



PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH



STRATEGI MITIGASI BENCANA TSUNAMI DAN BANJIR ROB YANG DIPERPARAH OLEH KENAIKAN MUKA AIR LAUT AKIBAT PERUBAHAN IKLIM DI BANDA ACEH



**STRATEGI MITIGASI BENCANA TSUNAMI DAN BANJIR ROB YANG DIPERPARAH OLEH
KENAIKAN MUKA AIR LAUT AKIBAT PERUBAHAN IKLIM DI KOTA BANDA ACEH**

PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH

2019



PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH

TIM PENGARAH:

- **H. Aminullah Usman, S.E., Ak., M.M.** (Walikota Banda Aceh)
- **Drs. Zainal Arifin** (Wakil Walikota Banda Aceh)
- **Ir. Bahagia Dipl. S.E.** (Sekretaris Daerah Kota Banda Aceh)
- **Bachtiar, S.Sos.** (Asisten Perekonomian dan Pembangunan Setda Kota Banda Aceh)
- **Prof. Dr. Khairul Munadi, M.Eng.** (Direktur TDMRC/Dosen Fakultas Teknik Unsyiah)

TIM PENYUSUN:

Ketua : **Ir. Gusmeri, M.T.** (Kepala Bappeda Kota Banda Aceh)
Wakil : **Fadhil, S.Sos., M.M.** (Kepala Pelaksana BPBD Kota Banda Aceh)
Sekretaris : **Rina Suryani Oktari, S.Kep., M.Si.** (Peneliti TDMRC/Dosen Fakultas Kedokteran Unsyiah)

ANGGOTA:

- **Ir. Syukri, M.Sc.** (Staf Ahli Bidang Ekonomi, Keuangan dan Pembangunan Setda Kota Banda Aceh)
- **Jalaluddin, S.T., M.T.** (Plt. Kepala DLHK3 Kota Banda Aceh)
- **Ir. Zulkifli Syahbuddin, M.M.** (Kepala DP2KP Kota Banda Aceh)
- **Ir. Irwan** (Kabid Perencanaan Pembangunan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah Bappeda Kota Banda Aceh)
- **Parmakope, S.E., M.M.** (Kabid Perencanaan Pembangunan Ekonomi dan Sumber Daya Alam Bappeda Kota Banda Aceh)
- **Sabri, S.Sos.** (Kabid Pencegahan dan Kesiapsiagaan BPBD Kota Banda Aceh)
- **Rahmatsyah Alam, S.T., M.Si.** (Kabid Tata Ruang Dinas PUPR Kota Banda Aceh)
- **Fernanda, S.T.** (Kabid SDA Dinas PUPR Kota Banda Aceh)
- **Mardalena, S.T., M.T.** (Kasubbid. Perumahan, Kawasan Permukiman dan Penanggulangan Bencana Bappeda Kota Banda Aceh)
- **Dr. Syamsidik, S.T., M.Sc.** (Peneliti TDMRC/Dosen Fakultas Teknik Unsyiah)
- **Dr. Benazir, S.T., M.Eng.** (Peneliti TDMRC/Dosen Fakultas Teknik Unsyiah)
- **Musa Al A'la, S.T., M.T.** (Peneliti TDMRC Unsyiah)
- **Tursina, S.T., M.T.** (Peneliti TDMRC Unsyiah)
- **Ilham M. Siddiq, S.Pd.I, S.T.** (Peneliti TDMRC Unsyiah)
- **Zainal Abidin Suarja, S.Pd., M.Pd.** (Ketua NGO Natural Aceh)
- **Rahmi Fajri** (Sekjen Koalisi untuk Advokasi Laut Aceh/Jaringan Kuala)

Dokumen ini disusun melalui:

Partnership Enhanced Engagement in Research (PEER) United States Agency for International Development (USAID) dan National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine of United States (NASEM) melalui hibah riset No. 5-395, "Incorporating climate change induced sea level rise information into coastal cities' preparedness toward coastal hazards".



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



Hak Cipta Bersama:

BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH (BAPPEDA) KOTA BANDA ACEH
TSUNAMI AND DISASTER MITIGATION RESEARCH CENTER (TDMRC) - UNIVERSITAS SYIAH KUALA

SAMBUTAN WALIKOTA BANDA ACEH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatu

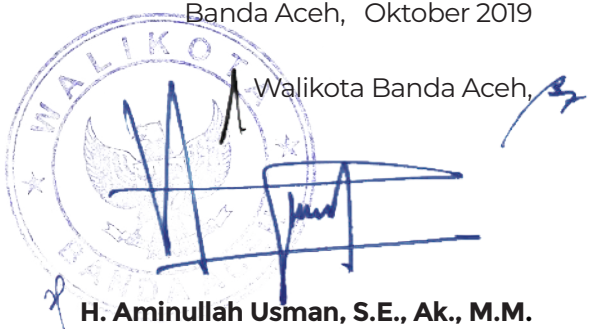
Syukur alhamdulillah atas rahmat dan kuasa Allah SWT telah terwujudnya sebuah dokumen teknis yang mengkaji tentang bencana pesisir Kota Banda Aceh: *"Strategi Mitigasi Bencana Tsunami dan Banjir Rob yang Diperparah oleh Kenaikan Muka Air Laut akibat Perubahan Iklim di Kota Banda Aceh"*. Kajian komprehensif tentang bencana tsunami dan banjir rob dengan pengaruh kenaikan muka laut serta adanya tinjauan dari aspek sosial akan menjadikan dokumen ini sebagai pedoman dalam pengembangan dan tatanan pesisir pantai Kota Banda Aceh. Khususnya dokumen ini akan menjadi dasar dalam pengembangan mitigasi tsunami dan banjir rob.

Apresiasi serta terima kasih dihaturkan kepada tim penyusun yang telah bekerja keras mulai dari asesmen permasalahan, pengolahan data, dan analisis sampai dengan perumusan strategi kebijakan yang tertuang dalam dokumen ini. Satuan tugas (*task force*) yang terlibat dalam penyusunan dokumen ini tertera dalam Keputusan Walikota Banda Aceh No. 428 Tahun 2019 tentang Pembentukan Satuan Tugas Penyusunan Dokumen Strategi Mitigasi Bencana Tsunami dan Banjir Rob yang Diperparah oleh Kenaikan Muka Air Laut akibat Perubahan Iklim. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada *Partnership Enhanced Engagement in Research (PEER) Cycle 5 (Grant No. 5-395)* dengan judul *"Incorporating climate change induced sea level rise information into coastal cities' preparedness toward coastal hazards"* Subaward No. 2000007546 yang diterima dari *United States Agency for International Development (USAID)* dan dikoordinasikan oleh *U.S. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (NASEM)* atas dukungan pendanaan semua kegiatan ini.

Seluruh instansi teknis terkait dan masyarakat Kota Banda Aceh diharapkan menjadikan dokumen ini sebagai acuan penting dalam mitigasi bencana Tsunami dan Banjir Rob. Terakhir, keberadaan dokumen ini harapannya dapat mendukung tekad Kota Banda Aceh menjadi Kota Gemilang yang Tangguh Bencana.

Banda Aceh, Oktober 2019

Walikota Banda Aceh,



H. Aminullah Usman, S.E., Ak., M.M.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas selesainya penyusunan dokumen “**Strategi Mitigasi Bencana Tsunami dan Banjir Rob yang Diperparah oleh Kenaikan Muka Air Laut Akibat Perubahan Iklim di Kota Banda Aceh**”. Dokumen ini lahir dari minimnya kajian dampak kenaikan muka air akibat pemanasan global (*global warming*) dalam menganalisis ancaman bencana pesisir di Kota Banda Aceh. Dampak terburuk kenaikan muka air laut adalah menghilangkan area daratan. Di samping itu pula, kenaikan muka air laut akan memperparah dampak bahaya pesisir lain seperti badai, erosi pantai, banjir rob, dan tsunami. Sebagai kota pesisir dengan elevasi daratan yang landai, Kota Banda Aceh berpotensi terpapar dampak kenaikan muka air laut.

Pasca-tsunami 2004, pertumbuhan penduduk berkembang pesat untuk kawasan pesisir Kota Banda Aceh. Harga tanah yang relatif murah, kemudahan akses ke tempat kerja, dan dekat dengan keluarga menjadi prioritas penduduk asli dan pendatang memilih tinggal di kawasan pesisir. Kota Banda Aceh tidak lepas dari ancaman tsunami di masa depan karena lokasinya yang berdekatan dengan jalur patahan Sumatera-Andaman. Sejumlah catatan sejarah dan kajian ilmiah juga semakin meyakinkan akan adanya perulangan bencana tsunami di Banda Aceh. Dalam jangka panjang, dampak kenaikan muka air laut semakin nyata. Kenaikan muka air laut dapat memperparah dampak tsunami di Kota Banda Aceh di masa depan. Selain itu, Kota Banda Aceh juga dilanda gelombang pasang setiap bulannya. Pada saat curah hujan tinggi, *outlet* sungai seperti Krueng Aceh, *floodway* Krueng Aceh, dan Krueng Neng penuh dengan debit sungai. Kondisi ini dapat memicu banjir rob apabila terjadi pada saat muka air laut naik. Ancaman tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut ini akan memberi dampak yang signifikan terhadap aspek fisik, sosial, dan ekonomi masyarakat pesisir Kota Banda Aceh apabila tidak dilakukan upaya mitigasinya.

Tujuan utama *Sustainable Development Goals (SDGs)* dan *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR) 2015-2030* adalah melakukan aksi nyata untuk menanggulangi perubahan iklim beserta dampaknya. Sejalan dengan tujuan tersebut, dokumen ini disusun sebagai upaya Pemerintah Kota Banda Aceh dalam memperkuat ketahanan dan kemampuan adaptasi masyarakat terhadap dampak buruk perubahan iklim dan bencana alam. Dokumen ini pula disusun sebagai bagian dari upaya Pemerintah Kota Banda Aceh dalam mengintegrasikan tindakan terkait perubahan iklim ke dalam kebijakan, strategi, dan perencanaan pembangunan. Dokumen ini terdiri dari kajian teknis dan kajian dari aspek sosial. Kajian teknis berupa kajian tentang ancaman bahaya tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut. Sedangkan untuk aspek sosial, dilakukan kajian kesiapsiagaan masyarakat pesisir dan ketahanan kota dalam menghadapi kedua jenis ancaman tersebut. Dari hasil kajian ini

dirumuskan rekomendasi yang memuat informasi strategi, rencana aksi, deskripsi kegiatan serta *stakeholder* sasaran. Diharapkan, hasil kajian dan rekomendasi dari dokumen ini dapat digunakan sebagai dasar untuk para pembuat kebijakan dalam pengelolaan kawasan pesisir dan mitigasi bencana tsunami.

Penyusunan dokumen ini melibatkan sejumlah lembaga pemerintah, non-pemerintah dan perguruan tinggi di lingkungan Kota Banda Aceh. Dokumen bersama ini disusun oleh tim satuan tugas (*task force*) yang dibentuk khusus untuk menyusun dokumen ini. Anggota tim *task force* diantaranya, Pemerintah Kota Banda Aceh, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Banda Aceh, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Dinas Lingkungan Hidup Kebersihan dan Keindahan Kota (DLHK3), Dinas Pangan Pertanian Kelautan dan Perikanan (DP2KP), Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), *Tsunami and Disaster Mitigation Research Center* (TDMRC) Universitas Syiah Kuala, Natural Aceh, dan Jaringan Kuala.

Penghargaan dan ucapan terima kasih kepada PEER USAID yang telah memberi dukungan dana sehingga mulai dari proses kajian hingga penyusunan dokumen ini dapat terlaksana dengan baik. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam *Focus Group Discussion* (FGD) yang telah memberi masukan untuk kesempurnaan dokumen ini. Harapan kami, kiranya dokumen ini dapat bermanfaat sebagai langkah awal Kota Banda Aceh dalam menghadapi dampak kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim yang akan dihadapi di masa mendatang.

Banda Aceh, Desember 2019

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

SAMBUTAN WALIKOTA BANDA ACEH	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Sasaran	3
1.3 Kedudukan Dokumen	3
1.4 Landasan Hukum	4
1.5 Proses Penyusunan	5
1.6 Sistematika Dokumen	6
BAB 2 GAMBARAN UMUM WILAYAH	7
2.1 Gambaran Geografis	7
2.2 Gambaran Demografis dan Sosial Ekonomi	11
2.3 Kondisi Kebencanaan Kota Banda Aceh	13
BAB 3 METODE KAJIAN	15
3.1 Simulasi Numerik Tsunami	15
3.1.1 Pengumpulan Data	15
3.1.2 Simulasi Numerik Tsunami	19
3.1.3 Batasan Kajian	29
3.2 Simulasi Numerik Banjir Rob	29
3.2.1 Tahapan-tahapan	29
3.2.2 Data-data yang digunakan	30
3.2.3 Pemodelan numerik banjir rob	32
3.2.4 Analisis Spasial	34
3.2.5 Proyeksi Dampak	34

