kebutuhan Dasar*, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21, 2008. *Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*, Jakarta. Program Studi Teknik Geomatika ITS, Kampus ITS Sukolil.
- Perdana , IP, Satyarno , I., dan Saputra , A. (2018). Kajian Kerentanan Bangunan Rumah Masyarakat Terhadap Guncangan di Desa Wisata Bugisan Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten . Mahasiswa Program Studi MTPBA, Gajah Universitas Mada , Jl. Realistis No.2 Yogyakarta Intanputra13@gmail.Com, 1-12.
- Perrow, C. *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies*, Basic Book Inc., New York, 1984.
- PP No. 21 Tahun 2008. (2008). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008. BNPB.
- PP No. 21 Tahun 2008. (2008). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008. BNPB.
- Prahasta, E., 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*, Informatika Bandung, Bandung.
- Prahasta, Eddy. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : Informatika.
- Prahasta, Eddy. 2011. *Tutorial ArcGIS Desktop untuk Bidang Geodesi & Geomatika*. Bandung: Informatika Bandung.
- Prawiradisastra , S. (2013). Identifikasi Daerah Rawan Longsor Di Provinsi Lampung. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 15(1), 52t59.
- Priestley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J., (2007), *Displacement Based Seismic Design of Structures*, IUSS Press, Pavia, Italy.

- Priestley M.J.N., Park R., (1987), *Strength and Ductility of Concrete Bridge Columns Under Seismic Loading*, *ACI Structural Journal*, V.84 (1), pp. 61 – 76.
- Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M., (1996), *Seismic Design and Retrofit of Bridges*, John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Purbowaseso, B. 1995.*Penginderaan Jauh Terapan*. Jakarta: UI-Press.
- Purwadhi, S.H. 2001.*Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo.
- Rahman , MW, Purwanto , MYJ, dan Suprihatin . (2014). Status Upaya Konservasi Kualitas Air dan Sumber Daya Lahan di DAS Citarum Hulu Kabupaten Bandung. *Buku Harian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 4(1), 24t34.
- Regional Liputan6.com. (2018). <https://www.liputan6.com/regional/read/3663615/top-3-berita-hari-ini-penyelamatan-dramatis-korban-gempa-palu-yang-terjebak-bersama-jasad-sang-ibu>
- Regional Liputan6.com. (2018). <https://www.liputan6.com/regional/read/3663615/top-3-berita-hari-ini-penyelamatan-dramatis-korban-gempa-palu-yang-terjebak-bersama-jasad-sang-ibu>
- Rifah , Umair Shahzad . 2015. "Kerusakan atmosfer yang berbahaya : Penyebab, Akibat dan Solusinya." *Jurnal Durreesamin* 1(4):1-7.
- Rita Lopa, Farouk Maricar dan Iqbal Sultan (2014). *Pedoman Penanggulangan Bencana Banjir Sungai Saddang*. Balai Besar Pompengan Jeneberang. Makassar.
- Rizky, A.E., & Tutuheru, E. (2020). Evaluasi bangunan sederhana tahan gempa. *SIpilsains*, 10, 41–52.
- Rizky, A.E., & Tutuheru, E. (2020). Evaluasi bangunan sederhana tahan gempa. *SIpilsains*, 10, 41–52.

- Rockwood, DM, (1980), *“Application Of Cossarr Model To Forecasting River and Reservoir Condition in the Citarum”*, Institute Of Hydraulic Engineering (DPMA), Bandung, Indonesia.
- Sadisun, Imam. 2007. *Peta Rawan Benacana*. Bandung: ITB.
- Santoso, Hanif dan Muhammad Taufik. 2009. *Studi Altematif Jalur Evakuasi Bencana Banjir Dengan Menggunakan Teknologi SIG di Kabupaten Situbondo*.Jumal. Surabaya 60111.
- Seible F., Priestley M.J.N., Hegemier G.A., Innamorato D., (1997), *Seismic Retrofit of RC Columns with Continuous Carbon Fiber Jackets, Journal of Composites for Construction*, May, pp. 52 – 62.
- Sengaji , E., Bisman N. Perencanaan Tingkat Risiko Banjir di Kabupaten Sikka , Nusa Tenggara Timur. E-Journal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Jil. 11 No. 1 hal. 48-61. 2009.
- Seno Adi, 2013. *“Karakteristik Banjir Bandang”*, Jakarta
- Setiadi T. (2013). Rencana Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Longsor, Mitigasi dan Penanggulangan Kerusakan di Kabupaten Banjarnegara . Kesehatan Umum, 7(1), 33t42.
- Sheikh, S. A., Khoury, S. S., (1993), *Confined Concrete Columns with Stubs*, ACI Structural Journal 90(4), pp. 414 – 431.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2018). Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. Jurnal Teknik Sipil, 11(July), 59–72.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2018). Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. Jurnal Teknik Sipil, 11(July), 59–72.

