

UPAYA ADAPTASI ELEMEN BANGUNAN  
UNTUK MITIGASI BENCANA BANJIR BANDANG  
Suatu Study Kasus di Manado Sulawesi Utara

Oleh :

**Magdalena Caroline**

(Mahasiswa Prodi Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi)

**Hieryco Manalip**

(Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik /  
Prodi Magister Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi)

**Sangkertadi**

(Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik /  
Prodi Magister Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi)

**Abstrak**

Pengalaman menunjukkan bahwa banjir bandang datang secara tidak terduga atau tiba-tiba, dapat bersifat merusak dan menimbulkan kerugian serta korban jiwa terutama pada mereka yang saat kejadian berada didalam bangunan. Melalui penelitian ini dikaji sejumlah elemen bangunan yang mampu beradaptasi terhadap bencana tersebut, sebagai bagian dari konsep mitigasi bencana.

Elemen bangunan yang menjadi focus penelitian meliputi denah, pondasi, lantai, dinding, pintu, jendela, ventilasi, plafond, dan atap . Metode yang diterapkan terdiri dari evaluasi purna huni, yang dijabarkan melalui proses wawancara dan pengamatan detail pada elemen bangunan tersebut. Lokasi kajian berada di Utaurano dan Tahuna Kabupaten Kepulauan Sangihe dan di Manado Sulawesi Utara.

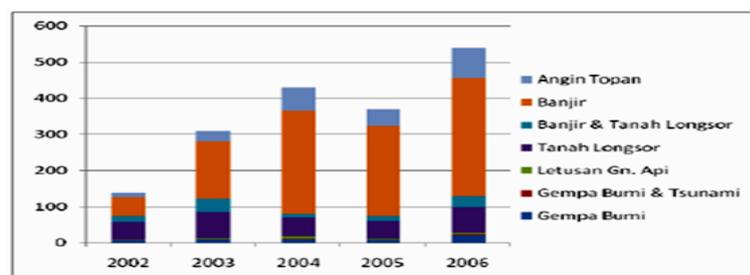
Hasil menunjukkan bahwa terdapat sejumlah elemen bangunan dapat beradaptasi. Besar harapan bahwa hasil penelitian ini mampu membuka cara pandang khususnya masyarakat Sulawesi Utara, yakni pentingnya pemahaman upaya adaptasi elemen bangunan sebagai bagian dari pengurangan resiko atau mitigasi bencana banjir bandang.

**Kata Kunci :** Anomali Iklim, Banjir Bandang, Mitigasi Bencana, Adaptasi, Elemen Bangunan.

**I. PENDAHULUAN**

Sejumlah data anomali iklim menyebabkan beberapa bencana alam (bencana hidrometeorologi) yang kuantitas kejadiannya paling banyak (lihat gambar 1) diantara jenis bencana lainnya, selain itu lokasinya juga menyebar (lihat tabel 1). Data Badan Kordinasi Nasional Penanggulangan

Bencana pada tahun 2007 mencatat bahwa bencana hidrometeorologi di Indonesia didalamnya termasuk *Banjir Bandang* menduduki urutan teratas karena kejadiannya hampir menyeluruh di Indonesia.



Sumber : Biro Data BAKORNAS PB

Gambar 1.  
Jumlah Kejadian Bencana di Indonesia  
Tahun 2002 – 2006

*Tabel 1.*  
 Jenis-jenis Bencana di Indonesia  
 Tahun 2007

NO.	JENIS BENCANA	LOKASI
1.	Pencemaran Lingkungan	Tersebar
2.	Letusan Gunung Berapi	Tersebar
3.	Gempa Bumi	Tersebar
4.	Gelombang Pasang/Tsunami	Pesisir
5.	Angin Topan/ Putting Beliung	Tersebar
6.	Banjir & Tanah Longsor	Tersebar

Sumber : Bakornas Penanggulangan Bencana 2007

Proses terjadinya banjir bandang disebabkan siklus hidrologi aliran permukaan yang besar dan mengalir deras yang datang secara tiba-tiba. Pada kondisi tertentu, banjir bandang yang terjadi oleh

hujan yang sangat deras biasanya diiringi dengan badai. Hujan yang jatuh di daerah yang lebih tinggi atau *hulu* mengalir dengan cepat ke daerah yang lebih rendah atau *hilir*, Banjir bandang bersifat sangat cepat menerjang di daerah yang relatif lebih rendah. Pemukiman masyarakat pun dihantamnya hingga menyebabkan kerusakan yang cukup significant. Biasanya daerah pemukiman yang lebih dulu merasakan dampak bencana banjir bandang ini adalah pemukiman masyarakat yang berada di daerah bantaran sungai, sekitar batas garis sempadan sungai. Berikut tabel 2 memperlihatkan data kejadian banjir bandang ditiap beberapa daerah di Sulawesi Utara.