3.3 Kajian Tingkat Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir.....	34
3.4 Kajian Tingkat Ketahanan Kota.....	36
3.4.1 Parameter, variabel, dan indikator.....	36
3.4.2 Metode Kajian.....	37
3.5 Metode Analisis Strategi dan Rekomendasi.....	38
BAB 4 HASIL KAJIAN.....	41
4.1 Tsunami.....	41
4.1.1 Dampak Tsunami + SLR 100 tahun.....	41
4.1.2 Evaluasi Kinerja BORR (Banda Aceh Outer Ring Road) dalam Mitigasi Tsunami.....	44
4.2 Banjir Rob.....	47
4.2.1 Dampak Spasial.....	47
4.2.2 Kerugian Ekonomi (<i>Direct Monetary Loss</i>).....	52
4.3 Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir Kota Banda Aceh.....	54
4.3.1 Pengetahuan Tentang Bahaya Pesisir.....	54
4.3.2 Rencana Tanggap Darurat.....	57
4.3.3 Peringatan Dini.....	58
4.3.4 Mobilisasi Sumber Daya.....	59
4.3.5 Indeks Kesiapsiagaan Masyarakat.....	60
4.4 Tingkat Ketahanan Kota Banda Aceh terhadap Dampak Kenaikan Muka Air Laut dan Bahaya Pesisir Lainnya Akibat Perubahan Iklim.....	61
4.5 Analisis Strategi dan Rekomendasi.....	66
4.5.1 Faktor Internal.....	66
4.5.2 Faktor Eksternal.....	68
BAB 5 REKOMENDASI.....	73
BAB 6 PENUTUP.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data parameter gempa 9,15 Mw (Koshimura dkk, 2009).....	16
Tabel 3.2 Data parameter gempa 8,5 Mw (Akram, 2017)	17
Tabel 3.3 Pengaturan <i>layer</i> simulasi kombinasi tsunami dan kenaikan muka air laut yang akan diinput pada COMCOT	21
Tabel 3.4 Pengaturan <i>layer</i> pada simulasi kinerja BORR dalam mereduksi tsunami yang akan diinput dalam <i>software</i> COMCOT	23
Tabel 3.5 Nilai koefisien Manning tutupan lahan yang diadopsi dari Li dkk (2012)	25
Tabel 3.6 Skenario simulasi numerik.....	27
Tabel 3.7 Data- data yang digunakan dalam proses kajian	30
Tabel 3.8 Komponen pasang surut.....	34
Tabel 3.9 Nilai indeks kesiapsiagaan.....	36
Tabel 4.1 Perbandingan hasil pengukuran dengan hasil simulasi	42
Tabel 4.2 Perbandingan luasan genangan tsunami	46
Tabel 4.3 Luas dampak genangan terhadap kawasan pesisir Kota Banda Aceh	49
Tabel 4.4 Dampak Banjir Rob terhadap Kota Banda Aceh.....	52
Tabel 4.5 Kerugian ekonomi dampak banjir rob terhadap Kota Banda Aceh	54
Tabel 4.6 Distribusi Jawaban Responden terkait Pengetahuan tentang Bahaya Pesisir	56
Tabel 4.7 Distribusi jawaban responden terkait mobilisasi sumber daya	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta administrasi Kota Banda Aceh (Bappeda Kota Banda Aceh).....	7
Gambar 2.2	Trase garis pantai dan Rencana tata ruang Kota Banda Aceh 2029	9
Gambar 2.3	Perbandingan kondisi pantai Kota Banda Aceh pada 2004 (sebelum tsunami), pada 2005 (setelah tsunami), pada 2009 (5 tahun setelah tsunami), dan pada 2015 (10 tahun setelah tsunami). (Sumber: Google Earth Images, 2019).....	10
Gambar 2.4	Foto udara kawasan pantai Kota Banda Aceh.....	10
Gambar 3.1	Kecenderungan kenaikan muka air laut Indonesia tahun 1995-2015 (Tagaki dkk, 2016).....	17
Gambar 3.2	Trase Alternatif (ALT) Jalan BORR, dipilih ALT 4 (warna kuning).....	18
Gambar 3.3	Cakupan kajian pemodelan Kota Banda Aceh	19
Gambar 3.4	Domain komputasi yang digunakan untuk simulasi.....	20
Gambar 3.5	Cakupan area simulasi Layer 1-5.....	21
Gambar 3.6	Area tinjauan dengan pembangunan jalan BORR	22
Gambar 3.7	Cakupan area simulasi Layer 1 sampai Layer 6	23
Gambar 3.8	Domain simulasi dengan penambahan konstruksi BORR	24
Gambar 3.9	Peta tutupan lahan dengan koefisien Manning tahun 2004 (kiri) dan 2029 (kanan)	25
Gambar 3.10	Studi area kajian kawasan pesisir Kota Banda Aceh.....	31
Gambar 3.11	Domain model genangan (hidrodinamik) diwakili oleh <i>grid</i> biru.....	33
Gambar 3.12	<i>Domain</i> model genangan dan <i>boundary condition</i> untuk simulasi banjir rob (genangan).....	33
Gambar 3.13	Skema proses analisis dampak kenaikan muka air laut menggunakan analisa spasial.....	34
Gambar 3.14	<i>Framework</i> yang digunakan untuk mengkaji ketahanan kota terhadap bahaya pesisir	37

Gambar 3.15	Sampel matriks analisis SWOT	39
Gambar 4.1	Penjalaran tsunami, tanpa SLR (kiri) dan dengan penambahan SLR 100 tahun (kanan)	41
Gambar 4.2	Tinggi gelombang tsunami (dari <i>Mean Sea Level</i>) pada titik pengamatan 4 (3.80 km dari garis pantai)	42
Gambar 4.3	Luas genangan tsunami tahun 2004.....	43
Gambar 4.4	Luas genangan tsunami setelah SLR 100 tahun.....	43
Gambar 4.5	Perubahan elevasi permukaan laut pada saat gempa bumi. Sebelah kiri magnitude 9.15 Mw dan kanan 8.5 Mw	44
Gambar 4.6	Kedalaman gelombang tsunami maksimum berdasarkan gempa 9,15 Mw tanpa BORR (kiri) dan ada BORR (kanan). Simulasi didasarkan pada tipe penggunaan lahan sebelum Tsunami 2004.....	45
Gambar 4.7	Kedalaman gelombang tsunami maksimum berdasarkan gempa 9,15 Mw tanpa BORR (kiri) dan ada BORR (kanan). Simulasi didasarkan pada tutupan lahan perencanaan tahun 2029.	45
Gambar 4.8	Perbandingan kedalaman genangan tsunami maksimum yang dihasilkan oleh gempa bumi 8,5 Mw dengan kondisi tanpa BORR (kiri) dan dengan BORR (kanan)	45
Gambar 4.9	Perbandingan kedalaman genangan tsunami maksimum pada cross section A, B dan C	46
Gambar 4.10	Grafik luas genangan model kawasan <i>existing</i>	48
Gambar 4.11	Peta luasan dampak banjir rob	48
Gambar 4.12	Dampak banjir rob pada Kawasan I (Kec. Meuraxa)	49
Gambar 4.13	Dampak banjir rob pada Kawasan II.....	50
Gambar 4.14	Dampak banjir rob pada Kawasan III	51
Gambar 4.15	Dampak banjir rob pada Kawasan IV	52
Gambar 4.16	Grafik luasan dampak banjir rob pada klasifikasi tata guna lahan.	53

Gambar 4.17	Distribusi jawaban responden terkait keterpaparan dan diseminasi informasi tentang bahaya pesisir.....	57
Gambar 4.18	Distribusi jawaban responden tentang rencana tanggap darurat.....	57
Gambar 4.19	Distribusi jawaban responden tentang peringatan dini bahaya pesisir.....	58
Gambar 4.20	Distribusi jawaban responden tentang sumber informasi peringatan dini bahaya pesisir	58
Gambar 4.21	Distribusi jawaban responden tentang bagaimana cara sirine tsunami berbunyi	59
Gambar 4.22	Distribusi Indeks Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir Kota Banda Aceh	60
Gambar 4.23	Hasil penilaian indikator pada parameter ke-1 kelembagaan dan tata kelola	61
Gambar 4.24	Distribusi jawaban responden tentang akses layanan dasar.....	61
Gambar 4.25	Hasil penilaian indikator pada parameter ke-2 sosial dan ekonomi.....	62
Gambar 4.26	Hasil penilaian indikator pada parameter ke-3 manajemen sumber daya pesisir..	63
Gambar 4.27	Distribusi jawaban responden tentang pelibatan dalam pengambilan keputusan.....	63
Gambar 4.28	Hasil penilaian indikator pada parameter ke-4 manajemen penggunaan lahan dan infrastruktur	64
Gambar 4.29	Hasil penilaian indikator pada parameter ke-5 strategi pengurangan risiko	65
Gambar 4.30	Hasil penilaian parameter ketahanan Kota Banda Aceh.....	65

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global, pertumbuhan populasi yang semakin meningkat, dan kerentanan yang disebabkan oleh manusia telah menyebabkan masyarakat pesisir di seluruh dunia mengalami perubahan yang signifikan (McMichael, 2014; Levy dan Patz, 2015). Efek dari perubahan ini menjadikan wilayah pesisir memiliki tingkat paparan yang tinggi terhadap kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh perubahan iklim serta diperparah oleh bahaya pesisir lainnya, seperti badai, erosi pantai, banjir rob, dan tsunami. Bahaya-bahaya tersebut menimbulkan ancaman signifikan terhadap aspek fisik, sosial, dan ekonomi masyarakat pesisir (UNESCO, 2012; Neumann dkk., 2015; Bevacqua dan Zhang, 2018).

Pada abad ke-21, Asia dan Afrika diproyeksikan menjadi pusat pertumbuhan populasi, pembangunan ekonomi, dan urbanisasi di wilayah pesisir, serta pulau-pulau kecil, sehingga menyebabkan kondisi yang sangat rentan terhadap dampak kenaikan muka air laut dan perubahan iklim (Neumann dkk., 2015; Mimura, 2013). Dengan lebih dari 17.000 pulau, Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim global karena lokasi geografisnya. Suhu rata-rata diproyeksikan meningkat 0,5-3,92 °C pada tahun 2100 dibandingkan periode saat ini (1981-2010). Kenaikan yang disebabkan oleh perubahan iklim di permukaan laut diperkirakan akan mencapai 35-40 cm pada tahun 2050 relatif terhadap nilai tahun 2000. Hasil model memperkirakan bahwa dengan mempertimbangkan faktor es yang mencair di Kutub Utara dan Selatan, permukaan laut akan naik sekitar 5 cm di tahun 2100. Hampir 65% dari populasi yang tinggal di wilayah pesisir Indonesia rentan terhadap dampak perubahan iklim, terutama yang disebabkan oleh peningkatan banjir pantai di permukaan laut (TNC, 2017).

Banda Aceh merupakan salah satu kota yang terkena dampak paling parah saat peristiwa Tsunami Samudra Hindia 2004 yang lalu. Secara umum ketinggian gelombang yang terjadi di pantai adalah sekitar 20 meter di barat dan sekitar 15 m di timur (Lavigne dkk., 2009). Pada lokasi tertentu capaian gelombang di daratan (*run-up mode*) sangat tinggi seperti di Bukit Ritieng-Leupung yang mencapai 49,43 m (Shibayama dkk., 2005) dan 34,8 m di Lhok Nga (Tsuji dkk., 2006). Genangan tsunami di Banda Aceh mencapai 3 hingga 4,5 km ke daratan, sehingga meluluhlantakkan hampir 50% wilayah kota (Ghobarah dkk., 2006; Borrero, 2005).

Namun 10 tahun pasca-tsunami, masyarakat kembali menghuni wilayah pesisir. Sejarah peristiwa tsunami tidak lagi menjadi pertimbangan masyarakat dalam hal pemilihan lokasi tempat tinggal. Masyarakat menjadikan harga sewa, harga tanah,

jarak dari lokasi pekerjaan, dan koneksi keluarga sebagai tiga alasan utama yang memotivasi masyarakat untuk memilih tempat tinggal baru (Syamsidik dkk., 2017).

Kota Banda Aceh memiliki topografi yang landai sehingga sangat rawan terhadap dampak kenaikan muka air laut yang diakibatkan oleh perubahan iklim. Dengan kenaikan muka air laut sebesar 7 mm per tahun dan dalam kurun 100 tahun, 11% wilayah Kota Banda Aceh akan terendam banjir rob dan 4 km dari garis pantai terancam digenangi tsunami jika skala gempa yang dengan kejadian 2004 (Tursina dkk., 2017; Al'ala dkk., 2017). Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat disertai minimnya pemahaman masyarakat tentang risiko bencana, mendorong penggunaan *buffer zone* sebagai area hunian. Hal ini mengakibatkan kerusakan ekosistem pesisir dan meningkatkan kerentanan Kota Banda Aceh terhadap dampak kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim.

Upaya mencegah dan mengurangi dampak perubahan iklim menjadi salah satu fokus utama dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)* dan *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR) 2015-2030*. Salah satu tujuan yang tertuang dalam SDGs adalah melakukan aksi nyata untuk menanggulangi perubahan iklim beserta dampaknya. Beberapa target dari tujuan ini termasuk memperkuat ketahanan dan kemampuan beradaptasi terhadap dampak buruk perubahan iklim dan bencana alam serta mengintegrasikan tindakan terkait perubahan iklim ke dalam kebijakan, strategi, dan perencanaan pembangunan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dipandang perlu disusun sebuah dokumen bersama oleh para pemangku kepentingan yang ada di Kota Banda Aceh dengan judul "*Strategi Mitigasi Bencana Tsunami dan Banjir Rob yang Diperparah oleh Kenaikan Muka Air Laut Akibat Perubahan Iklim di Kota Banda Aceh*". Penyusunan dokumen ini merupakan wujud dari upaya Pemerintah Kota Banda Aceh untuk merumuskan langkah-langkah strategis dalam upaya pengurangan risiko bencana, khususnya tsunami dan banjir rob.

1.2 Tujuan dan Sasaran

Dokumen ini disusun dengan tujuan:

1. Menyediakan informasi dasar dan teknis terkait hasil proyeksi bahaya tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim di Kota Banda Aceh untuk jangka waktu 50 sampai 100 tahun serta hasil kajian terhadap kesiapsiagaan masyarakat pesisir dan tingkat ketahanan Kota Banda Aceh dalam menghadapi bahaya tersebut;
2. Merekomendasikan langkah-langkah strategis dalam upaya mitigasi

tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim di Kota Banda Aceh;

3. Membangun dasar yang kuat untuk kemitraan dalam penyelenggaraan strategi mitigasi tsunami dan banjir rob, baik secara struktural maupun non-struktural;
4. Menjadi bagian dari rencana pembangunan Kota Banda Aceh secara terpadu terkoordinasi serta melibatkan berbagai pemangku kepentingan baik pengambil kebijakan, praktisi, dan akademisi, sehingga dapat menjadi landasan untuk upaya mitigasi tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim di Kota Banda Aceh;
5. Melindungi masyarakat dalam bentuk pengembangan mitigasi berdasarkan hasil kajian khususnya di wilayah pesisir Kota Banda Aceh dari bahaya tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim.

Sasaran dari penyusunan dokumen ini adalah sebagai pedoman bagi para pemangku kepentingan di Kota Banda Aceh, termasuk lembaga pemerintah (Satuan Kerja Perangkat Daerah/SKPD dan Unit Pelaksana Teknis/UPT), lembaga non-pemerintah, swasta dan para pemangku kepentingan lainnya dalam upaya mengurangi risiko tsunami dan banjir rob melalui strategi mitigasi struktural dan non-struktural.

1.3 Kedudukan Dokumen

Dokumen ini merupakan dokumen bersama dan bagian yang tak terpisahkan dari dokumen perencanaan pembangunan Kota Banda Aceh, yang meliputi:

- a. Rencana Pembangunan Jangka Panjang
- b. Rencana Pembangunan Jangka Menengah
- c. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)
- d. Rencana Strategis Sektoral
- e. Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD)
- f. Rencana Kerja (Renja) SKPD

1.4 Landasan Hukum

1. Undang-Undang Darurat Nomor 8 Tahun 1956 tentang Pembentukan Daerah Otonom Kota-kota Besar Dalam Lingkungan Daerah Propinsi Sumatera Utara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1956 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Nomor 1092);
2. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2004 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 53, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4389);
3. Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional;
4. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 125, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4437), sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2005 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2005 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah menjadi Undang-Undang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 108, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4548);
5. Undang-Undang Nomor 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 126, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4438);
6. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2006 tentang Pemerintahan Aceh (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 62, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4633);
7. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana;
8. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil;
9. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2015;
10. Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 1983 Tentang Perubahan Batas Wilayah

Kotamadya Daerah Tingkat II Banda Aceh (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1983 Nomor 5, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3247);

11. Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4578);
12. Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2005 tentang Pembinaan dan Pengawasan Penyelenggaraan Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 165, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4593);
13. Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 42, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4828);
14. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2007 tentang Organisasi Perangkat Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 89, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4741);
15. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2008 tentang Pendanaan dan Pengelolaan Bencana (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 43, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4829);
16. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana dalam Keadaan Tertentu;
17. Qanun Aceh Nomor 5 Tahun 2010 tentang Penanggulangan Bencana;
18. Qanun Kota Banda Aceh Nomor 2 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Qanun Kota Banda Aceh Nomor 4 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banda Aceh Tahun 2009-2029.