- Slamet, dan Susanto.2007. *Peta Rute Evakuasi Bencana Tsunami Makasar Sulawesi Selatan Menggunakan Data Satelit Inderaja*. Jakarta: LAP AN.
- Stoppenhagen D.R., Jirsa J.O., Wyllie L.A., (1995), *Seismic Repair and Strengthening of a Severely Damaged Concrete Frame*, ACI Journal of Structure 92:2, pp. 177 – 187.
- Sudarmanto, Eko, dkk (2021) *Manajemen Risiko*, Bandung : Widina Bhakti Persada Bandung.
- Sudarsana I Ketut (2017). Konsep Pelestarian Lingkungan Dalam Upacara Tumpek Wariga Sebagai Media Pendidikan Bagi Masyarakat Hindu Bali. *Jurnal Studi Agama- Agama dan Lintas Budaya 2 – IHDN Denpasar*
- Suharno, S., Wahyudi, W., Ahmad, Z., & Rustadi, R. (2010). HIDUP NYAMAN DI LOKASI BBRPOTENSI GEMPA BUMI TINGGI. *Prosiding Seminar Nasional Magister Telmik Sipil Universitas Lampung*, 457.
- Suharno, S., Wahyudi, W., Ahmad, Z., & Rustadi, R. (2010). HIDUP NYAMAN DI LOKASI BBRPOTENSI GEMPA BUMI TINGGI. *Prosiding Seminar Nasional Magister Telmik Sipil Universitas Lampung*, 457.
- Suprpto, 2011. *Statistik Pemodelan Bencana Banjir Indonesia (Kajian 2001-2010)*, *Jurnal Penanggulangan Bencana Volume 2 Nomor 2*, hal 36.
- Supriani, F. (2009). Studi mitigasi gempa di bengkulu dengan membangun rumah tahan gempa. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 8–15.
- Supriani, F. (2009). Studi mitigasi gempa di bengkulu dengan membangun rumah tahan gempa. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 8–15.
- Suratman (2018) 'Efektifitas Pemanfaatan Teknologi Geospasial untuk Penanggulangan Bencana'.**

Available at:
<https://siaga.bnpb.go.id/hkb/berita/efektifitas-pemanfaatan-teknologi-geospasial-untuk-penanggulangan-bencana>.

Suratman (2018) 'Efektifitas Pemanfaatan Teknologi Geospasial untuk Penanggulangan Bencana'. Available at:
<https://siaga.bnpb.go.id/hkb/berita/efektifitas-pemanfaatan-teknologi-geospasial-untuk-penanggulangan-bencana>.

Suriadi , AB, Arsjad , M.juga, Hartini , S. (2014). Pemeriksaan Potensi Risiko Longsor di Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar , Jawa Barat. *Majalah Ilmiah Globe*, 16, 165t172.

Tatik, dan Arifin.2008. *Analisis Meluasnya Banjir Bandang Melalui Perubahan Penutup Lahan di DAS Sampeyan Jawa Timur*. Jakarta: LAP AN.

Tjokrodimulyo K, (1997), *Teknik Gempa*, Nafiri Offset Yogyakarta.

Trevelyan, R. *The Shadow of Vesuvius: Pompeii AD 79*, Michael Joseph Ltd., London, 1976.