*Tabel 2.*  
 Kejadian Bencana Banjir Bandang di Sulawesi Utara Tahun 2007

Tempat	Tanggal	Bencana	Korban			Estimasi Jumlah Kerugian
			Tewas	Hilang	Mengungsi	
Kab. Minahasa	25-07-2007	Banjir	2	0	105	rumah tergenang air, rumah rusak berat, rumah hanyut dan rumah rusak ringan
Kab. Minahasa Utara	25-03-2007	Banjir	3	0	477	rumah tergenang air, rumah rusak berat, rumah hanyut dan rumah rusak ringan
Kab. Minahasa Utara	25-07-2007	Banjir dan Tanah Longsor	3	0	105	r rumah tergenang air dan lumpur rumah rusak berat, dan rumah rusak ringan
Kab. Minahasa	2007	Banjir dan Tanah Longsor	3	0	341	rumah tergenang air dan lumpur rumah rusak berat, dan rumah rusak ringan
Kota Manado	2007	Banjir dan Tanah Longsor	1	0	0	rumah tergenang air dan lumpur rumah rusak berat, dan rumah rusak ringan
Kab. Minahasa Tenggara	2007	Banjir dan Tanah Longsor	1	0	0	rumah tergenang air dan lumpur rumah rusak berat, dan rumah rusak ringan
Kab. Kepulauan Sangihe	11-01-2007	Banjir dan Tanah Longsor	30	5	3790	rumah rusak berat, rumah rusak ringan

Sumber : Badan Penanggulangan Bencana Daerah Sulawesi Utara

Pada beberapa kasus ketika terjadinya bencana banjir bandang, maka mereka yang berada di dalam bangunan tidak sempat menyelamatkan diri dan terjebak didalamnya hingga menjadi korban. Terdapat permasalahan dimana elemen bangunan

yang semestinya dapat berfungsi sebagai jalur evakuasi, ternyata tidak adaptif dalam mengemban fungsi penyelamatan. Diantaranya karena faktor bentuk ukuran dan materialnya.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Adaptasi rumah merupakan suatu penyesuaian terhadap kondisi yang dibutuhkan. Penyesuaian tersebut dapat dilihat pada contoh rumah kolonial terhadap pencapaian kenyamanan thermalnya, melalui adaptasi elemen-elemen pintu, jendela, ventilasi, (Hendra, 2012). Penelitian sejenis dilakukan oleh Roaf dan kawan-kawan (Roaf, Crichton, Nicol, 2009) melalui pengamatan pada desain elemen bangunan hunian yang adaptif terhadap kondisi iklim yang berbeda-beda. Adaptasi juga dapat dilakukan dengan perubahan bentuk dan orientasi massa bangunan terhadap pola jalan pada pemukiman kampung (Parliana, 2010). Ada tiga proses adaptasi dari bangunan itu sendiri dengan mengambil perwujudan dalam tiga prinsip, yakni : perubahan dalam fungsi, perubahan dalam ukuran dan perubahan dalam performa (Douglas, 2002). Douglas juga menyatakan bahwa strategi adaptasi untuk meminimalkan resiko kerugian akibat bencana dan memaksimalkan peluang mendapatkan keselamatan diri.

Definisi elemen bangunan itu sendiri merupakan komponen bangunan yang memenuhi fungsi spesifik yang berupa satu kesatuan desain, konstruksi atau spesifikasinya (Babatunde S.O., dkk, 2013, Robert & Harold, 1999). Elemen Bangunan juga merupakan bagian fungsi utama dan pelengkap yang tidak dapat terpisah dari bangunan (ISO.6707-1:1989, 2004; Ruslinda, 2013; Dictionary of Science, 2005; KKBI, 2008). Selain itu elemen bangunan merupakan bagian desain

bangunan yang dapat mempengaruhi sebagian atau pun keseluruhan dari interaksi bangunan dan lingkungan sekitarnya (Firzal, 2011). Elemen bangunan pun merupakan dominasi pendukung bangunan yang terkait dengan fungsi utama bangunan (Fajarwati, dkk, 2012).

Bencana Banjir Bandang didefinisikan sebagai banjir besar yang datang secara tiba-tiba, terjadi setelah hujan lebat mengalir sangat deras (Rahayu P. Harkunti, dkk, 2009).

Mitigasi bencana yang dimaksud yakni upaya pengurangan resiko bencana dengan melewati pembangunan fisik, maupun kesadaran dan peningkatan kesanggupan dalam menghadapi bencana (Anonim, 2008). Melakukan langkah mitigasi bencana diawali dengan kajian penghitungan resiko bencana. Kajian resiko bencana daerah penelitian terdiri dari Bahaya (*hazard*), Kerentanan (*vulnerability*), dan Kapasitas (*capacity*) wilayah dengan karakteristik fisiknya (Anonim, 2012).

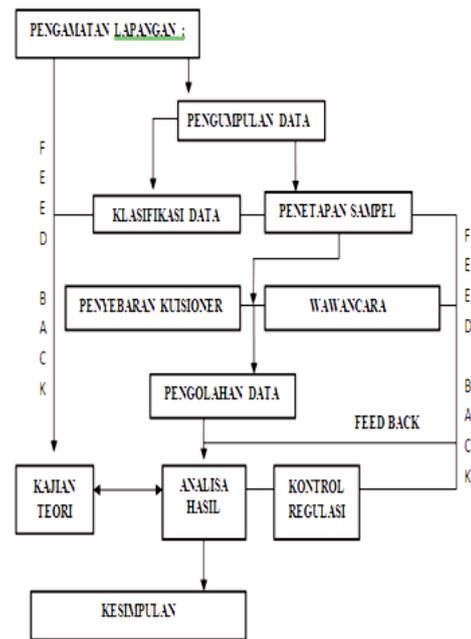
## **III. METODOLOGI PENELITIAN**

Penggunaan metodologi yang dilakukan dengan cara metode deskriptif, kualitatif dan kuantitatif. Langkah-langkah awal metodologi penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data-data di lapangan, diantaranya penentuan lokasi yang pernah mengalami peristiwa bencana banjir bandang. Selain itu data utama yakni curah hujan dari BMKG Sulut, peristiwa-peristiwa bencana dari BPBD Sulut, peta bencana lokasi dan data pendukung lainnya.