1.5 Proses Penyusunan

Penyusunan dokumen ini dilatar belakangi oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh tim peneliti dari *Tsunami and Disaster Mitigation Research Center, Universitas Syiah Kuala* (TDMRC Unsyiah) bersama Bappeda Kota Banda Aceh, dengan dukungan *The United States Agency for International Development* (USAID) melalui penelitian *Partnership Enhanced Engagement in Research* (PEER) Siklus ke-5 (#5-395). Tim peneliti telah melakukan analisis terkait proyeksi dampak tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dengan skenario 50 hingga 100 tahun. Tim peneliti juga melakukan kajian tingkat

ketahanan Kota Banda Aceh dalam menghadapi bahaya tsunami dan banjir rob, baik dari aspek kebijakan maupun aspek kesiapsiagaan masyarakat pesisir. Hasil penelitian yang telah dilakukan sejak 2017 ini kemudian diserahkan oleh tim peneliti kepada Walikota Banda Aceh pada 12 April 2019. Dalam pertemuan tersebut, Walikota Banda Aceh mendukung adanya upaya yang serius untuk menindaklanjuti hasil penelitian dalam bentuk rencana tindak lanjut melalui penyusunan dokumen ini. Penyusunan dokumen ini melibatkan Tim Satuan Tugas (Satgas) Penyusunan Dokumen yang dibentuk oleh Walikota melalui Surat Keputusan Walikota Banda Aceh No. 428 Tahun 2019. Tim Satgas ini terdiri dari perwakilan SKPD yang terkait, Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan akademisi. Sebelum disahkan menjadi dokumen resmi Kota Banda Aceh, serangkaian rapat intensif Tim Satgas penyusunan dokumen, *Focus Group Discussion* (FGD), *workshop*, dan diskusi publik telah dilaksanakan guna membahas dokumen secara keseluruhan, rumusan hasil, dan rekomendasi.

1.6 Sistematika Dokumen

Secara umum, dokumen ini terdiri dari enam bab. Pada Bab I menguraikan latar belakang, tujuan, sasaran, kedudukan, landasan hukum serta sistematika penyusunan dokumen. Gambaran umum wilayah serta profil kebencanaan Kota Banda Aceh disajikan pada Bab II. Selanjutnya pada Bab III dipaparkan metode yang digunakan dalam penyusunan dokumen, termasuk diantaranya tahapan-tahapan yang dilakukan, data yang digunakan, serta proses simulasi numerik. Pada bab ini juga dijelaskan tentang metode pemodelan dan analisis spasial, analisis kebijakan, analisis kesiapsiagaan masyarakat serta analisis dalam merumuskan strategi dan rekomendasi. Penyajian hasil kajian diuraikan pada Bab IV. Bab V memaparkan rekomendasi berdasarkan hasil kajian dari beberapa diskusi yang dilaksanakan. Terakhir, penutup diringkas di dalam Bab VI.



Garis pantai Kota Banda Aceh yang telah melalui proses pembangunan sejumlah tanggul laut (revetment) untuk mempertahankan garis pantai dari bencana abrasi. Sejumlah fasilitas penting seperti Pelabuhan Ferry Ulee Lheue dan Pelabuhan Perikanan Samudera Lampulo secara dominan mempengaruhi proses dinamika pantai Kota Banda Aceh (foto udara diambil tanggal 30 Mei 2018).

BAB 2 GAMBARAN UMUM WILAYAH

2.1 Gambaran Geografis

Secara administratif, Kota Banda Aceh dibagi dalam 9 kecamatan dan 90 gampong (Gambar 2.1). Empat kecamatan, yaitu Meuraxa, Kutaraja, Kuta Alam, dan Syiah Kuala berhadapan langsung dengan laut. Keempat kecamatan ini juga merupakan kawasan yang terdampak paling parah pada saat kejadian Tsunami Samudera Hindia 26 Desember 2004 lalu.

Secara geografis, Kota Banda Aceh merupakan kota pesisir di ujung utara Pulau Sumatera dengan cakupan luasan 6.136 ha (Qanun Kota Banda Aceh, 2018). Posisi geografisnya diapit oleh Selat Malaka di sisi utara dan Samudera Hindia di sisi barat, sementara di sisi timur dan selatan dibatasi oleh wilayah



Gambar 2.1 Peta administrasi Kota Banda Aceh
(Bappeda Kota Banda Aceh)

Kabupaten Aceh Besar. Secara astronomis, Banda Aceh terletak antara 05°16'15"– 05°36'16" Lintang Utara dan 95°16'15"– 95°22'35" Bujur Timur, di mana seluruh wilayahnya berada di belahan bumi bagian utara namun tidak begitu jauh dari garis khatulistiwa. Hal ini menyebabkan Kota Banda Aceh memiliki iklim tropis dengan suhu udara berkisar antara 22,4°C dan 34,1°C.

Berdasarkan jenis penggunaan lahan, secara umum wilayah Kota Banda Aceh terbagi menjadi dua kawasan, yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya. Menurut RTRW Kota Banda Aceh tahun 2009-2029, kawasan lindung Banda Aceh direncanakan akan menempati area dengan luas 1.189,65 ha atau 20,15% dari total luas wilayah (Qanun Kota Banda Aceh, 2018). Namun secara aktual, BPS Kota Banda Aceh (2018) mencatat luas kawasan lindung yang sudah terealisasi adalah 788,63 ha atau 13,36% dari total luas wilayah. Luasan ini memang belum memadai jika dikaitkan dengan syarat persentase kawasan lindung sesuai Undang-Undang No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Mayoritas kawasan lindung Kota Banda Aceh berada di daerah sempadan pantai dan sempadan *Krueng* Aceh. Fungsi kawasan lindung tersebut meliputi sebagai kawasan perlindungan setempat, ruang terbuka hijau, dan kawasan cagar budaya. Sementara untuk kawasan budidaya, luasan rencana pola ruangnya 4.713,77 ha atau 79,85% dari total luasan kota. Kawasan budidaya ini difungsikan antara lain untuk perumahan, perdagangan dan jasa, perkantoran, pariwisata, perikanan, pelabuhan, ruang terbuka non-hijau, dan kawasan peruntukan lainnya.

Secara lebih detail, BPS Kota Banda Aceh (2018) mencatat bahwa pada 2017 Banda Aceh memiliki Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang merupakan bagian dari kawasan lindung kota seluas 637 ha atau 10,79% dari luas wilayah. Angka ini menurun dari tahun-tahun sebelumnya, misalnya 11,87% pada tahun 2012 dan 13,22% pada tahun 2016. Meskipun demikian, ditinjau dari sektor pola tata ruang, RTH yang bertujuan sebagai fungsi ekologis, ekonomi, dan estetika ini akan dikembangkan dengan cakupan luasan berkisar 20,59 ha (Qanun Kota Banda Aceh, 2018). RTH memiliki peran penting dalam pengurangan risiko bencana pesisir di Banda Aceh karena hampir seluruh ruang terbuka tersebut terletak di kawasan pesisir, sehingga dapat berfungsi sebagai *buffer zone*. Sebagai wilayah pesisir di mana perikanan adalah sektor industri yang penting, Banda Aceh juga memiliki area tambak seluas 423,8 ha yang dikelola oleh 401 petani tambak (BPS Kota Banda Aceh, 2018).

Secara topografi, sebagian besar wilayah Kota Banda Aceh berada di kawasan yang rendah dengan topografi yang relatif landai. Secara umum, permukaan tanah di kota ini berada di ketinggian kurang dari 2 m dari muka air laut rata-rata (Al'ala dan Syamsidik, 2019).



Gambar 2.2 Trase garis pantai dan Rencana tata ruang Kota Banda Aceh 2029

Dilansir dalam RTRW, Kota Banda Aceh memiliki panjang garis pantai yang mencapai 13,35 km dengan trase seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2. Di belakang garis pantai tersebut terdapat beberapa laguna kecil, seperti Laguna Ulee Lheue yang mendominasi sistem air payau kawasan pantai kota madani ini.

Secara morfologis, kawasan pantai Kota Banda Aceh sebagiannya telah membentuk garis-garis pantai baru yang menyerupai kondisi sebelum Tsunami 2004 terjadi. Perbandingan terhadap kondisi pantai sebelum Tsunami 2004, akibat tsunami (kondisi tahun 2005), 5 tahun setelah Tsunami 2004 (tahun 2009), dan 12 tahun setelah tsunami (tahun 2015) diperlihatkan pada Gambar 2.3. Gambar tersebut memperlihatkan perubahan drastis pada kawasan pantai akibat Tsunami 2004. Pembangunan beberapa konstruksi perlindungan garis pantai dan upaya-upaya lainnya menjadikan bentuk morfologi kawasan pantai Kota Banda Aceh seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Perbandingan kondisi pantai Kota Banda Aceh pada 2004 (sebelum tsunami), pada 2005 (setelah tsunami), pada 2009 (5 tahun setelah tsunami), dan pada 2015 (10 tahun setelah tsunami). (Sumber: Google Earth Images, 2019).



Gambar 2.4 Foto udara kawasan pantai Kota Banda Aceh (Dokumentasi TDMRC Unsyiah, 2017)

Gambar 2.4 memperlihatkan foto udara kawasan pantai Banda Aceh yang relatif rendah dibandingkan dengan permukaan air laut rata-rata. Kota Banda Aceh dilewati oleh *Krueng* Aceh yang bercabang di sekitar Bakoy, Aceh Besar. Aliran utama *Krueng* Aceh melewati beberapa wilayah penting seperti Simpang Surabaya, Pantee Pirak, dan Peunayong. Sedangkan percabangannya yang merupakan kanal banjir, melewati wilayah Darussalam-Lamnyong dan Alue Naga.

Krueng Aceh memiliki peran penting dalam merubah kondisi morfologi pantai Kota Banda Aceh. Kontribusi utama sedimen dari daratan untuk pantai di sekitar Lampulo-Syiah Kuala bersumber dari sungai ini. Sungai ini juga memiliki potensi menyebabkan banjir di beberapa kawasan kota, terutama sebelum konstruksi kanal banjir Alue Naga selesai dikerjakan pada tahun 1992. Di sisi lain, penyelesaian kanal banjir ini juga berkontribusi pada sedimen di Pantai Alue Naga dan sekitarnya.

Selain itu, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indrapuri pada 2017 mencatat curah hujan di Wilayah Banda Aceh berkisar antara 15 hingga 259 mm per bulan, di mana curah hujan cenderung tinggi di awal dan akhir tahun, sehingga tengah tahun cenderung kering. BMKG juga mencatat ada 1.223 kali gempa yang terjadi di Banda Aceh sepanjang 2017 dengan 19 kejadian di antaranya dapat dirasakan getarannya.

2.2 Gambaran Demografis dan Sosial Ekonomi

Banda Aceh merupakan salah satu kota pantai di Indonesia dengan ukuran populasi/demografi yang sedang. Pada akhir 2017, Kota Banda Aceh memiliki jumlah penduduk sebesar 259.913 jiwa, dengan kepadatan penduduk sebesar 4.236 jiwa/km². Jumlah penduduk tertinggi terdapat di Kecamatan Kuta Alam, yaitu sebesar 51.614 jiwa, namun kepadatan penduduk tertinggi ada di Kecamatan Baiturrahman, yakni sebesar 8.088 jiwa/km². Jika dibandingkan dengan jumlah penduduk pada tahun 2016, sebesar 254.904 jiwa, laju pertumbuhan penduduk Kota Banda Aceh adalah 1,96%. Angka laju tersebut lebih tinggi dari rata-rata laju pertumbuhan penduduk di Provinsi Aceh pada tahun 2017, yakni 1,83% (BPS Provinsi Aceh, 2018).

Berdasarkan jenis kelamin, penduduk Kota Banda Aceh terdiri dari 133.728 penduduk laki-laki dan 126.185 jiwa penduduk perempuan. Sementara berdasarkan kelompok umur, 24,29% penduduk berumur 14 tahun ke bawah, 73,15% berumur antara 15 hingga 64 tahun, dan 2,56% berusia di atas 65 tahun. Sementara dari segi pendapatan per kapita, 19.230 (7,44%) dari penduduk Kota Banda Aceh tercatat sebagai penduduk miskin dengan penghasilan Rp. 572.295 (atau lebih rendah) per bulan.

Kemudian, berdasarkan data dari Survei Angkatan Kerja Nasional (SAKERNAS),

pada 2017 Kota Banda Aceh memiliki angkatan kerja sebanyak 119.439 jiwa, dimana 110.184 jiwa memiliki pekerjaan dan 9.255 jiwa menganggur. Selain itu, pada tahun 2017 Kota Banda Aceh juga menerima 4.096 penduduk pindah masuk, yaitu lebih sedikit dari jumlah penduduk keluar sebesar 6.357 jiwa. Pada tahun yang sama Kota Banda Aceh juga memiliki angka kelahiran sebesar 7.136 bayi dan angka kematian 692 jiwa.

Sementara dari segi fasilitas publik, Kota Banda Aceh memiliki 95 Taman Kanak-Kanak, 85 Sekolah Dasar, 32 SMP, dan 28 SMA. Terkait fasilitas kesehatan, Banda Aceh memiliki 13 rumah sakit serta 11 puskesmas untuk fasilitas kesehatan. Sementara untuk fasilitas ibadah, terdapat 104 masjid, 193 musholla, 2 gereja protestan, 1 gereja katolik, 1 kuil, dan 1 klenteng. Untuk fasilitas transportasi, Banda Aceh memiliki 1 terminal angkutan antar kota dan provinsi, 1 terminal angkutan dalam kota, dan 1 pelabuhan penyeberangan. Selain itu juga terdapat sistem transportasi dalam kota, yaitu Bus Trans Koetaradja yang didukung dengan 89 halte bus tersebar di sepanjang kota.

BPS Kota Banda Aceh juga mencatat bahwa 47% penduduk Kota Banda Aceh sudah memiliki rumah sendiri, sementara selebihnya tinggal di rumah kontrak atau rumah dinas. Mayoritas rumah tangga di Banda Aceh (66%) mempunyai rumah dengan luas lantai antara 20 – 99 m². Hampir semua (88,66%) dari seluruh bangunan rumah di Banda Aceh menggunakan tembok dengan model konstruksi *confined masonry* atau *reinforced concrete* (BPS Kota Banda Aceh, 2018).

Kota Banda Aceh juga sudah memiliki Sistem Peringatan Dini Tsunami dan *Escape Building*. Sistem peringatan dini tsunami sudah terpasang di *Gampong Blang Oi*, Kecamatan Meuraxa, serta Lampulo dan Bandar Baru, Kecamatan Kuta Alam. Tiga *Escape Building* juga telah dibangun di Kecamatan Meuraxa, yaitu di *Gampong Alue Deah Teungoh*, *Deah Glumpang*, dan *Lambung*.

Berkaitan dengan mata pencaharian penduduk, penduduk Banda Aceh memiliki berbagai bentuk profesi formal dan non-formal. Khusus untuk masyarakat di kawasan pesisir, profesi yang berkaitan dengan perikanan masih menjadi andalan. Pada tahun 2017, BPS mencatat ada 2.448 penduduk Kota Banda Aceh yang bermatapencaharian sebagai nelayan dan sebanyak 401 orang bekerja sebagai petani ikan.

Terakhir, dalam hal pendapatan daerah, Pendapatan Daerah Kota Banda Aceh pada 2017 adalah sebesar Rp. 1.244.415.059.119. Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kota Banda Aceh pada tahun 2017 adalah Rp. 270.170.805.366,00 atau 96,19% dari target PAD pada tahun tersebut. Sementara itu, realisasi PAD pada tahun sebelumnya jauh lebih besar, yaitu 110,55% (BPS Kota Banda Aceh, 2018).

2.3 Kondisi Kebencanaan Kota Banda Aceh

Banda Aceh rentan terhadap beberapa jenis bencana pantai, seperti tsunami, banjir rob, angin kencang, dan banjir genangan. Selain itu, Banda Aceh juga rentan terhadap gempa bumi dan bencana kebakaran. Banda Aceh dilalui oleh dua patahan yang merupakan percabangan dari Patahan Sumatera, yaitu Patahan Aceh dan Patahan Seulimum. Kedua patahan ini berpotensi menghasilkan gempa yang merusak.