Tsonos A.G., (1999), *Lateral Load Response of Strengthened Reinforced Concrete Beam-Column Joints*, *ACI Structural Journal* 96 (1), pp.46–56.

Tsonos A.G., (2008), *Effectiveness of CFRP Jackets dan RC Jackets in Post Earthquake and Pre Earthquake Retrofitting of Beam Column Subassemblages*, *ASCE Engineering Structures Journal* No. 30 (3), pp.777 – 793.

Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007, tentang: Penanggulangan Bencana, https://bnpb.go.id/ppid/file/UU_24_2007.pdf diunduh 15 April 2022)

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007

Utami, S. N. (2022) 'Apa yang Menyebabkan Indonesia Rawan Terhadap Bencana Alam'. Available at: <https://www.kompas.com/skola/read/2022/03/25/152045469/apa-yang-menyebabkan-indonesia-rawan-terhadap-bencana-alam>.

Utami, S. N. (2022) 'Apa yang Menyebabkan Indonesia Rawan Terhadap Bencana Alam'. Available at: <https://www.kompas.com/skola/read/2022/03/25/152045469/apa-yang-menyebabkan-indonesia-rawan-terhadap-bencana-alam>.

Varley, A. *The Exceptional and the Everyday: Vulnerability Analysis in the International Decade for Natural Disaster Reduction, Disasters, Development and Environment*, ed Varley, A., John Wiley & Sons, Chichester, 1994.

Wahyuni, Eldina Fatimah, Azmeri, 2015. *Tingkat Kerentanan dan Kapasitas Masyarakat terhadap Bahaya Banjir Bandang Kecamatan Celala Kabupaten Aceh Tengah*

Warto, Agus T, Sunit. & Nugroho P, P. (2002) 'Pengkajian Manajemen Penanggulangan Korban Bencana pada Masyarakat di Daerah Rawan Bencana Alam dalam Era Otonomi Daerah'. Yogyakarta: Departemen Sosial RI.

Warto, Agus T, Sunit. & Nugroho P, P. (2002) 'Pengkajian Manajemen Penanggulangan Korban Bencana pada Masyarakat di Daerah Rawan Bencana Alam dalam Era Otonomi Daerah'. Yogyakarta: Departemen Sosial RI.

Waterbury, J. *Hydropolitics of the Nile Valley*, Syracuse University Press, New York, 1979.

Wawan, dan Atriyon. 2008. *Analisa Pemodelan Tsunami dengan Pembuatan Peta Kerctwanan dan Jalur*

Wicahyani , Suksesi; Sasongko , Setia Budi; Izzati ; Munifatul . 2014. "Buku Harian Geografi, Media Informasi,

Perkembangan Ilmu Geografi dan Profesi Sebagai Deskripsi Suhu Yang Terjadi Di.” *Jurnal Geografi* 11(2): 196-205.

Wiggert, David dan Potter Marle ., 2008. *Mekanika Fluida*, Jakarta: Erlangga.

Williams M.S., Villemure I., Sixsmith R.G., (1997), *Evaluation of Seismic Damage Indices for Concrete Elements Loaded in Combined Shear and Flexure*, *ACI Structural Journal*, May – June, pp. 315 – 322.

Woodham-Smith, C. *The Great Hunger: Ireland 1845-49*, Harper & Row, New York, 1962.

Wu Y.F., Yun Y., Wei Y., Zhou Y., (2014), *Effect of Predamage on The Stress Strain Relationship of Confined Concrete Under Monotonic Loading*, *ASCE Journal of Structure Engineering* 140 (12).

Wu, Y. F., Wang, L. M., (2009), *Unified Strength Model for Square and Circular Concrete Columns Confined by External Jacket*, *ASCE Structural Engineering Journal* 135 : 3(253), pp. 253 – 261.