Kemudian data-data tersebut diklasifikasikan kearah bencana banjir bandang, dan ditetapkan sebagai sampel penelitian. Teknik pengambilan sample penelitian menggunakan teknik sampling *non probability sampling* dengan jenis teknik *purpose sampling*. Pertimbangan pemakaian *purpose sampling* terhadap responden sebagai subjek penelitian ada tiga sasaran. Sasaran pertama responden adalah masyarakat yang tinggal disekitar daerah aliran sungai, kedua dimana masyarakat yang mengalami bencana banjir bandang, dan ketiga masyarakat yang jarak bangunan rumah mereka dari bibir sungai antara nol sampai dengan dua puluh lima meter jauhnya dari sungai. Deskripsi area responden disandingkan dengan regulasi yang ada sebagai control terhadap fakta yang ada dilapangan hingga data yang ada dapat mengerucut dalam tujuan penelitian. Regulasi yang ada menetapkan bahwa area perlindungan ekologis sungai masuk dalam batas garis sempadan sungai.

Penyebaran kuisisioner dilakukan pada tiap rumah masyarakat yang dijadikan responden. Responden didatangi lalu diwawancarai tentang pengalaman pada saat terjadinya peristiwa banjir bandang, termasuk didalamnya pertanyaan pada saat mereka akan menyelamatkan diri. Peninjauan tiap rumah responden didokumentasikan, dicatat dan disketsa elemen-elemen bangunan yang ada. Data-data yang ada kemudian diolah lalu dianalisa melalui cara tabel matrix sebagai interpolasi kualitatif dan kuantitatif. Pada tahapan analisa dilakukan juga kontrol regulasi

sebagai pembanding dengan fakta yang didapat dilapangan. Kemudian analisa menggunakan rumus analisa resiko bencana. Proses penelitian digambarkan secara skematik berikut ini :



Gambar 2.  
Skema Alur Metodologi Penelitian

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan, wawancara pada responden dimasukkan dalam uraian tabulasi dengan komparasi antara lokasi satu dengan lokasi lainnya (lihat tabel 3). Komparasi tiap lokasi memperlihatkan sejauh mana peristiwa banjir bandang tersebut berlangsung dan dialami secara psikologis oleh penghuni. Kaitan psikologis penghuni dan efek kerusakan pada tiap rumah penghuni, adalah bagaimana mengurangi resiko bencana bila kejadian terulang pada masa berikutnya.

Tabel 3.  
Grafis Situasional Eksisting Lokasi

NO.	URAIAN	UTAUANO (Sangihe)	SOATALOARA 1 (Sangihe)	DUMUHUNG (Sangihe)	KARAME (Manado)
1.	Lokasi Penelitian terhadap Wilayah Pemerintahan	Kecamatan Tabukan Utara Kab. Kepl. Sangihe	Kecamatan Tahuna Kab. Kepl. Sangihe	Kecamatan Tahuna Timur Kab. Kepl. Sangihe	Kecamatan Singkil Kota Manado
2.	Lokasi Penelitian di tiap Desa / Kelurahan	Lindongan III	Sebagian RT. 7 Sebagian RT. 8	Sebagian RT. 3 Sebagian RT. 4	Sebagian RT. 3
3.	Topografi Lokasi	Landai, Berbukit.	Agak Landai	Berbukit, agak landai	Rata
4.	Posisi Rumah	Dekat Sungai	Dekat Sungai	Dekat Sungai	Dekat Sungai
5.	Penyebaran Rumah Penduduk	Tersebar	Agak Padat	Jarang Padat	Padat
6.	Historikal Banjir	2007	2007	???, 2007	2000, 2002, 2004, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014
7.	Jumlah Penduduk Beresiko Banjir	Lindongan I : 29 Lindongan II : 24 Lindongan III : 33	RT. 7 : 20 RT. 8 : 15	RT. 3 : 20 RT. 4 : 22	RT. 3 : 83

Sebagaimana dikatakan sebelumnya bahwa pendekatan pencarian kemampuan adaptasi dengan pendekatan rumus Analisa Resiko Bencana dengan formula.

$$R = H \times \frac{V}{C}$$

Dimana :

R = Risk : Risiko Bencana

H = Hazard : bencana yang cenderung terjadi

V = Vulnerability : Kerentanan Material

C = Adaptive Capacity : Kemampuan Adaptasi untuk pulih dari bencana

Resiko bencana mengakibatkan kerusakan yang terjadi. Kategori kerusakan diambil rusak berat dengan kode R3, rusak sedang dengan kode R2, sedang rusak ringan diberi kode R1. Kategori tersebut dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4.  
Kerentanan Elemen bangunan

Kerentanan Elemen bangunan pada tiap rumah	Tidak rentan (V1)	Rentan Sedikit (V2)	Cukup Rentan (V3)	Jumlah Total Vn
Nilai Kerentanan = V	n1	n2	n3	Vn=V1+V2+V3

Data bencana yang cenderung terjadi diambil perbandingan data Banjir, Banjir Bandang dan Gelombang Pasang. Masing-masing diberi indeks nilai menurut dampak kerusakan yang diakibatkan seperti pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5.  
Kategori Nilai Kecenderungan Bencana Hidrometeorologi (Sejenis) di Sulawesi Utara

Nilai Kecenderungan Bencana dilihat dari dampak kerusakan	Banjir (H1)	Banjir Bandang (H2)	Gelombang Pasang / Tsunami (H3)
Hazard = H	1	2	3

Nilai kecenderungan bencana penulis mengambil nilai 2. Nilai tersebut menunjukkan kerusakan bencana yang kedua ada pada bencana banjir bandang.