Banjir rob yang diakibatkannya oleh proses hidro-osenografi di kawasan pantai dilaporkan pernah terjadi di Gampong Alue Naga pada tahun 2006 dan Gampong Pandee pada tahun yang sama. Peristiwa ini erat kaitannya dengan aktifitas *co-seismic* setelah Gempa dan Tsunami 2004. Setelah konstruksi perlindungan pantai berupa *revetment* selesai, banjir rob belum pernah dilaporkan lagi terjadi di kawasan Banda Aceh. Namun, pada musim-musim tertentu di mana gelombang besar dikombinasikan dengan kondisi pasang purnama, gelombang yang melimpasi konstruksi *revetment* dapat diamati terjadi di sekitar Gampong Pandee dan Gampong Jawa.

Kejadian tsunami pada tahun 2004 membuktikan bahwa Banda Aceh rentan terhadap tsunami. Penemuan dari hasil penelitian lainnya turut menyebutkan bahwa setidaknya ada 11 kali tsunami yang pernah melanda kawasan utara Pulau Sumatera (Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar), yaitu kajian sedimen tsunami (Rubin dkk., 2017). Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa bencana tsunami akan tetap menjadi ancaman serius bagi Kota Banda Aceh dan sekitarnya. Berdasarkan karakteristik sumber-sumber tsunami yang berada di sekitar jalur subduksi Indo-Australia, maka estimasi waktu tiba gelombang tsunami paling singkat adalah 35 menit (Syamsidik dkk., 2015). Ini perlu melandasi perencanaan evakuasi kota yang tepat dan cepat.

Intrusi air laut belum pernah dilaporkan secara serius di Banda Aceh. Namun, beberapa laporan menyebutkan bahwa kondisi air tanah di sekitar kawasan pantai Banda Aceh telah dipengaruhi oleh intrusi air laut (Maghfirah, 2018; Marvita 2015). Kedua studi tersebut melaporkan adanya intrusi air laut di Alue Naga dan Jeulingke pada sistem air tanah. Intrusi air laut permukaan belum pernah ada kajian menyeluruh sampai dengan saat ini. Di sisi lain, intrusi air laut ini akan berpotensi mengancam sumber air bersih, fasilitas infrastruktur penting, dan pemukiman di Kota Banda Aceh.



Kondisi pemukiman dan lahan di sisi barat Kota Banda Aceh. Beberapa anak sungai membelah wilayah Banda Aceh dan Aceh Besar seperti Sungai Krueng Neng yang mengalir dari Mata le di Aceh Besar dan bermuara di Teluk Ulee Lheue, Banda Aceh (foto udara diambil tanggal 30 Mei 2018).

BAB 3 METODE KAJIAN

Secara umum, ada enam (6) tahapan yang dilakukan dalam menghasilkan dokumen ini, yaitu: 1) Simulasi Numerik Banjir Rob, 2) Simulasi Numerik Tsunami, 3) Analisis Spasial, 4) Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat, 5) Kajian Tingkat Ketahanan Kota Banda Aceh, dan 6) Analisis Strategi dan Rekomendasi. Berikut diuraikan metode dan tahapan yang dilaksanakan dalam kajian-kajian tersebut.

3.1 Simulasi Numerik Tsunami

Ada dua kajian yang dilakukan terkait pemodelan tsunami di Banda Aceh. Pertama, proyeksi genangan tsunami yang dikombinasikan dengan kenaikan muka air laut (*sea level rise*) 100 tahun yang akan datang. Kedua, evaluasi bangunan *Banda Aceh Outer Ring Road* (BORR) dalam mereduksi gelombang tsunami. Kedua kajian ini dilakukan dengan simulasi numerik menggunakan *software* COMCOT (*Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model*). Beberapa tahapan mulai dari proses pengumpulan data, proses persiapan data, dan proses simulasi dijelaskan sebagai berikut.

3.1.1 Pengumpulan Data

A. Data Batimetri

Data kedalaman laut (batimetri) digunakan untuk memodelkan kedalaman laut yang meliputi kedalaman laut dalam di mana sumber gempa berada sampai perairan dangkal. Data kedalaman laut dalam diperoleh dari data GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*). Untuk laut dangkal digunakan data dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal). Khusus untuk kedalaman laut dangkal dilakukan pemutakhiran data dari hasil pengukuran batimetri oleh TDMRC Unsyiah.

B. Data Topografi

Data ketinggian daratan (topografi) menggambarkan elevasi daratan di atas elevasi 0 (nol) yang digunakan sebagai area genangan tsunami. Data ini diperoleh dari Bappeda Kota Banda Aceh berdasarkan hasil pengukuran JICA tahun 2005. Data topografi memiliki rentang elevasi antar kontur 0,5 m.

C. Data Parameter Gempa

Data parameter gempa merupakan data sumber gempa, seperti mekanisme gempa, koordinat *epicenter* gempa, kedalaman, panjang dan lebar area patahan, serta sudut pergeseran patahan gempa. Terdapat dua variasi skala gempa pada

pemodelan tsunami dalam kajian ini, yaitu 9,15 Mw dan 8,5 Mw. Pemilihan skenario gempa untuk proyeksi genangan tsunami yang dikombinasikan dengan kenaikan muka air laut (*sea level rise*) 100 tahun yang akan datang adalah gempa 9,15 Mw. Magnitude gempa 9,15 Mw merupakan kekuatan gempa pada 26 Desember 2004 di Aceh. Pada skenario ini parameter gempa 9,15 Mw menggunakan *multi-fault* 6 bagian (*segment*) yang diadopsi dari Koshimura dkk. (2009) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.1. Pada kajian evaluasi bangunan *Banda Aceh Outer Ring Road* (BORR) dalam mereduksi gelombang tsunami selain digunakan skenario gempa 9,15 Mw juga dimodelkan dengan gempa 8,5 Mw berdasarkan analisis data USGS oleh Akram (2017) seperti ditabulasikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Data parameter gempa 9,15 Mw (Koshimura dkk., 2009)

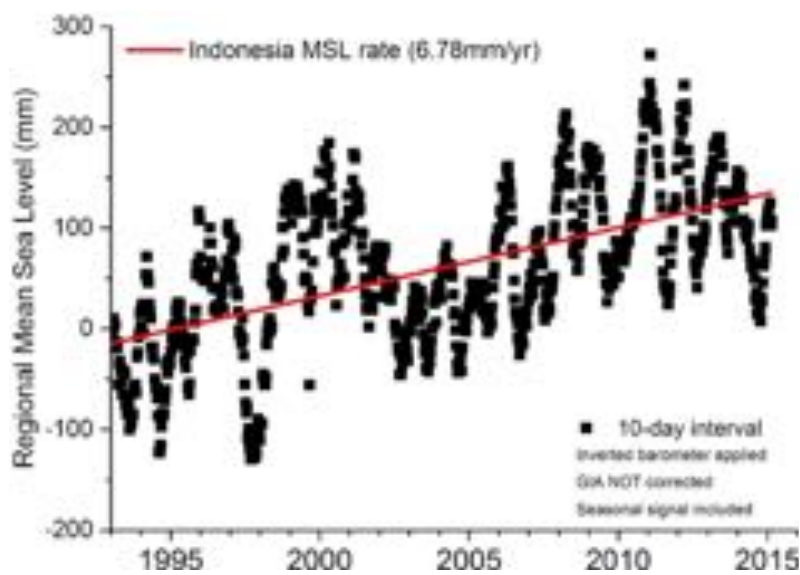
No. Segmen	Lon. (°)	Lat. (°)	L (km)	W (km)	Kedalaman (km)	Dip (°)	Strike (°)	Slip (°)	Dis (m)
1.	94.40	3.030	200	150	10	15	323	90	14.00
2.	93.32	4.480	125	150	10	15	335	90	12.60
3.	92.87	5.510	180	150	10	15	340	90	15.10
4.	92.34	7.140	145	150	10	15	340	90	7.00
5.	91.88	8.470	125	150	10	15	345	90	7.00
6.	91.90	11.00	380	150	10	15	7	90	7.00

D. Data Kenaikan Muka Air Laut

Kenaikan muka air laut rata-rata Indonesia adalah 6,78 mm/tahun atau 7,00 mm/tahun (Gambar 3.1). Data ini merupakan data pengukuran dari IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), yaitu sebuah lembaga internasional yang mengkaji aspek-aspek ilmiah tentang perubahan iklim (Takagi dkk., 2016).

Tabel 3.2 Data parameter gempa 8,5 Mw (Akram, 2017)

Parameter gempa	Nilai
Magnitude (Mw)	8.5
Koordinat <i>Epicenter</i>	
- Latitude (°)	5.672
- Longitude(°)	94.162
Kedalaman (m)	10.000
Lebar patahan (m)	74.990
Panjang patahan (m)	323.590
<i>Dislocation</i> (m)	8.30
<i>Strike</i> (°)	329.0
<i>Dip</i> (°)	8.0
<i>Slip</i> (°)	110.0



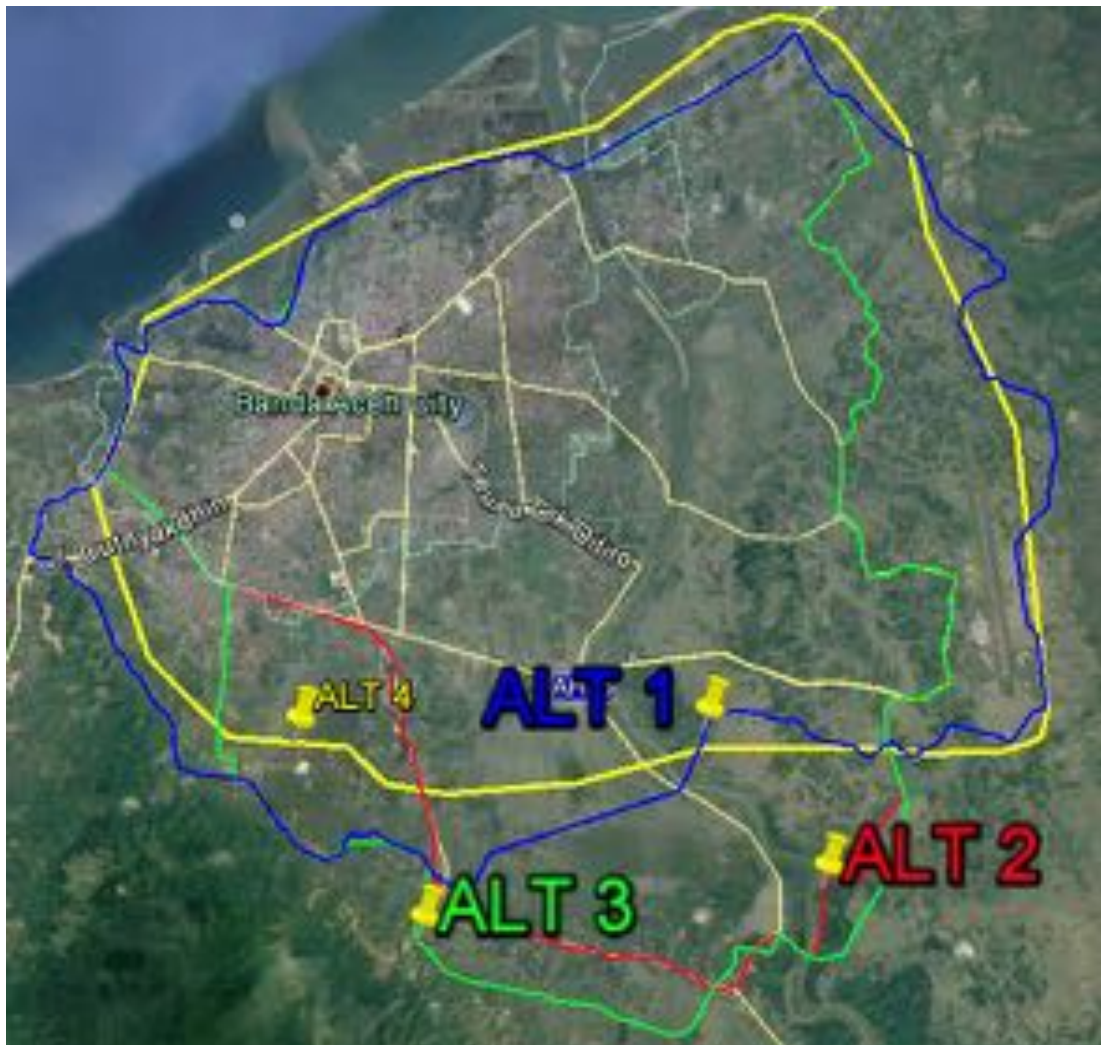
Gambar 3.1 Kecenderungan kenaikan muka air laut Indonesia tahun 1995-2015 (Tagaki dkk., 2016)

E. Data Tutupan Lahan

Data tutupan lahan digunakan untuk menggambarkan kondisi daratan. Pada kajian evaluasi kinerja konstruksi BORR, digunakan data tutupan lahan sebelum tsunami dan data tutupan lahan perencanaan RTRW Kota Banda Aceh tahun 2029. Tutupan lahan sebelum tsunami diperoleh dari Syamsidik dkk. (2017) dan data tutupan lahan Banda Aceh tahun 2029 diperoleh dari Bappeda Kota Banda Aceh.

F. Data Trase BORR

Data trase BORR diperoleh dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) I Banda Aceh, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Trase yang digunakan adalah Alternatif (ALT) 4 atau yang berwarna kuning pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Trase Alternatif (ALT) Jalan BORR, dipilih ALT 4 (warna kuning)