Wu, Y. F., Wei, Y. Y., (2010), *Effect Of Cross Sectional Aspect Ratio on The Strength of CFRP Confined Rectangular Concrete Columns*, *ASCE Structural Engineering Journal* 32 (1), pp. 32 – 45.

www.gamedia.com/literasi/mitagasi-bencana/

www.rumah.com. (2021). <https://www.rumah.com/panduan-properti/bangun-rumah-anti-gempa-semakin-mudah-ini-desain-dan-jenisnya-16155>

www.rumah.com. (2021). <https://www.rumah.com/panduan-properti/bangun-rumah-anti-gempa-semakin-mudah-ini-desain-dan-jenisnya-16155>

- Yang, Chih Ted, 1996. *Sediment Transport Theory and Practice*, halaman 19-50, Mc-Graw Hill, New York.
- Yuan F., Wu Y.F., (2017), *Effect of Load Cycling on Plastic Hinge Length in RC Columns*, Elsevier Journal of Engineering Structures 147 (2017), pp. 90 – 102.
- Zhao, X. M., Wu, Y. F., Leung, A. Y. T., (2012), *Analyses of Plastic Hinge Regions in Reinforced Concrete Beams under Monotonic Loading*, ASCE Engineering Structural Journal 34, pp. 466 – 482.
- Zhou Y.W., Liu X.M., Sui L.L., Xing F., Zhou H.J., (2015), *Stress-strain Model for Fibre Reinforced Polymer Confined Load-induced Damaged Concrete*, Material Res. Innov. 19 (6) (2015) S6–S125.
- Zulfiar , MH, Jayady , A., dan Saputra , NRJ (2018). Kelemahan Bangunan Rumah Cagar Budaya Terhadap Guncangan di Yogyakarta. Karkasa , 4(1), 1-7

Biodata Singkat



Dr. Ir. Miswar Tumpu, ST., MT., CST lahir di Ujung Pandang pada tanggal 23 Februari 1995. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Hasanuddin Makassar, selesai tahun 2016. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2018 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Struktur Material. Pada tahun 2019, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2020 mengikuti pelatihan sebagai Construction Safety Trainer (CST) melalui Balai Jasa Konstruksi Wilayah VI Provinsi Sulawesi Selatan. Tahun 2021 telah menyelesaikan studi S-3 ilmu teknik sipil dalam bidang Eco Material dan Rekayasa Gempa Struktur di Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2019 bergabung menjadi Dosen di Universitas Fajar. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional terindeks scopus dimulai sejak tahun 2018.



Dr. Ir. Mardewi Jamal, S.T., M.T., lahir di kota Barru, pada 11 Maret 1977. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin pada tahun 2000, pendidikan S2 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin pada tahun 2006 dan pendidikan S3 pada program Studi Ilmu Teknik Sipil Universitas Hasanuddin pada tahun 2015. Wanita yang kerap disapa Dewi ini adalah anak dari pasangan Djamaluddin Tanakka (ayah) dan Samaaring Matta (ibu). Memulai karir sebagai dosen Teknik Sipil di Universitas "45" Makassar pada tahun 2001 dan pada tahun 2008

menjadi Dosen Teknik Sipil di Universitas Mulawarman Samarinda sampai sekarang.



MUHAMMAD SYAHRIR, S.S., Lahir di Pinrang, 27 Oktober 1990. Pendidikan formal yang telah diikuti SD Negeri 27 Pinrang tahun 1997-2003, SMP Negeri 2 Pinrang Tahun 2003-2005, dan SMA Negeri 2 Pinrang Tahun 2005-2008. Gelar Sarjana Sastra disandang tahun 2014 di Jurusan Arkeologi FIB UNHAS. Saat ini sedang menjalani masa studi magister di Pascasarjana Unifa.



Octovianus SR Pasanda, ST., MT, lahir di Kota Ujung Pandang tahun 1965. Menyelesaikan pendidikan S1 di UGM dan S2 di ITS. Saat ini penulis merupakan Dosen di Politeknik Negeri Ujung Pandang Jurusan Teknik Kimia. Beberapa Buku Referensi Ilmiah hasil kolaborasi yang ditulis dan telah terbit. Penulis juga aktif publikasi dalam Jurnal Nasional dan Internasional. Bersyukur sudah mempunyai satu paten dan saat ini sedang menunggu publikasi paten berikutnya.