Untuk kemampuan adaptif elemen (adaptif capacity) penulis mencoba mengolah kaitan pengurangan resiko bencana (mitigasi bencana) dengan peningkatan kemampuan adaptasi elemen

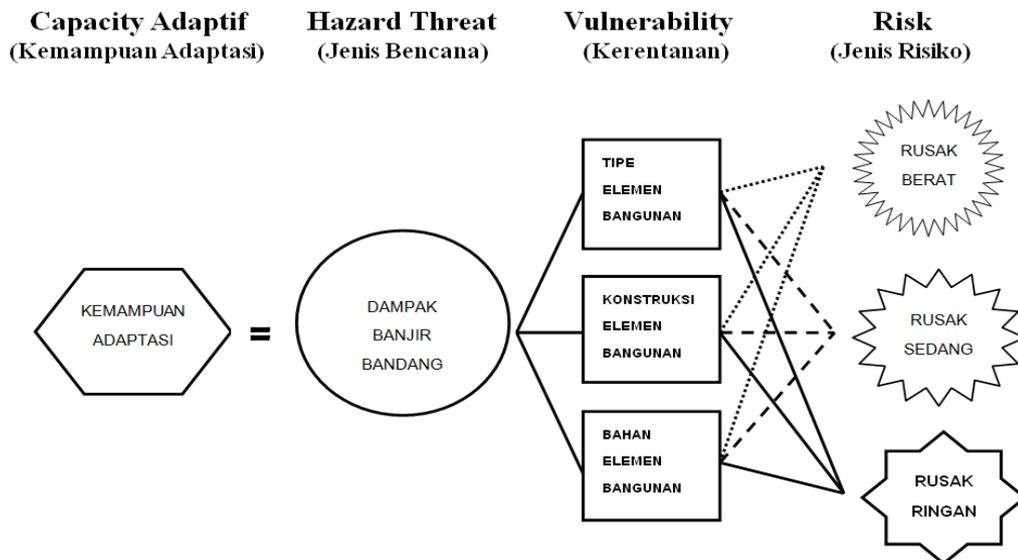
bangunan dipresentasikan dengan rumus berikut ini.

$$C = H \times \frac{V}{R}$$

Rumus diatas menampilkan bahwa kemampuan adaptasi elemen bangunan dilihat dari bencana yang ada dan nilai kerentanannya berbanding terbalik dari risiko bencana banjir bandang. Ketika risiko bencana cukup besar bersamaan dengan kerentanan elemen tersebut maka

kemampuan adaptasi elemen bangunan itu mengecil. Demikian pula sebaliknya, bila kemampuan elemen bangunan itu adaptif maka resiko bencana yang terjadi akan kecil pula.

Untuk nilai kerentanan V didapat dari jumlah kerentanan pada komponen elemen dibagi total jumlah rumah yang responden dengan resiko kerusakan masing-masing. Lebih jauh untuk melihat kaitan-kaitan tersebut digambarkan pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 3.  
Skema Hubungan Kemampuan Adaptasi

Secara keseluruhan hasil pengamatan, distribusi kuisioner, wawancara, serta pengukuran lapangan berhasil diidentifikasi beberapa keterkaitan. Hasil identifikasi yang mempunyai korelasi tersebut diantaranya jangka waktu tinggal, status kepemilikan rumah, jumlah tingkat lantai, bentuk topografi, jarak rumah ke sungai, ada tidaknya talud disekitar rumah,

posisi rumah terhadap sungai, bahan konstruksi dan tipe elemen-elemen bangunan. Keterkaitan satu dengan yang lain yang menghubungkan pemahaman penghuni rumah tentang pengurangan resiko pada saat banjir bandang, melalui proses adaptasi elemen-elemen bangunan pada rumahnya.

*Tabel 6.*  
*Jumlah Jalur Elemen Untuk Meloloskan Diri*

Meloloskan diri dari banjir melalui :	Jumlah Jalur elemen untuk meloloskan diri					%
	Utaurano	Soataloara I	Dumuhung	Karame	Total	
Dalam rumah	0	5	7	0	12	9
Jendela Depan	0	0	1	0	1	1
Jendela Samping	0	0	4	0	4	3
Pintu Depan	29	13	6	25	73	52
Pintu Belakang	8	2	4	1	15	11
Pintu Samping	0	4	3	0	7	5
Lantai 2	0	2	1	19	22	16
Atap/Seng	0	0	0	6	6	4
	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>51</b>	<b>140</b>	<b>100</b>

Elemen bangunan mempunyai keterkaitan dengan proses penyelamatan diri pada saat terjadinya banjir bandang. Bidang elemen yang kuat dan cukup untuk dapat dilewati pada saat akan meloloskan diri. Kekuatan dari elemen bangunan tersebut menjadi faktor dari bagian kemampuan adaptasi dari kerusakan.