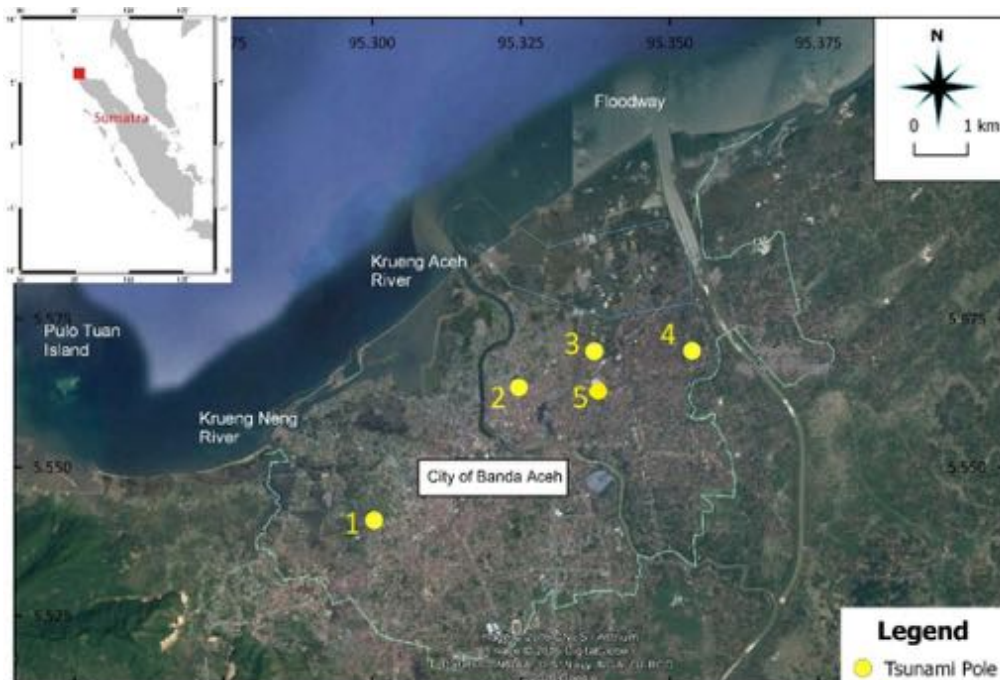
3.1.2 Simulasi Numerik Tsunami

A. Proyeksi luas genangan tsunami + 100 tahun kenaikan muka air laut.

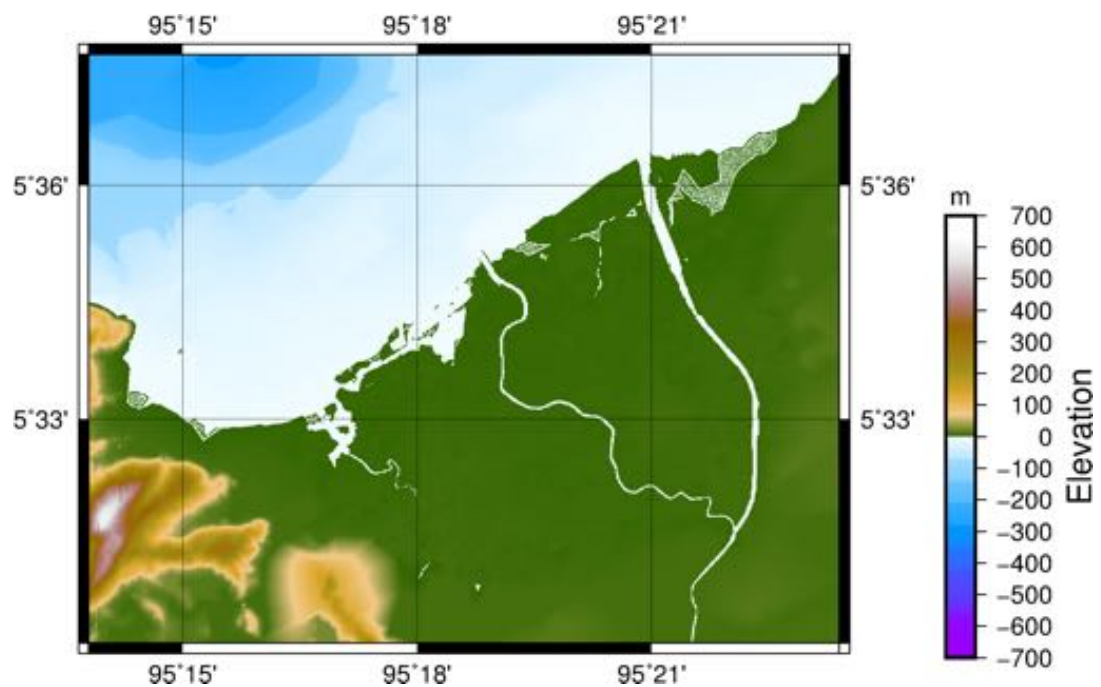
Simulasi numerik ini bertujuan untuk melihat luasan genangan tsunami apabila gempa yang sama seperti tahun 2004 dengan kekuatan 9,15 Mw terjadi lagi di Banda Aceh. Selain itu kejadiannya adalah 100 tahun akan datang di saat elevasi air laut bertambah 700 mm atau 0,7 m. Tinjauan ini menggunakan dua skenario. Skenario pertama meninjau luasan genangan tsunami tanpa penambahan kenaikan muka air laut. Skenario kedua meninjau luasan genangan tsunami dengan penambahan kenaikan muka air laut 0,7 m.

a. Persiapan Domain

Domain atau daerah tinjauan berbentuk persegi mencakup seluruh kawasan Kota Banda Aceh dan sebagian Aceh Besar seperti pada Gambar 3.3. Data topografi dan batimetri yang telah dikumpulkan berupa data koordinat (x,y) dan kedalaman (z), diproses secara komputasi menggunakan bantuan *software*, seperti QGIS, Delft3D Quickin, dan GMT (*Generic Mapping Tools*). Data ini diinterpolasi dengan ukuran *grid* 15,5m x 15,5m menggunakan GMT. Data elevasi negatif (-) merupakan data kedalaman laut (batimetri) dan data elevasi positif (+) merupakan data ketinggian daratan (topografi). Domain simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.4. Untuk *domain* skenario kedua, data kedalaman domain skenario pertama ditambah dengan elevasi 0,7 m.



Gambar 3.3 Cakupan kajian pemodelan Kota Banda Aceh



Gambar 3.4 Domain komputasi yang digunakan untuk simulasi

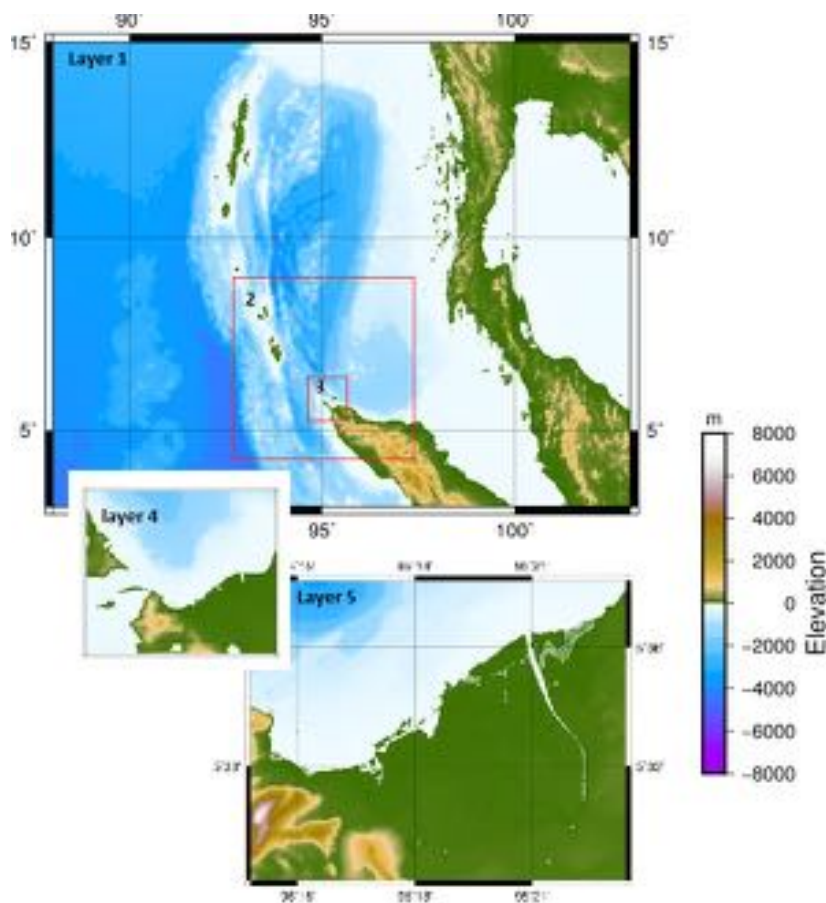
Simulasi pembangkitan tsunami dimulai dari sumber patahan gempa. Untuk itu diperlukan juga data kedalaman di area patahan (laut dalam). Cakupan patahan sangat luas dari Pulau Sumatera hingga Andaman. Oleh karena itu, data dibagi menjadi 5 regional komputasi (*layer*). Layer 1 adalah yang paling besar dengan ukuran *grid* 1856 m x 1856 m. Layer 2 sampai 5 berturut-turut semakin kecil dengan ukuran *grid* yang lebih kecil juga. Pengaturan simulasi menggunakan beberapa *layer* ini dikenal dengan *nested grid* dan gunanya untuk menghindari lamanya waktu simulasi dan kapasitas memori komputer. Pengaturan layer simulasi dari Layer 1 sampai Layer 5 yang akan diinput pada model COMCOT dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.5.

b. Simulasi Penjalaran Gelombang

Simulasi penjalaran gelombang tsunami dilakukan dengan menjalankan *software* COMCOT. Data domain simulasi dan parameter gempa dimasukkan ke dalam *software* COMCOT. Ketinggian tsunami diamati pada titik observasi. Titik observasi ditempatkan 5 buah di daratan.

Tabel 3.3 Pengaturan *layer* simulasi kombinasi tsunami dan kenaikan muka air laut yang akan diinput pada COMCOT

Layer	Long (°)	Lat (°)	Grid Size		Grid Ratio	Coordinate System	Type SWE
			(m)	(min)			
1	88.10 to 102.8	0.1000 to 14.93	1856	1	1	Spherical	Linear
2	92.05 to 97.98	4.0800 to 8.980	928	0.5	2	Spherical	Linear
3	94.51 to 95.99	5.2708 to 6.695	309.3	0.166667	3	Spherical	Linear
4	95.14 to 95.39	5.4150 to 5.690	77.333	0.041667	4	Spherical	Linear
5	95.23 to 95.39	5.5020 to 5.628	15.46667	0.008333	5	Spherical	Nonlinear



Gambar 3.5 Cakupan area simulasi Layer 1-5 (Syamsidik dkk., 2019).

Posisi observasi ini sama dengan posisi koordinat *Tsunami Pole* (tugu tsunami) yang mencatat informasi ketinggian tsunami di Banda Aceh pada kejadian 2004. Simulasi model dilakukan 2 kali. Skenario 1 simulasi tsunami tanpa pengaruh kenaikan muka air laut dan setelah ada penambahan kenaikan muka air laut sebagai skenario 2.

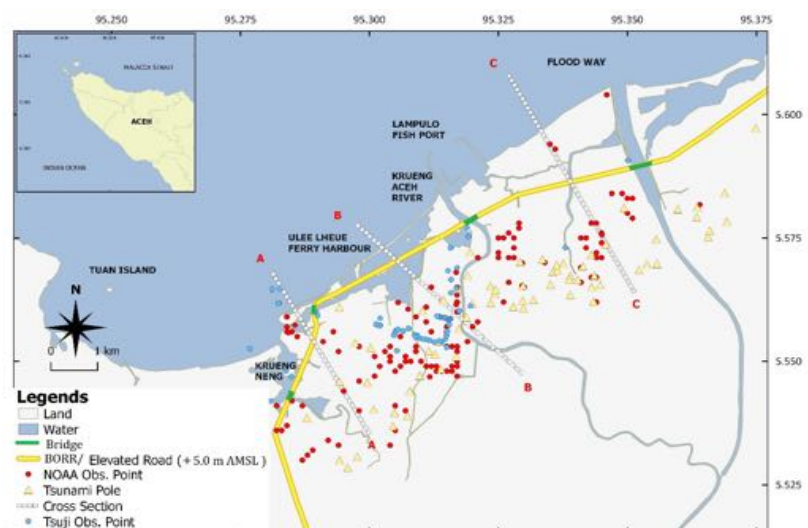
c. Analisis Hasil Simulasi

Setelah simulasi selesai, dilakukan analisis hasil simulasi. Hasil model ini divisualisasikan dalam bentuk peta penjalaran tsunami dan peta genangan tsunami maksimum. Proses visualisasi ini menggunakan *software* GMT. Untuk mengamati data ketinggian tsunami pada titik observasi, data dapat diolah dengan *software Igor* atau *Microsoft Excel*.

B. Evaluasi kinerja Banda Aceh Outer Ring Road (BORR) dalam mereduksi tsunami

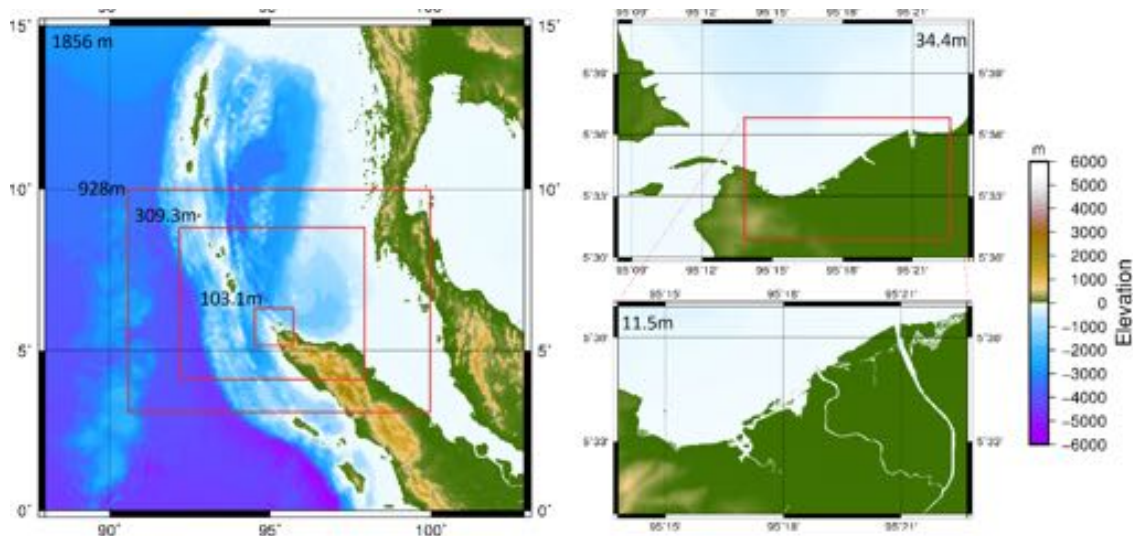
BORR merupakan jalan lingkar yang rencananya akan dibangun di Banda Aceh dan Aceh Besar. Pembangunan jalan ini tujuan utamanya untuk mengatasi kemacetan lalu lintas. Di samping itu, BORR juga diharapkan memberi manfaat dari aspek mitigasi tsunami. Ada bagian jalan BORR yang melintasi dan berada sejajar Pantai Ulee Lheue hingga Alue Naga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kinerja BORR dalam mitigasi tsunami. Kajian ini menggunakan simulasi numerik menggunakan *software* COMCOT. Area penelitian dengan ilustrasi BORR dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Gambar 3.6 Area tinjauan dengan pembangunan jalan BORR (Syamsidik dkk., 2019)



a. Persiapan Domain

Sama dengan persiapan domain pada simulasi kenaikan muka air laut. Data topografi dan batimetri yang telah dikumpulkan berupa data koordinat (x,y) dan kedalaman (z), diproses secara komputasi menggunakan beberapa bantuan *software* lain, seperti Quantum GIS, Delft3D Quickin, dan GMT (*Generic Mapping Tools*). Data batimetri dan topografi yang sudah digabung, diinterpolasi ke dalam ukuran *grid* 11,5 m x 11,5 m.