Dr. Ir. Franky Edwin Paskalis Lapian, ST., M.Si., MT. lahir di Jayapura pada tanggal 31 Maret 1975. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Sebelas Maret Surakarta, selesai tahun 2000. Gelar S-2 (M.Si), Administrasi Publik diperoleh pada tahun 2010 di Sekolah Tinggi Ilmu Administrasi (STIA) Jakarta. Gelar S-2 (MT), Teknik Sipil di Universitas Hasanuddin bidang konsentrasi Transportasi diperoleh pada

Tahun 2015. Pada tahun 2019, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2021, telah menyelesaikan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin, bidang konsentrasi Eco Material. Saat ini, dipercaya sebagai Kepala Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional (PJN) III Tanah Merah pada Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Merauke Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Yusman, S.Si., M.T., lahir di Parepare pada tanggal 13 Maret 1991. Berdomisili di Amparita Kabupaten Sidrap. Menempuh pendidikan S-1 Kimia (S.Si), di Universitas Negeri Makassar, selesai tahun 2012. Gelar S-2 (M.T) Teknik Kelautan diperoleh pada tahun 2016 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui program beasiswa full PraSaintek tahun 2013, pada Konsentasi Teknik Manajemen

Pantai. Pada tahun 2017 bergabung menjadi Dosen di Universitas Sulawesi Barat Majene. Mengajar di Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Mata kuliah yang diampuh adalah Kimia Dasar, Ekonomi Teknik dan Teknik Pantai. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional dimulai sejak tahun 2017.



Ir. Muhamad Syarif Prasetya Adiguna Rustam, ST., MT., IPM Lahir di Kota Kendari Provinsi Sulawesi Tenggara tepat pada Tanggal 17 Juni 1990. Pendidikan sarjana ditempuh pada Universitas Halu Oleo Kendari Prodi Teknik Sipil Tahun 2008 hingga 2012. Pendidikan magisternya ditempuh di Universitas Hasanuddin Makasar pada pada Program Studi

Magister Teknik Sipil mulai Tahun 2013 hingga 2015 melalui jalur Beasiswa Program Pascasarjaan – Dalam Negeri. Pendidikan doktoral saat sedang di tempuh di Universitas Brawijaya Malang

melalui jalur Beasiswa Unggulan yang di mulai tahun 2019. Karir sebagai dosen dimulai pada awal 2016 di Program Studi Teknik Sipil dan Program Studi Teknik Sipil Vokasi Universitas Halu Oleo Kendari hingga saat ini. Saat ini penulis juga telah menyelesaikan Studi Profesi Keinsinyuran Badan Kejuruan Teknik Sipil di Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2021. Fokus riset penulis terarah kepada perkerasan jalan khususnya pemanfaatan Penggunaan Aspal Buton terlihat pada Tema Tesis hingga berlanjut ke tema Disertasi yang saat ini sedang dilaksanakan.



Ir. I Ketut Adhimastra, M.Erg lahir di Denpasar, 23 Januari 1961. Menyelesaikan pendidikan S-1 Arsitektur di Fakultas Teknik Universitas Udayana tahun 1992. Gelar Master Ergonomi diraih tahun 2005 di Universitas Udayana. Sejak tahun 1993 hingga sekarang bertugas sebagai dosen Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah 8 (LLDikti Wil. 8) dipekerjakan di Universitas Dwijendra Fakultas Teknik Program Studi Arsitektur.



Wayan Mustika, ST., MT, lahir di Gianyar-Bali pada tanggal 25 Oktober 1978. Menyelesaikan kuliah pada Program D3 Teknik Sipil Universitas Halu-Oleo pada tahun 2000 dengan gelar ahli madya teknik sipil (A.Md.), melanjutkan ke jenjang S1 Teknik Sipil pada Universitas Sulawesi Tenggara (Unsultra) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tahun 2010. Selanjutnya Program Magister dengan gelar Magister Teknik diperoleh pada Universitas Udayana di Bali pada tahun 2015. Sejak tahun 2003 bekerja pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Halu-Oleo dengan status sebagai Laboran.