Berikut ini ditampilkan contoh beberapa tabel merupakan kajian analisa elemen desain sebagai bagian mitigasi bencana banjir bandang yang ada berupa contoh kaitan kemampuan adaptasi dengan lama waktu tinggal masyarakat di lokasi penelitian.

*Tabel 7.*  
*Waktu Tinggal Responden Pada Rumah Mereka di Lokasi*

Jangka Waktu Tinggal	Jumlah Responden					%
	Utaurano	Soataloara I	Dumuhung	Karame	Total	
< 1970 - an	0	1	3	17	21	14
1970 - 1979	9	3	5	13	30	26
1980 - 1989	9	5	4	12	30	19
1990 - 1999	10	7	12	3	32	23
2000 – sekarang	9	10	2	6	27	19
	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>51</b>	<b>140</b>	<b>100</b>

Hasil data pada tabel 6 diolah dan didapatkan kajian pada Tabel 7. Data menunjukkan prosentase waktu tinggal responden . Waktu tinggal responden

menunjukkan kemampuan dari responden mengingat historikal peristiwa banjir bandang yang terjadi.

*Tabel 8.*  
Hasil Perhitungan Hubungan Kapasitas Adaptasi  
pada Elemen Bangunan Rumah Berdasarkan Waktu Tinggal

Kaitan kemampuan adaptasi dengan waktu tinggal	H	V1	V2	V3	Vn	R1	R2	R3	C1	C2	C3
Tahun 1969<	2	6	6	5	51	3	2	1	0,078	0,118	0,196
Tahun 1970-1979	2	10	1	2	51	3	2	1	0,131	0,020	0,078
Tahun 1980-1989	2	6	6	0	51	3	2	1	0,078	0,118	0,000
Tahun 1999-2000	2	1	2	0	51	3	2	1	0,013	0,039	0,000
Tahun 2000>skrg	2	4	1	1	51	3	2	1	0,052	0,020	0,039

Tabel 7 menandakan bahwa beberapa responden sudah menempati rumah mereka hampir empat puluh tahunan lebih, dan telah beranak cucu. Kemampuan pemahaman adaptasi bagi mereka yang lebih lama tinggal cenderung lebih besar. Hal ini bisa

dilihat dari resiko kerusakan yang terjadi pada rumah mereka cukup sedikit. Contoh berikut dalah kaitan adaptasi dengan lama waktu tinggal masyarakat di lokasi penelitian pada elemen bangunan.

*Tabel 9.*  
Jumlah Komponen Elemen Denah Pada Rumah Responden  
di Lokasi 4 Karama Manado

Komponen	Rusak Berat		Rusak Sedang		Rusak Ringan		Total	
	Jlh	%	Jlh	%	Jlh	%	Jlh	%
Elemen Denah	27	52,94	16	31,37	8	15,68	51	100

Tabel 8 menunjukkan resiko kerusakan yang dialami pada sampel rumah yang diteliti. 51 sampel yang ada di area ini terdapat tiga kategori kerusakan. Kategori tersebut berjumlah 27 rusak berat, 16 rumah rusak sedang, dan 8 rumah masuk rusak

ringan. Melalui jumlah *Risk* (R) elemen denah inilah yang akan menjadi patokan untuk resiko kerusakan akibat bencana banjir bandang pada tiap elemen bangunan dalam penelitian ini.

*Tabel 10.*  
Hasil Perhitungan Kapasitas Adaptasi pada Elemen Denah

Komponen Elemen	H	V1	V2	V3	Vx	R1	R2	R3	C1	C2	C3
Denah rumah	2	27	16	8	51	3	2	1	3,778	6,375	12,750

Tabel 9 memperlihatkan keterkaitan hubungan berkurangnya resiko bencana (mitigasi bencanaimplientasinya R3=Rusak Ringan) maka nilai kapasitas adaptasi bangunan semakin besar. Semakin bisa beradaptasi tiap elemen-elemen dalam bangunan rumah pada denah, maka akan mengurangi dampak kerusakan yang ditimbulkan akibat bencana banjir bandang tersebut.

Kemampuan adaptasi berbanding terbalik dengan resiko bencana. Bila resiko bencana berkurang maka kemampuan suatu elemen beradaptasi semakin besar, begitupun sebaliknya.

Ketika kita sudah mengetahui kemampuan elemen yang beradaptasi, maka untuk selanjutnya mengakaji analisa desain yang adaptif. Sifat proses adaptasi dari bangunan intinya adalah terjadinya perubahan (Douglas, 2002).