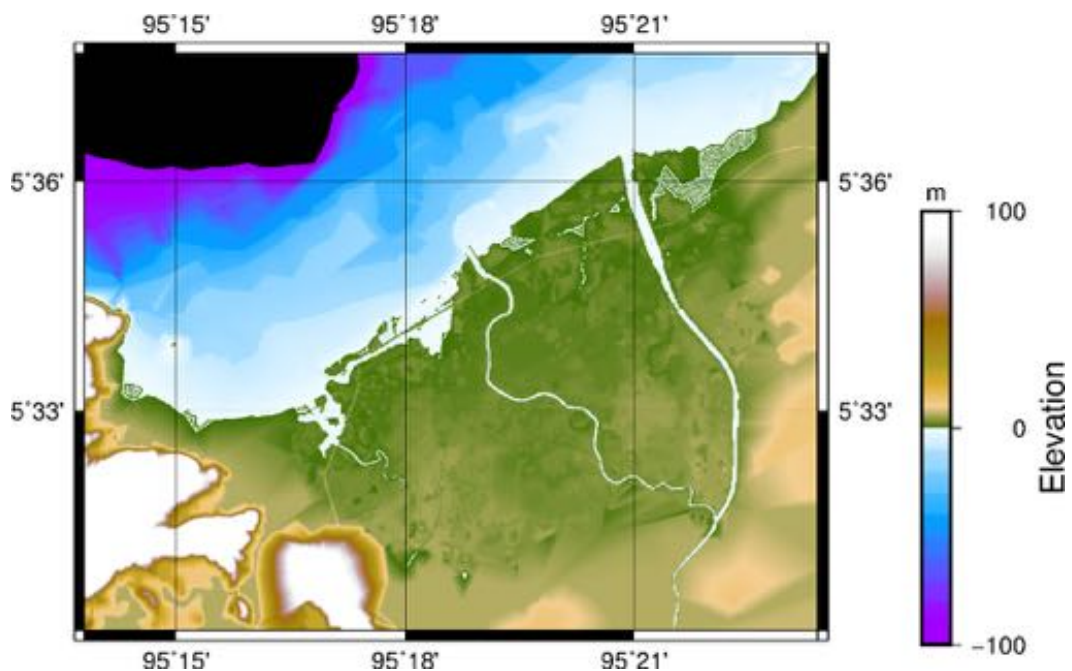
Gambar 3.7 Cakupan area simulasi Layer 1 sampai Layer 6 (Syamsidik dkk., 2019)

Data kedalaman dibagi menjadi 6 *layer* dengan ukuran *grid* untuk *layer* terkecil (Layer 6) adalah 11,5 m x 11,5 m. Pengaturan keenam *layer* tersebut dalam dilihat pada Gambar 3.7 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Pengaturan *layer* pada simulasi kinerja BORR dalam mereduksi tsunami yang akan diinput dalam *software* COMCOT

Layer	Latitude	Longitude	Number of Grid	Ratio	Grid size (m)	Time Step (sec.)	Manning Roughness Coefficients	SWE type
1	0.1 14.93	88.1 102.8	1772		1856	0.1	none	Linear
2	3 10	91 100	1920	2	928	0.05	none	Linear
3	4.08 8.98	92.05 97.98	3899	3	309.33	0.017	none	Linear

4	5.2708 6.695	94.51 95.99	3137	3	103.11	0.006	none	Linear
5	5.5 5.69	95.14 95.39	1426	3	34.37	0.002	none	Linear
6	5.515 5.615	95.235 95.378	2362	3	11.5	0.001	Variable Manning Roughness Coefficients (Tabel 3.5)	Nonlinear

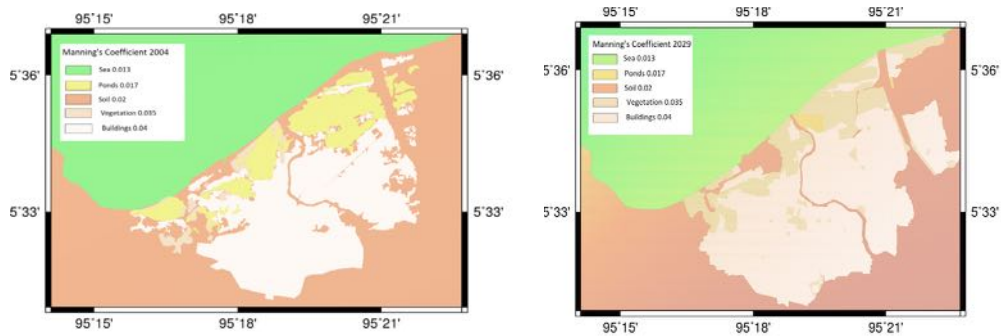


Gambar 3.8 Domain simulasi dengan penambahan konstruksi BORR

Untuk domain simulasi dengan menggunakan konstruksi BORR dapat dilihat pada Gambar 3.8. Jalan BORR akan ditinggikan ± 5.00 m dari MSL atau sekitar $\pm 3,00$ m dari muka tanah asli. Bangunan BORR diasumsikan sebagai tembok laut. Jalan BORR yang melalui sungai seperti di Krueng Neng, Krueng Aceh, dan *Floodway* Krueng Aceh diasumsikan sebagai jembatan.

b. Persiapan Data Tutupan Lahan

Pada simulasi ini, data dilengkapi dengan data tutupan lahan yang bervariasi. Tutupan lahan digambarkan dengan nilai kekasaran tutupan lahan yang direpresentasikan dengan angka Manning. Delineasi tutupan lahan digitasi



Gambar 3.9 Peta tutupan lahan dengan koefisien Manning tahun 2004 (kiri) dan 2029 (kanan) (Syamsidik dkk., 2019).

Tabel 3.5 Nilai koefisien Manning tutupan lahan yang diadopsi dari Li dkk. (2012)

Tutupan Lahan	Angka Koefisien Manning (n)
Coastal Vegetation (hutan pantai)	0,035
Fish Ponds (tambak)	0,017
Building (bangunan)	0,040
Sea (laut/badan air)	0,013
Soil (tanah kosong)	0,020

menggunakan ArcGIS dimana klasifikasi tutupan lahannya berupa kawasan hutan pantai, tambak, kawasan bangunan, badan air, dan lahan kosong. Area yang sudah dibatasi sesuai klasifikasi tutupan lahan, diberi nilai koefisien Manning (seperti pada Tabel 3.5) menggunakan Delft3D Quickin untuk ukuran *grid* 11,5 m x 11,5 m. Peta tutupan lahan dengan koefisien Manning dapat dilihat pada Gambar 3.9 kiri untuk tahun 2004 sebelum tsunami dan kanan untuk rencana tata ruang 2029.

c. Model Tsunami

Simulasi tsunami dilakukan dengan menggunakan *Cornell Multi-Grid Tsunami Coupled Model* (COMCOT). COMCOT adalah model hidrostatik yang menggunakan metode beda hingga *leap-frog* (*Leap-Frog Finite Difference*) untuk menyelesaikan persamaan air dangkal atau *Shallow Water Equations* (SWEs) (Wang, 2009). Pada Layer 1 sampai 5 digunakan persamaan linear karena penjalaran tsunami terjadi di laut dalam sedangkan saat memasuki laut dangkal (Layer 6) persamaan yang digunakan adalah nonlinear. Semua lapisan dalam simulasi menerapkan sistem koordinat bola bumi (*spherical*). Persamaan linear yang digunakan COMCOT adalah:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} \right\} = -\frac{\partial h}{\partial t}$$

$$\partial P / \partial t + gh \partial \eta / \partial x - fQ = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + fP = 0 \quad |$$

dan untuk nonlinear adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left\{ \frac{\partial P}{\partial \psi} + \frac{\partial}{\partial \phi} (\cos \phi Q) \right\} = -\frac{\partial h}{\partial t}$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left\{ \frac{P^2}{H} \right\} + \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \phi} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + \frac{gH}{R \cos \phi} \frac{\partial \eta}{\partial \psi} - fQ + F_x = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \phi} \left\{ \frac{Q^2}{H} \right\} + \frac{gH}{R} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} + fP + F_y = 0$$

$$f = 2\Omega \sin \phi$$

$$F_x = \frac{gn^2}{H^{7/3}} P(P^2 + Q^2)^{1/2}$$

$$F_y = \frac{gn^2}{H^{7/3}} Q(P^2 + Q^2)^{1/2}$$

Keterangan :

- P = volume fluks dalam arah-X
- Q = volume fluks dalam arah-Y
- h = kedalaman dari grid ke permukaan laut rata-rata
- u dan v = kecepatan pada arah x dan y
- η = elevasi permukaan air

(φ, ψ)	= garis lintang dan bujur untuk sistem koordinat bola
R	= jari-jari bumi
G	= percepatan gravitasi
$(-\partial h/\partial t)$	= efek gerakan dasar laut
f	= koefisien gaya <i>Coriolis</i> karena rotasi bumi
Ω	= laju rotasi Bumi
H	= total kedalaman air
F_x dan F_y	= gesekan bawah dalam arah x dan y
n	= koefisien kekasaran Manning

d. Simulasi Penjalaran Tsunami

Simulasi tsunami dilakukan setelah proses persiapan data selesai. Data parameter gempa, data kedalaman, dan data sebaran koefisien Manning diinput ke dalam *software* COMCOT. Untuk mengamati profil ketinggian air maksimum, ditempatkan 3 buah *cross section* yang berada melintang dengan BORR. Titik observasi digunakan untuk mengamati tinggi gelombang tsunami dan memvalidasi hasilnya. Data validasi adalah tinggi tsunami hasil pengukuran lapangan yang bersumber dari NOAA (2018), Tsuji dkk. (2006) dan *Tsunami Pole*. Simulasi dilakukan sebanyak 8 skenario, yaitu gempa 9,15 Mw dan 8,5 Mw dikombinasikan dengan konstruksi BORR, danutupan lahan Tahun 2004 dan Tahun 2019. Rancangan skenario kajian lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Skenario simulasi numerik

Magnitude (Mw)	Skenario BORR	Tutupan Lahan	Kode Simulasi
8,5	Ada BORR	2004	#111
		2029	#112
	Tidak ada BORR	2004	#121
		2029	#122
9,15	Ada BORR	2004	#211
		2029	#212
	Tidak ada BORR	2004	#221
		2029	#222

e. Analisis Hasil Simulasi

Analisis hasil simulasi dilakukan pada masing-masing skenario simulasi. Hasil simulasi pertama kali dilakukan validasi data dengan membandingkan data hasil simulasi dengan pengukuran lapangan. Validasi dihitung dengan Persamaan Aida (1978).

Hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk peta genangan tsunami maksimum dengan membandingkan hasil adanya konstruksi BORR dan tidak ada BORR pada kedua *magnitude* gempa 9,15 Mw dan 8,5 Mw. Proses visualisasi peta menggunakan *software* GMT. Untuk mengamati data ketinggian tsunami pada titik observasi dan *cross section*, data diolah dengan *software Igor* atau *Microsoft Excel*. Dari 8 skenario dihitung luasan genangan tsunami ³ 2m menggunakan Quantum GIS (QGIS).

f. Validasi

Validasi simulasi dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan tsunami dengan skenario 2004 (9.15 Mw) dengan ketinggian genangan tsunami di Banda Aceh yang diperoleh dari hasil survey pasca-tsunami 2004 yang ditandai pada sejumlah *Tsunami Pole* yang dibangun di kota Banda Aceh. Data survey dan data simulasi numerik divalidasi menggunakan Persamaan Aida (Aida, 1978), yaitu sebagai berikut :

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i ,$$

$$\log \kappa = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - (\log K)^2},$$

$$K_i = \frac{H_{obs-i}}{H_{sim-i}},$$

Keterangan:

- H_{obs} = kedalaman genangan tsunami observasi atau hasil survey
- H_{sim} = ketinggian atau kedalaman genangan tsunami hasil simulasi
- n = jumlah titik pengamatan

Hasil simulasi dikatakan “sangat baik” (*Good Agreement*) apabila nilai K dan κ memenuhi syarat $0,8 \leq K \leq 1,2$ dan nilai $\kappa \leq 1,60$. Studi lain juga menunjukkan jika nilai κ dapat dipenuhi dan nilai $K \geq 1,05$ yang hasilnya juga dapat diklasifikasikan sebagai “cukup baik” (Koshimura dkk., 2009).

3.1.3 Batasan Kajian

Simulasi dampak tsunami menggunakan dimensi jalan BORR dengan tinggi 5.0 m. Pemilihan tinggi BORR 5.0 m ini didasari oleh penelitian yang dilakukan oleh Nateghi dkk. (2016). Hasil penelitian tersebut menyebutkan pada saat tsunami Jepang, *sea wall* yang lebih tinggi dari 5,0 m dapat mengurangi kerusakan tempat tinggal dan korban jiwa di belakang bangunan pada kasus tsunami besar 9,0 Mw. Lebar jalan BORR adalah 23 m sesuai dengan data perencanaan. Ukuran ini direpresentasikan dengan ukuran 2 buah *grid* simulasi, yaitu 11,5 m x 11,5 m. Model jalan BORR dianggap *solid* seperti tembok laut. Pada bagian yang melewati sungai atau badan air seperti Krueng Neng, Krueng Aceh, dan *Floodway* Krueng Aceh, model jalan BORR ditiadakan (asumsinya dibangun jembatan). Simulasi ini belum mempertimbangkan kekuatan konstruksi BORR dan bagian detail dari konstruksi BORR misalkan menggunakan *underpass* dan jaringan drainase yang melewatinya. Simulasi ini menggunakan kondisi tata guna lahan Tahun 2004 dan Tahun 2029, belum memprediksi dinamika perubahan tata guna lahan 50 dan 100 tahun, jumlah penduduk terdampak serta kerugian ekonomi yang dihasilkan. Selain itu penelitian ini juga tidak meninjau penurunan tanah atau *land subsidence*.

3.2 Simulasi Numerik Banjir Rob

3.2.1 Tahapan-tahapan

Proses kajian yang dilakukan dalam penyusunan dokumen/panduan mitigasi bencana dan pengelolaan kawasan pesisir secara garis besar dilakukan dalam beberapa tahapan. Dimulai dengan pengumpulan data yang diperlukan untuk proses kajian. Proses analisis berdasarkan data yang dikumpulkan dimulai dengan simulasi numerik beberapa ancaman seperti tsunami, dan banjir rob. Selanjutnya hasil dari model dampak baik historis maupun prediksi dianalisis secara spasial menggunakan spasial *tools* (QGIS) untuk mengestimasi besaran dampak secara spasial. Selain itu hasil analisis dampak secara spasial juga akan digunakan untuk kepentingan pemangku kepentingan dengan melalui analisis kebijakan Analisis kesiapsiagaan masyarakat juga dilakukan guna menilai kapasitas yang dimiliki oleh Kota Banda Aceh sebelum perumusan lebih lanjut. Hasil dari beberapa analisa tersebut akan dipaparkan untuk mendapatkan umpan balik dari masyarakat penerima manfaat dan juga pemangku kebijakan melalui *Focus Group Discussion* (FGD), dan *workshop*. Berapa tahapan yang dilalui secara lebih jelasnya dapat dilihat pada subbab berikutnya.

3.2.2 Data-data yang digunakan

Proses analisis yang dilakukan memerlukan data sebagai input dalam

pelaksanaanya. Untuk simulasi numerik, yang terdiri dari tsunami dan banjir rob dibutuhkan data topografi dan batimetri sebagai input pada domain *grid*. Untuk proses hidrodinamika yang ada pada tsunami, dimodelkan dengan proses mekanisme patahan (*fault mechanism*) yang membangkitkan gelombang tsunami dari sumbernya yang berupa data *fault* (energi, dimensi dan arah).