Kemudian setelah menyelesaikan Program Magister beralih dari tenaga kependidikan (Laboran) menjadi tenaga pendidik (Dosen) pada Fakultas Teknik Universitas Halu-Oleo. Mata kuliah yang diampu diantaranya adalah mata kuliah Teknologi Bahan dan Konstruksi, Mekanika Tanah, Teknik Pondasi dan lain-lain. Beberapa penelitian dalam bidang teknologi bahan yang pernah dilakukan antara lain : "Pemanfaatan Slag Nikel sebagai Bahan Campuran Beton", "*The effect of clamshells partial substitution of coarse aggregates on the mechanical properties of shellfish concrete (Berang)* ", "*Properties of concrete paving blocks made with nickel slags*", "*The mechanical properties of fly-ash-stabilized sands*". Chapter Book yang pernah ditulis antara lain : Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi) dan Teknologi Bangunan dan Material Terbitan Tohar Media.



Ir. I Wayan Muliawan, M.T, lahir di Br.Kayumas Kelod, Kelurahan Dandin Puri Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar pada tanggal 4 Setember 1958. Pendidikan dari Sekolah Dasar sampai di Perguruan Tinggi diselesaikan di Kota Denpasar. Sekolah Dasar di SD No.15 Denpasar, tamat tahun 1971. Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Denpasar diselesaikan tahun 1974, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Denpasar diselesaikan tahun 1977. Jenjang Insinyur Teknik Sipil diselesaikan tahun 1984 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana. Setelah menamatkan S1 sebagai Insinyur langsung diangkat sebagai Tenaga Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa Denpasar sejak Desember 1984 sampai Sekarang. Pada tahun 2008 dapat beasiswa mengikuti Program Magister Teknik Sipil di Universitas Udayana dan lulus pada 9 Agustus 2011.

INFRASTRUKTUR BERBASIS MITIGASI BENCANA

Dalam setiap pembangunan infrastruktur, tidak ada seorangpun yang bisa memprediksi pembangunannya bisa berjalan dengan lancar tanpa ada kendala. Salah satu kendala yang bisa terjadi adalah bencana baik yang disebabkan oleh alam maupun karena human error. Oleh karena itu mitigasi bencana perlu dilakukan untuk mencegah akibat yang bisa ditimbulkan pada saat pembangunan infrastruktur.

Gempa bumi, badai, gelombang panas dan banjir telah menjadi penyebab utama kematian akibat bencana alam selama beberapa tahun terakhir, yang mempengaruhi semua wilayah di seluruh dunia. Angka terbaru menunjukkan bahwa bencana alam menyebabkan kerugian sebesar \$131,7 miliar pada tahun 2018 dan mempengaruhi jutaan orang di seluruh dunia. Meskipun alam semesta tidak dapat diprediksi, beberapa teknologi diyakini dapat membantu dengan prakiraan dan pencegahan dan memungkinkan responden untuk bertindak lebih cepat dan terkini. Pada tahun 2015, PBB mengatakan bahwa sekitar 90% dari semua bencana alam terkait dengan cuaca. Keandalan suatu penyelenggara penanggulangan bencana ketika secara terus menerus melakukan mitigasi. Hal ini akan berdampak dalam mengurangi resiko bencana serta kemungkinan terjadinya bencana lain. Buku "Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana" ini menyajikan 10(Sepuluh) bab yaitu:

1. Mitigasi dan Adaptasi Bencana
2. Manajemen Risiko
3. Kerentanan Bencana
4. Teknik dan Teknologi Lingkungan
5. Inovasi Material Konstruksi
6. Konstruksi Struktur yang Kuat
7. Teknologi Informasi untuk Penanggulangan Bencana
8. Mitigasi Non Struktural dalam Kearifan Lokal
9. Pengelolaan Sampah sebagai Mitigasi Bencana Lingkungan
10. Konstruksi Bangunan Rumah Sederhana Tahan Gempa

TOHAR MEDIA

No Anggota IKAPI : 022/SSL/2019
Workshop : JL. Rappacini Raya Lt.II A No 13 Kota Makassar
Redaksi : JL. Muhktar dg Tampo Kabupaten Gowa
Perumahan Nayia Regency Blok D No 25
Telp. (0411) 8987659 Hp. 085299993635
<https://toharmedia.co.id>