*Tabel 11.*  
**Jenis dan Sifat Elemen dalam Adaptasinya**

Elemen-elemen Bangunan	Sifat dalam Adaptasi	Tipe elemen-elemen bangunan yg diamati dan dianalisa
Denah Pondasi Lantai Pintu	Rebuild Rebuild Recover Recover	- Bentuk Denah - Pondasi setempat - Lantai : Mesel, Tegel, Papan - Pintu : Papan, Tripleks, Plastik, Semi Kayu dan Kaca Model Pintu : Kebaya. Bukaan : ke luar, atau ke dalam
Dinding Jendela	Rebuild/Recover Recover	- Dinding : Kayu, Beton/Bata, Tripleks/Pitate - Jendela : Papan, Tripleks, Semi Kayu dan Kaca Model Jendela : Bukaan ke luar atau ke dalam
Ventilasi Tangga Plafond Rangka Atap Atap	Recover Recover Recover Recover Rebuild/Recover	- Ventilasi : Kayu, Semi Kayu Kaca, Beton - Tangga : Kayu, Beton - Plafond : Tripleks, Beton - Rangka Kayu - Seng

Berdasarkan fakta purna huni yang terjadi didapat kajian elemen-elemen bangunan dan sifatnya dalam beradaptasi. Sifat *Rebuild* yakni perubahan secara keseluruhan elemen bangunan atas dampak kerusakan yang dialami pada saat terjadinya banjir bandang. Sifat *Recover* yakni perubahan secara bertahap pada elemen bangunan, mengingat tingkat dampak kerusakan tidak mencakup keseluruhan elemen tersebut.

menunjukkan proses adaptasi dari elemen itu sendiri. Tipe elemen yang mampu bertahan terhadap datangnya air pada saat banjir ataupun tidak mampu bertahan.

Tipe elemen-elemen yang diamati dan dianalisa berdasarkan pengalaman responden sebagai penghuni rumah pada saat kejadian banjir bandang tengah berlangsung. Pengalaman dan pengamatan

Matrix Analisa dilakukan guna mengetahui alur-alur kaitan antara elemen-elemen eksisting pada bangunan. Posisi elemen bangunan terhadap bangunan rumah serta titik arah datangnya banjir terbesar akan mempengaruhi ketahanan fisik pada elemen. Proses terjadinya tabrakan banjir menentukan tindakan adaptasi elemen bangunan. Proses adaptasi inilah diteliti sebagai bagian dari pengurangan resiko bencana atau yang disebut mitigasi bencana.

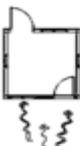
Tabel 12.  
Contoh Tabel Matrix pada Elemen Pondasi

ELEMEN BANGUNAN	TIPE	POSISI TERHADAP BANGUNAN	ARAH DATANGNYA AIR	KETERANGAN SKEMATIK / GAMBAR
1. PONDASI	Setempat, pondasi kali	- Dibawah sloof dinding bangunan	- Depan  - Samping	 <p>Arus banjir datang dari arah depan karena sungai berada di depan rumah</p>  <p>Kerusakan pondasi yang terjadi akibat tergerus oleh kuatnya aliran air dari arah depan rumah.</p>
<b>ELEMEN EKSISTING :</b>		<b>ELEMEN PADA SAAT BANJIR</b>		<p>Arah datang banjir dari samping rumah baik kiri maupun kanan.</p> 
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pondasi setempat</li> <li>2. Campuran beton pondasi tidak sesuai dengan yg ditentukan</li> <li>3. Rumah hanya berada beberapa meter di samping daerah aliran sungai, dimana material sekitar sungai adalah pasir</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Roboh karena ikatan dari tiang kolom dan pondasi tidak kuat, hingga sebagian pondasi hilang terbawa arus banjir yang kuat dan merusak</li> <li>2. Akibat campuran beton pondasi yang tidak sesuai, maka kekuatan pondasi melemah dan tercerai berai oleh benturan arus yang kuat.</li> <li>3. Daya dukung tanah terhadap guncangan banjir mempengaruhi keberadaan elemen.</li> </ol>		

Tabel 13.  
Contoh Tabel Matrix pada Elemen Jendela

ELEMEN BANGUNAN	TIPE	POSISI TERHADAP BANGUNAN	ARAH DATANGNYA AIR	KETERANGAN SKEMATIK / GAMBAR
Jendela	- Kayu - Kayu Kaca - Kaca Nako	- Berada di dinding	- Depan - Samping - Belakng	 <p>Material Jendela terbuat dari kayu/papan, semi kayu kaca, arah datangnya sungai berasal dari samping kiri, belakang dan samping kanan</p>
<b>ELEMEN EKSISTING :</b>		<b>ELEMEN PADA SAAT BANJIR</b>		<p><b>PERAN ADAPTASI SEBAGAI MITIGASI BENCANA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah meloloskan manusia bila posisi berada membelakangi derasnya arus yang datang</li> <li>2. Buakan jendela diperhitungkan atas dasar lebar dan tinggi ketika manusia akan meloloskan diri, terutama pada bagian yang langsung menghadap titik deras air yang datang</li> <li>3. Buakan Jendela juga merupakan kontrol lebih cepat pada saat kejadian untuk keluar dan masuknya aliran air yang deras, hingga perhitungan bukaan sepersekian waktu menentukan jalur run escape</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan material dari kayu/papan</li> <li>2. Bentuk berupa <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipe Jalusi</li> <li>- Tipe Papan</li> <li>- Membuka keluar</li> </ul> </li> <li>3. Bahan jendela dari : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Semi Kayu dan kaca</li> </ul> </li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ketika arus datang dari arah depan, pada saat tertutup otomatis menghalangi / mengurangi frekwensi deras arus</li> <li>2. Pada saat terbuka, potensi arus dan material yang masuk akan bebas merusak apapun nyang ada didalam rumah</li> <li>3. Kerusakan jendela terlihat lebih parah pada saat terbuka, bingkai jendela terobek dari kosennya.</li> </ol>		