Tabel 3.7 Data- data yang digunakan dalam proses kajian

No	Data	Waktu Pengambilan	Spesifikasi	Sumber	Kegunaan
1	Garis Pantai (citra satelit)	2018	QUICKBIRD, resolusi 0,5 m, orthoready standar, datum: WGS 84, Acquisition Date 21 Mei 2018	Quickbird	Batas darat dan tata guna lahan
2	Bathimetri	2017	Pengukuran menggunakan Echosounder, Interval tegak lurus garis pantai 50 m, sejajar garis pantai 200 m.	Pengukuran lapangan (TDMRC Unsyiah dan UNRAM)	Data domain simulasi numerik Delft3D
3	Topografi	2018	Bappeda Kota Banda Aceh (Interval 1 m) dan DEM	Bappeda Kota Banda Aceh dan pengukuran photogrammetri	Data domain simulasi numerik Delft3D
4	Pasang Surut	2017	Pengukuran menggunakan waterlevel meter sensor pressure, pengukuran per 5 menit	TDMRC Unsyiah	Data input parameter hidrodinamik Pasang surut
5	Gelombang	2011	Data angin bulanan selama 10 tahun (2002-2011)	BMKG	Data input parameter hidrodinamik arah, tinggi dan periode gelombang
6	Debit	2011	Debit Banjir rencana	BWS Sumatera I	Data input parameter hidrodinamik besaran debit sungai
7	Prediksi Tata Guna Lahan	2018	Data shape file spasial rencana tata ruang wilayah dan Gambar perencanaan konstruksi pelindung pantai	RTRW Kota Banda Aceh 2009-2024	Domain model numerik prediksi perubahan iklim

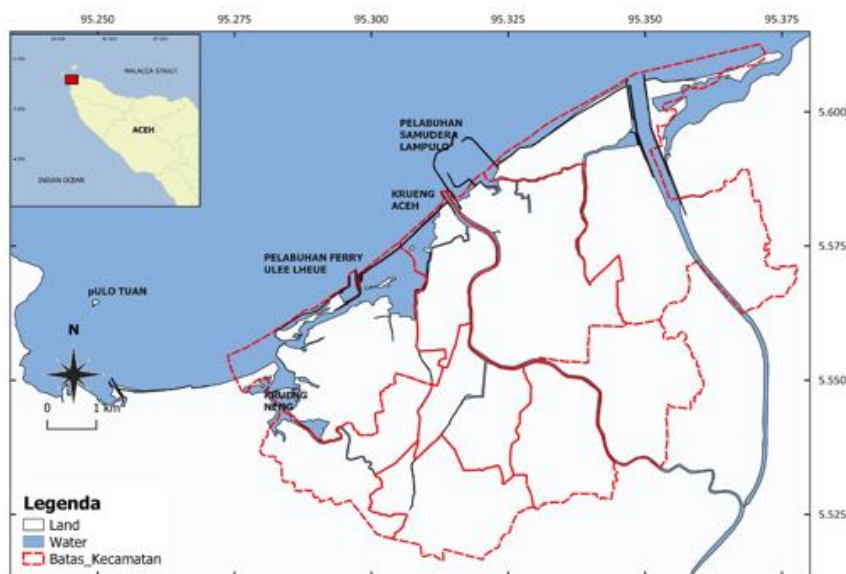
Sedangkan untuk pemodelan hidrodinamik banjir rob, digunakan model Delft3D dengan memodelkan pasang surut (komponen harmonik) yang juga dikombinasikan dengan gelombang. Kedua model mengadopsi amplifikasi dari kenaikan muka air laut dengan skema kenaikan 50 dan 100 tahun dengan kenaikan rerata sebesar 7 mm/tahun. Selain itu, untuk proses analisis spasial, data yang digunakan adalah citra satelit yang digunakan untuk digitasi tata guna lahan. Selain itu hasil dari proyeksi tsunami dan banjir rob juga dianalisis dampaknya terhadap kondisi spasial tata guna lahan dan juga RTRW Kota Banda Aceh. Untuk lebih jelasnya beberapa data yang diperlukan dan dipergunakan dalam kajian ini secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Berikut beberapa data yang digunakan dalam proses kajian ini dan beberapa tahapan yang dilakukan.

A. Wilayah analisis dan simulasi (domain)

Wilayah analisis kawasan pesisir meliputi garis pantai sepanjang 13,35 km dari batas timur hingga ke barat Kota Banda Aceh. Domain simulasi mewakili kawasan Kota Banda Aceh yang dilalui oleh *Krueng Aceh*, *Krueng Neng*, dan juga *Floodway Krueng Aceh*. Domain juga telah terwakili kondisi *existing* konstruksi yang berupa *revetment*, *jetty*, dan *breakwater* pada area muara dan garis pantai.

Wilayah administrasi dan kawasan pesisir dibatasi sebagai area (*domain*) untuk efisiensi waktu. Data *domain* dihasilkan dari data kedalaman laut (bathimetri) dan juga data pada area kering/darat (topografi). Data bathimetri didapatkan melalui pengukuran lapangan yang dilakukan pada tahun 2017 oleh Tim TDMRC Unsyiah dan data kedalaman dari Pushidrosal (Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut).



Gambar 3.10
Studi area kajian
kawasan pesisir
Kota Banda Aceh.

Data topografi wilayah pantai Kota Banda Aceh diperoleh dari Bappeda Kota Banda Aceh yang diperbaharui pada beberapa kawasan menggunakan pemetaan *drone*. Penggunaan *drone* diperlukan terutama di bagian garis pantai di mana resolusi data kebutuhannya diperlukan lebih detail. Topografi dari hasil pemetaan dengan menggunakan *drone* dianalisis dengan menggunakan teknik *photogrammetry* dan dukungan piranti lunak Agisoft (*licensed*). Tipe *drone* yang digunakan adalah Drone DJI Phantom 4 Pro. Selain topografi, jaringan drainase juga diikutsertakan untuk memodelkan penjalaran banjir rob.

B. Hidrodinamik dan sediment transport

Proses hidrodinamika disimulasikan dengan data komponen pasang surut (M_2 , K_1 , S_2 dan O_1) yang diperoleh dari pengukuran. Selain itu, data gelombang signifikan (tinggi gelombang signifikan/ H_s dan periode gelombang signifikan/ T_s) juga digunakan setelah dihasilkan dari proses pembangkitan dari data angin.

C. Data Spasial

Analisis perubahan garis pantai secara historik dan estimasi luasan bangunan terdampak menggunakan beberapa jenis data spasial baik yang dipetakan langsung maupun yang tersedia sebagai data sekunder. Data spasial berupa data tata guna lahan diperoleh dari proses digitasi terhadap citra satelit yang tersedia per 2016.

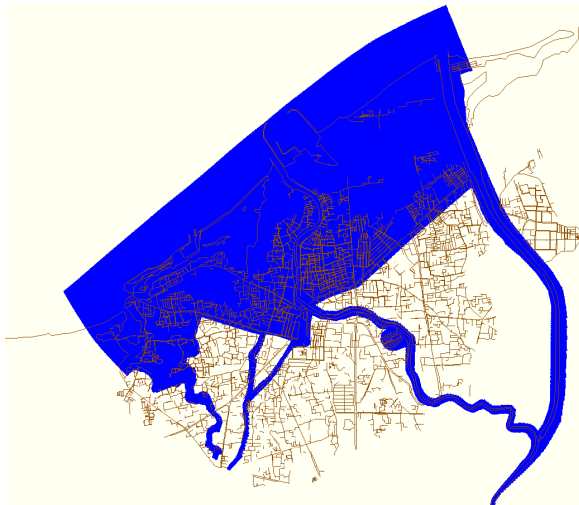
D. Proyeksi kenaikan muka air laut

Parameter kenaikan muka air laut yang digunakan dalam kajian yang mendasari dokumen ini merujuk laju kenaikan muka air laut berdasarkan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yang diperbaharui dengan data pengukuran satelit Topex Poseidon pada tahun 1992-2015. Melalui *morfac*, perubahan morfologi pantai selama 100 tahun diprediksi berdasarkan data pasang surut, gelombang signifikan, dan nilai laju kenaikan muka air laut IPCC.

Simulasi genangan menggunakan tiga skenario, yaitu kondisi *existing*, 50 dan 100 tahun. Kenaikan muka air laut regional Indonesia berdasarkan data yang tersedia adalah 7 mm/tahun. Untuk setiap skenario maka elevasi bathimetri tetap untuk skenario *existing*, ditambahkan 0,35 m untuk skenario 50 tahun, dan 0,70 m untuk skenario 100 tahun.

3.2.3 Pemodelan numerik banjir rob

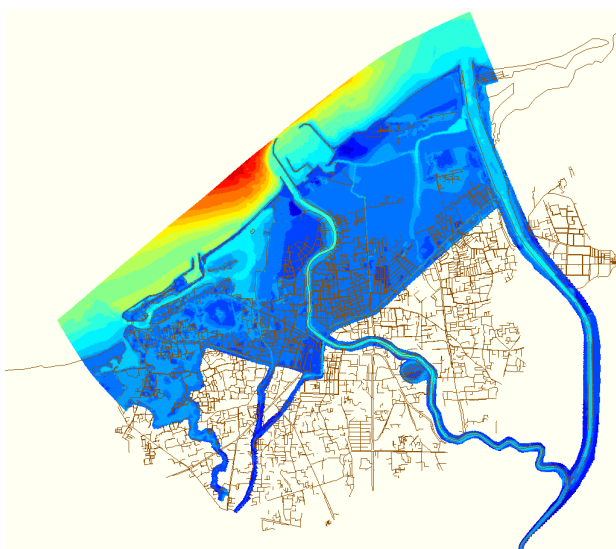
Simulasi numerik hidrodinamik banjir rob direpresentasikan dengan simulasi Delft3D-FLOW yang dijalankan secara berkesinambungan. Model Delft3D-FLOW membutuhkan data pasang surut yang berupa komponen pasang surut untuk memodelkan proses yang berlangsung selama 15 hari.



Gambar 3.11 Domain model genangan (hidrodinamik) diwakili oleh grid biru.

Kedua proses simulasi baik genangan maupun angkutan sedimen menggunakan *grid* berbentuk bujur sangkar yang berukuran 10 m x 10 m. Ukuran ini merupakan *grid* terkecil yang dapat digunakan untuk luasan domain 11 km x 7 km, untuk efisiensi memori komputer dan waktu komputasi.

Kondisi batas (*Boundary condition*) untuk hidrodinamika dan transpor sedimen digunakan data komponen pasang surut (M_2 , K_1 , S_2 dan O_1) dan juga data gelombang (H_s dan T_s) untuk pembangkitannya. Data kondisi batas (*boundary condition*) ditempatkan pada daerah basah yang diwakili *grid-grid* yang berada di ujung domain bagian barat dengan kedalaman di bawah kedalaman air rata-rata (*Mean Sea Level/MSL*) seperti pada Gambar 3.12. Data komponen pasang surut dan pembangkitan gelombang dapat dilihat pada Tabel 3.8.



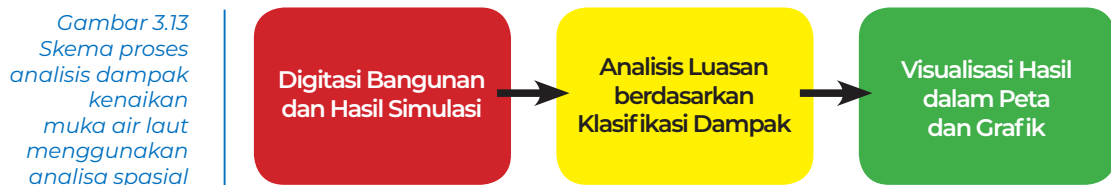
Gambar 3.12 Domain model genangan dan boundary condition untuk simulasi banjir rob (genangan).

Tabel 3.8 Komponen pasang surut

No	Komponen Pasang Surut	Amplitudo (m)	Fase (deg)
1	M_2	0,422	314,703
2	S_2	0,297	7,517
3	K_1	0,262	242,726
4	O_1	0,051	50,428

3.2.4 Analisis Spasial

Analisis dampak kenaikan muka air laut dapat dilakukan menggunakan metode spasial. *Tool* yang digunakan dalam melaksanakan analisis adalah perangkat lunak QGIS. Analisis digunakan berdasarkan citra satelit terakhir, yaitu tahun 2019 yang didapatkan dari *Google Earth* dan potensi pengembangan wilayah berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Banda Aceh Tahun 2009-2029. Proses dimulai dengan pengambilan citra satelit area fokus yang dilanjutkan dengan proses georeferensi dan digitasi menggunakan QGIS. Luasan *item* yang menjadi objek pengamatan adalah tata guna lahan dan RTRW. Hasil dari analisis spasial akan disajikan dalam bentuk peta dan grafik (Gambar 3.13).



3.2.5 Proyeksi Dampak

Dampak terhadap kawasan pantai melalui proyeksi simulasi numerik dibagi pada beberapa fokus, yaitu bencana erosi pantai, intrusi air laut permukaan, dan bencana banjir rob. Dari segi penggunaan lahan (*land use*), ada dua skenario yang digunakan dalam menganalisa dampak, yaitu kondisi bangunan *existing* dan RTRW 2009-2029.

3.3 Kajian Tingkat Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir

Menurut UU No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana

melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna. Upaya kesiapsiagaan melalui tindakan pencegahan yang efektif dan tepat dapat meminimalkan dampak buruk dari kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan bahaya pesisir lainnya.

Parameter yang digunakan untuk mengkaji kesiapsiagaan masyarakat pesisir diadopsi dari *framework* yang telah dikembangkan oleh LIPI/UNESCO. Dilakukan pengembangan pada indikator dan pertanyaan kunci yang sesuai untuk mengkaji kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi dampak kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan bahaya pesisir lainnya. Parameter tersebut diantaranya: 1) Pengetahuan tentang bahaya pesisir; 2) Rencana tanggap darurat; 3) Peringatan dini; dan 4) Kemampuan untuk memobilisasi sumber daya. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui angket/kuesioner dan wawancara.

Dalam kajian tingkat kesiapsiagaan masyarakat ini, responden atau target pengumpulan data adalah individu yang mewakili rumah tangga. Pengambilan data dilakukan di empat (4) kecamatan pesisir di Kota Banda Aceh, yaitu Syiah Kuala, Kuta Raja, Kuta Alam, dan Meuraxa. Sampel diambil dengan teknik *purposive random sampling* di mana responden dipilih yang lokasi tempat tinggalnya di wilayah pesisir. Total responden yang diperoleh sebanyak 311 orang.

Hasil kuesioner dianalisis menggunakan indeks untuk mengukur tingkat kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bahaya pesisir. Pertanyaan dalam parameter ini diasumsikan memiliki nilai yang sama, yaitu jika jawaban benar bernilai “1” dan jawaban salah atau menjawab “tidak tahu” bernilai “0”. Perhitungan nilai indeks menggunakan rumus berikut:

$$Indeks = \frac{\text{Total Riil Parameter Score}}{\text{Maximum Parameter Score}} \times 100$$

Nilai indeks berada dalam kisaran antara 0-100, semakin tinggi nilai indeks, semakin tinggi tingkat kesiapsiagaannya. Nilai indeks dibagi menjadi beberapa kategori seperti pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Nilai indeks kesiapsiagaan

Nilai Indeks	Kategori	Kode Warna
80,00 – 100,00	Sangat Siap	Blue
60,00 – 79,99	Siap	Green
40,00 – 59,99	Kurang Siap	Orange
20,00 – 39,99	Tidak Siap	Yellow
0,00 – 19,99	Sangat Tidak Siap	Red

3.4 Kajian Tingkat Ketahanan Kota

Definisi ketahanan (*resilience*) yang relevan dengan masyarakat mencerminkan kapasitas adaptif suatu komunitas atau sistem untuk mengelola gangguan dari peristiwa buruk atau situasi krisis (Alexander, 2013; UNISDR, 2015). Selain itu, ketahanan memberikan kemampuan masyarakat untuk pulih dari kesulitan dan untuk mengurangi dampak di masa depan (Rose, 2007; Plodinec, 2009). Ketahanan kota adalah kapasitas individu, masyarakat, dan sistem dari sebuah kota untuk bertahan, beradaptasi, menyerap guncangan dan tekanan di masa depan terhadap kondisi sosial, ekonomi, sistem teknis dan infrastruktur kota sehingga tetap dapat mempertahankan fungsi, struktur, sistem, dan identitas yang sama.