Tabel 14.  
Contoh Tabel Matrix pada Elemen Dinding

ELEMEN BANGUNAN	TIPE	POSISI TERHADAP BANGUNAN	ARAH DATANGNYA AIR	KETERANGAN SKEMATIK / GAMBAR
Dinding tipe 1 (Bagian belakang)	- Mesel - Kayu Papan - Tripleks	- Belakang	- Belakang kanan Dari bawah ke atas mengikuti arah naiknya ketinggian air saat banjir	   <p>Posisi dinding berada di bagian belakang rumah dan tepat dekat sungai. Bagian dinding ini merupakan dapur maupun ruang makan, material bahan bata, kayu atau pitate</p>
<b>ELEMEN EKSISTING :</b>		<b>ELEMEN PADA SAAT BANJIR</b>		<p><b>PERAN ADAPTASI SEBAGAI MITIGASI BENCANA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Campuran rekatan pada plesteran dinding untuk area yang menimbulkan kelembaban diperluas sampai pada tingkat capaian air banjir tertinggi pada bangunan yang ada, yang biasanya hanya pada area kamar mandi.</li> <li>2. Peletakan frontal dinding diperhitungkan berdasarkan prediksi titik deras datangnya banjir</li> <li>3. Kaitan antara Dinding dan Kolom disesuaikan sesuai spesifikasi yang ada</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan dinding dari : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bata</li> <li>- Kayu</li> <li>Mengandung kadar air</li> <li>Bahan berongga</li> <li>- Tripleks / Pitate</li> <li>Tembus air</li> <li>Banyak rongga, ikatan tidak kuat, bertumpu hanya pada kekuatan paku</li> </ul> </li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dinding bagian belakang mengalami tabrakan yang besar karena luasan sungai terbesar ada dibelakang dengan kekuatan arus yang merusak lebih besar mengingat rumah berada pada bibir sungai. Sebagian bangunan belakang hilang dindingnya</li> <li>2. Rembesan air pada bahan pitate maupun tripleks membuat kekokohan bahan lembek.</li> </ol>		

Tabel 15.  
 Contoh Tabel Matrix pada Elemen Tangga

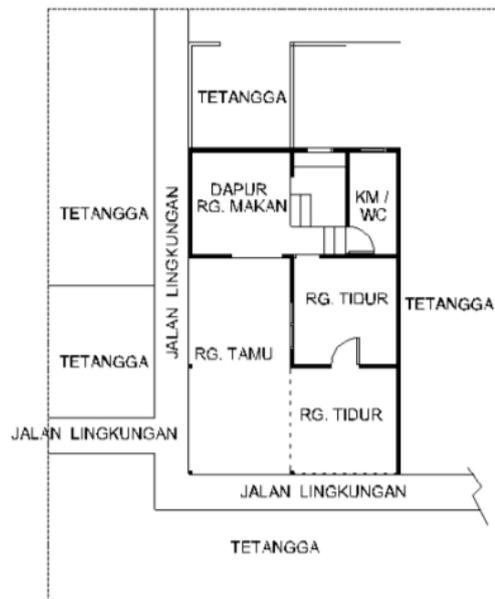
ELEMEN BANGUNAN	TIPE	POSISI TERHADAP BANGUNAN	ARAH DATANGNYA AIR	KETERANGAN SKEMATIK / GAMBAR
6. TANGGA	- Menerus - Berundak	- Berada di tengah ruangan	- Depan - Samping - Belakang	 <p>Tangga dengan model berundak (memiliki pijakan agak luas dipertengahan anak tangga). Berada didalam bangunan dengan material bahan dari beton bertulang. Kokoh.</p> <p>Tangga berbahan material kayu, berada ditengah ruang tamu, mudah dicapai penghuni dari segala arah dalam rumah untuk meloloskan diri</p>
<b>ELEMEN EKSTING :</b>		<b>ELEMEN PADA SAAT BANJIR</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Model Berundak</li> <li>2. Berbahan material beton bertulang</li> <li>3. Konstruksi kokoh</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material bahan tangga beton bertulang tidak goyah pada saat mendapat goncangan arus banjir yang deras</li> <li>2. Tangga yang menggunakan pelapis tegel mampu dibersihkan dan memberikan akses evakuasi</li> </ol>		

**V. KONTROL REGULASI**

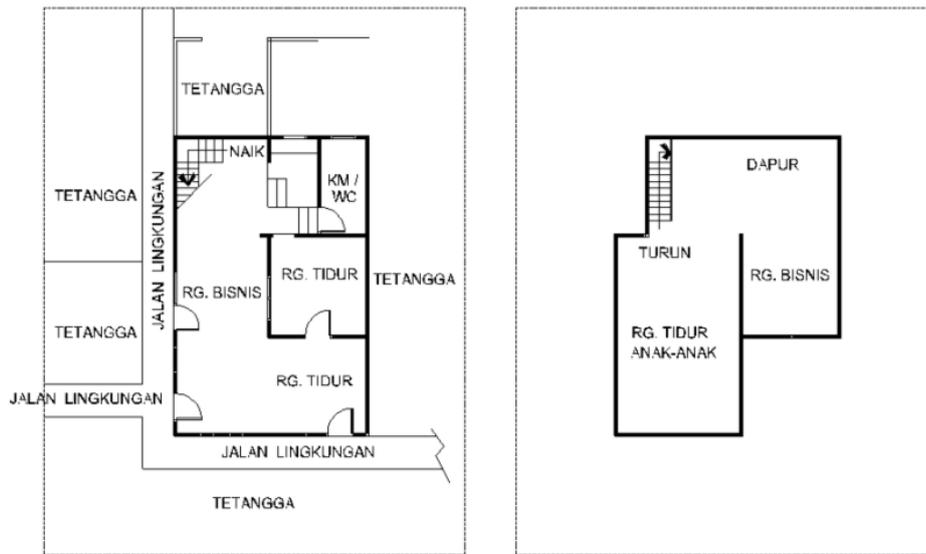
Kontrol regulasi diperlukan dalam penelitian ini, mengingat mitigasi bencana sudah dalam Rancangan Aksi Nasional dan masuk program pemerintah. Hal ini berkaitan juga terhadap kontrol penataan ruang yang ada di daerah-daerah. Penataan ruang serta penempatan batas perlindungan

ekologis sungai atau disebut garis sempadan sungai.

Beberapa contoh kasus pada rumah responden yang mengalami upaya perubahan-perubahan atau proses adaptasi guna mengurangi dampak kerusakan sebagai resiko banjir bandang. Berikut ini adalah contoh kasus adaptasi elemen denah rumah.



Gambar 4.  
 Denah Rumah awal



Gambar 5.  
Denah Rumah yang beradaptasi



Gambar 6.  
Lokasi Bangunan dan Jaraknya Dengan Sungai

*Deskripsi Penghuni : Rumah Keluarga Syamsudin Laiya, profesi sebagai wiraswasta. Memiliki 3 orang anak dan 1 istri, pekerjaan terakhir adalah karyawan swasta. Rumah yang ditempati merupakan peninggalan orang tua yang telah ditinggali sejak 1968. Jarak rumah dengan sungai 500 meter diluar garis sempadan sungai.*

Proses Adaptasi Denah awalnya tidak memiliki tangga kemudian karena takut terjadi kembali banjir maka dibangunlah lantai 2. Naik ke lantai dua dengan menggunakan tangga. Pengalaman banjir yang mereka alami berikutnya, lantai dua bangunan menjadi tempat menyelamatkan diri dan mengamankan barang-barang yang sempat diangkat. Ruangan dilantai dua menjadi ruang tidur anak-anak. Ruang tidur

anak-anak awalnya berada dibawah. Perpindahan ruang ini mempertimbangkan gerak cepat anak-anak untuk menyelamatkan diri terbatas. Dinding Partisi pada ruang tamu dibawah yang awalnya hanya tripleks di buat menjadi bentuk massif. Dinding bata tersebut dimaksudkan sebagai penghambat lajunya air. Jendela kaca nako di kamar tidur mampu memperlambat lajunya air dengan material yang dibawahnya. Tulangan kaca

nako menghambat masuknya lebih banyak sampah plastik bawaan banjir. Perletakan tangga dibelakang mempertimbangkan capaian lebih dekat terhadap arah datangnya banjir yang berasal dari depan.

Demikianlah keseluruhan proses upaya perubahan atau adaptasi dari tiap elemen bangunan di tiap rumah responden. Proses adaptasi elemen bangunan tersebut melibatkan pemahaman penghuni terhadap regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah tentang mitigasi bencana. Fakta dilapangan secara lingkungan menunjukkan ada beberapa masyarakat yang kurang pemahamannya tentang mitigasi bencana, dan adapula yang paham. Mereka yang termasuk dalam bagian yang memahami regulasi sempadan sungai, mampu melakukan proses adaptasi elemen rumah yang mereka tempati sudah menunjukkan pada rumah.

## **VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berikut ini ialah kesimpulan yang bisa ditarik dalam penelitian ini.

- Proses Mitigasi bencana atau pengurangan resiko kerusakan yang terjadi pada bencana perlu dilakukan. Terlebih khusus pada mereka yang mengalami banjir bandang.
- Resiko besar yang terjadi pada saat bencana menunjukkan kemampuan

adaptasi yang kecil pada tiap elemen, sebaliknya kemampuan adaptasi elemen bangunan membesar maka resiko bencana yang terjadi akan berkurang.

- Elemen bangunan bangunan mampu beradaptasi dalam pengurangan resiko bencana.
- Elemen bangunan dalam sifat adaptasinya terbagi dalam proses pembangunan kembali – *rebuilt* maupun beradaptasi ketika hanya diperlukan perbaikan *recover*
- Elemen bangunan juga mampu bersifat sebagai *evacuate route* atau jalur evakuasi pada saat terjadinya banjir bandang hingga mampu mengurangi resiko terjadinya korban yang lebih banyak.

## **REFERENSI / DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana;
- Anonim, Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 33 Tahun 2006 tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana
- Bakornas PB, (2007), *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*, 2<sup>nd</sup> edisi. Jakarta. ISBN 978-979-96016-2-9
- Bappenas, BNPB, UNDP, (2010), *Rencana Aksi nasional pengurangan resiko Bencana*, Jakarta. ISBN 978-979-96016-2-9
- Douglas, James (2002), *Building Adaptation*, Butterworth - Heinemann, Edinburgh, U.K.