3.4.1 Parameter, variabel, dan indikator

Instrumen yang digunakan untuk mengkaji ketahanan kota terdiri atas lima parameter ketahanan, termasuk: i) kelembagaan/tata kelola, ii) sosial dan ekonomi, iii) manajemen sumber daya pesisir, iv) pengelolaan dan infrastruktur penggunaan lahan, dan v) strategi adaptasi dan mitigasi. Gambar 3.14 berikut ini menunjukkan hierarki linear dari parameter dan variabel ketahanan kota terhadap bahaya pesisir.



Gambar 3.14 Framework yang digunakan untuk mengkaji ketahanan kota terhadap bahaya pesisir

Tabel A.1 – A.5 pada Lampiran menyajikan pengembangan indikator untuk setiap parameter dan variabel yang ada dalam instrumen. Data dan informasi yang diperlukan untuk menjawab setiap indikator dalam instrumen terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui *Focus Group Discussion* (FGD), wawancara, dan survei kuesioner. Data sekunder diperoleh melalui tinjauan pustaka dan kunjungan kelembagaan untuk mengumpulkan data yang telah dihasilkan atau dipublikasikan oleh dinas terkait. Sebelum mengumpulkan data primer, sangat penting untuk menganalisis data sekunder yang relevan terlebih dahulu.

3.4.2 Metode Kajian

Kajian ketahanan kota ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif (*mixed-method*) melalui triangulasi data/sumber (Fielding, 2012) yang diperoleh dari:

A. FGD I (Expert Judgement)

FGD I telah dilaksanakan pada 14 September 2017. FGD ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter, variabel, dan indikator untuk mengkaji ketahanan kota dalam bahaya kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan bahaya pesisir lainnya. FGD ini juga bertujuan untuk memperoleh saran dan masukan (justifikasi pakar) terhadap desain awal instrumen untuk mengkaji ketahanan kota dalam bahaya kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan bahaya pesisir

lainnya. Dalam FGD ini juga dilakukan pengkajian awal terhadap ketahanan kota Banda Aceh dalam menghadapi bahaya kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan bahaya pesisir lainnya. Peserta dari kegiatan FGD ini berjumlah 30 orang yang merupakan para pakar di bidang perubahan iklim dan bencana baik dari tingkat lokal maupun nasional yang meliputi elemen pemerintah, non-pemerintah dan akademisi.

B. FGD II (Pengkajian Lanjutan)

FGD II telah dilaksanakan pada 9 Oktober 2018. FGD kedua ini bertujuan untuk melakukan pengkajian lanjutan terhadap ketahanan Kota Banda Aceh dalam menghadapi bahaya kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan bahaya pesisir lainnya. Peserta dari kegiatan FGD ini berjumlah 30 orang yang merupakan para pakar dan praktisi di bidang perubahan iklim dan bencana di Kota Banda Aceh di mana meliputi elemen pemerintah, non-pemerintah, dan akademisi.

C. Wawancara (Interview)

Wawancara dilakukan kepada beberapa instansi pemerintah maupun Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) untuk membandingkan atau mengecek balik hasil dari FGD yang telah dilakukan serta memperoleh informasi lebih mendalam. Wawancara dilakukan dari Desember 2018 hingga Maret 2019.

D. Survei masyarakat

Beberapa informasi yang dibutuhkan untuk pengisian instrumen kajian ketahanan kota, diambil dari hasil survei/kajian tingkat kesiapsiagaan masyarakat yang telah dilakukan di empat kecamatan.

3.5 Metode Analisis Strategi dan Rekomendasi

Analisis strategi dan rekomendasi dalam dokumen ini dilakukan dengan metode SWOT, yang diciptakan oleh Albert Humphrey dari Stanford Research Institute pada tahun 1960. SWOT adalah kependekan dari *strength* (kekuatan), *weakness* (kelemahan), *opportunity* (kesempatan), dan *threat* (ancaman). Tujuan dari analisis SWOT adalah untuk mengetahui atau memetakan aspek-aspek internal dan eksternal dari suatu organisasi atau kelompok kerja untuk membantu menentukan bentuk dan prioritas tindakan yang tepat untuk kondisi yang dihadapi. Menurut Parsons (2018), *strength* dan *weakness* merupakan aspek internal organisasi atau kelompok kerja di mana mempunyai kuasa atau kontrol terhadapnya. Sementara *opportunity* dan *threat* adalah faktor-faktor eksternal dimana tim kerja dapat mengambil manfaat dari kesempatan yang ada serta melakukan upaya perlindungan dari ancaman, namun tidak dapat mengontrol atau mengubah faktor-faktor tersebut.

Faktor-faktor internal (strength dan weakness) dapat meliputi hal-hal seperti sumber daya finansial, sumber daya manusia, sumber daya fisik (tempat, fasilitas, peralatan), dan sistem kerja atau koordinasi yang sedang berjalan. Sementara faktor-faktor eksternal (opportunity dan threat) dapat berupa kondisi geografis dan demografis, dinamika ekonomi dan politik, regulasi yang berlaku, serta dukungan pihak luar. Analisis SWOT membantu organisasi/kelompok kerja untuk menyusun faktor-faktor kekuatan, kelemahan, kesempatan, dan ancaman tersebut ke dalam sebuah matriks seperti pada Gambar 3.15.

Dengan pemetaan yang tampak pada matriks, kemudian dapat dirumuskan strategi-strategi prioritas yang praktis dan efektif untuk menyelesaikan masalah atau mewujudkan tujuan yang ingin dicapai. Perumusan strategi ini dilakukan dengan mempertimbangkan bagaimana memanfaatkan kekuatan dan kesempatan (*strength and opportunity*) semaksimal mungkin, dan bagaimana meminimalisir dan mengatasi kelemahan dan ancaman (*weakness and threat*) dengan sebaik-baiknya.



Gambar 3.15 Sampel matriks analisis SWOT



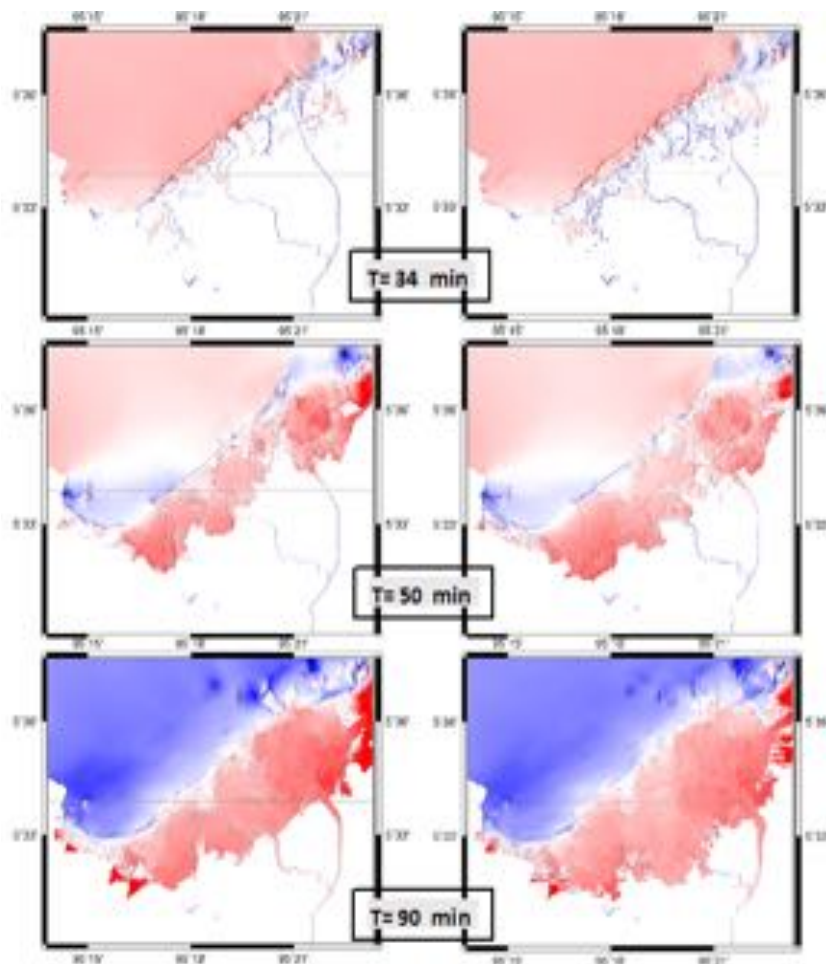
Jalan Iskandar Muda di Banda Aceh yang menghubungkan pesisir pantai dengan wilayah pusat kota di sekitar Masjid Baiturrahman. Bentang alam di sekeliling kawasan ini didominasi oleh kawasan yang relatif rendah terhadap permukaan air laut. Kondisi ini membutuhkan upaya mitigasi bencana kenaikan muka air laut dalam jangka panjang untuk mengurangi potensi dampak negatif yang ditimbulkan (foto udara diambil tanggal 30 Mei 2018).

BAB 4 HASIL KAJIAN

4.1 Tsunami

4.1.1 Dampak Tsunami + SLR 100 tahun

Sebagai kota pesisir yang landai, Banda Aceh rentan terhadap ancaman kenaikan muka air laut akibat pemanasan global. Kajian ini melihat bagaimana dampak tsunami 100 tahun akan datang di Banda Aceh apabila muka air laut naik 0,7 m. Proses penjalaran tsunami dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Penjalaran tsunami, tanpa SLR (kiri) dan dengan penambahan SLR 100 tahun (kanan)

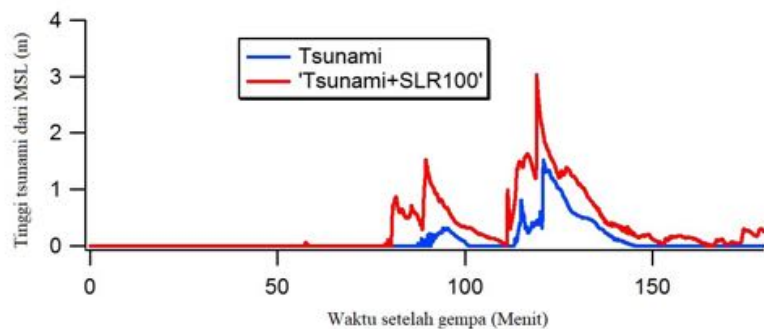
A. Waktu kedatangan tsunami

Gambar 4.1 menginformasikan penjalaran tsunami ke daratan Banda Aceh. Gambar sisi kiri merupakan tsunami tanpa pengaruh SLR. Gambar sisi kanan berupa skenario tsunami setelah SLR 0,7 m. Secara visual dapat dilihat gelombang tsunami memasuki daratan ± 34 menit setelah gempa. Akan tetapi di waktu yang sama, tsunami sudah menjalar di daratan setelah dikombinasikan dengan SLR. Waktu tiba menjadi ± 32 menit. Hal ini menunjukkan dengan pengaruh kenaikan muka air laut maka waktu tiba tsunami jadi lebih cepat. Dengan demikian, waktu untuk melakukan evakuasi juga semakin singkat.

B. Ketinggian tsunami

Tinggi tsunami diamati pada titik observasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.1. Terlihat perbedaan yang cukup signifikan pada tinggi tsunami Tahun 2004 dibandingkan dengan skenario tsunami setelah adanya SLR 0,7 m. Di tempat tertentu (titik 4), tsunami yang ditambah SLR, dapat lebih tinggi 2 kali lipat daripada tsunami dengan muka air laut normal.

Gambar 4.2 Tinggi gelombang tsunami (dari Mean Sea Level) pada titik pengamatan 4 (3.80 km dari garis pantai)



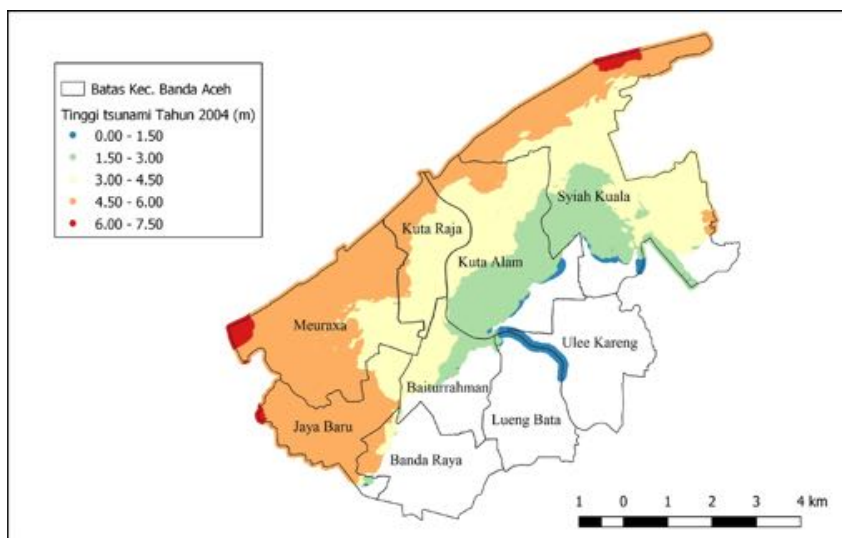
Tabel 4.1 Perbandingan hasil pengukuran dengan hasil simulasi

Titik Observasi	Jarak dari garis pantai (km)	Tsunami Pole data (m)	Tinggi tsunami hasil simulasi (m)		Persentase peningkatan (%)
			Tsunami 2004	Tsunami+SLR100 tahun	
1	2,7	3,4	3,140	4,027	28,25
2	3,5	3,2	2,811	3,607	28,34
3	3,5	2,45	3,104	3,318	6,91
4	3,8	1,4	1,523	3,028	98,82
5	3,2	3,4	3,230	3,496	8,24

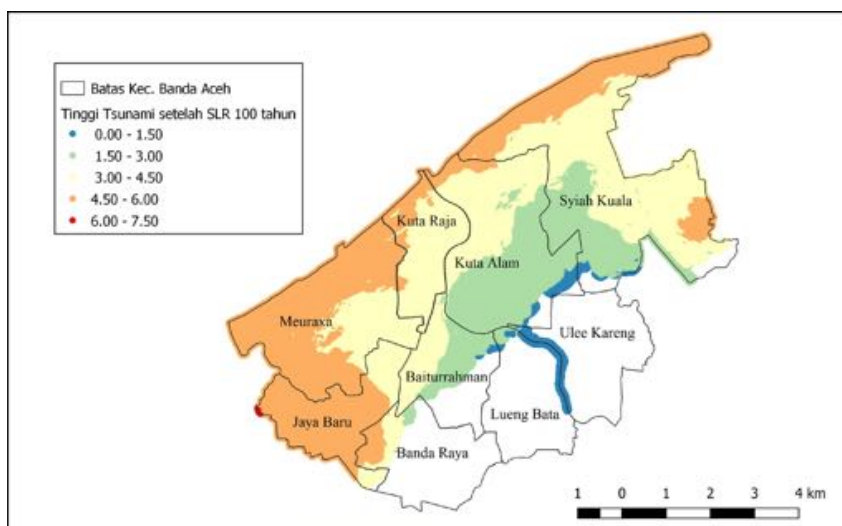
C. Luas genangan tsunami

Hasil pemodelan menunjukkan tsunami menjalar sampai 4 km ke daratan setelah penambahan pengaruh kenaikan muka air laut. Luasan genangan tsunami menjadi 1,3 kali lipat lebih luas dari luasan genangan saat tsunami tahun 2004.

Perubahan iklim yang berdampak pada kenaikan muka air laut akan menjadikan dampak tsunami di Kota Banda Aceh semakin parah. Kombinasi antara tsunami dengan *Sea Level Rise* dan rendahnya topografi Banda Aceh menyebabkan kawasan ini terdampak tsunami menjadi lebih luas. Untuk itu upaya mitigasi bencana tsunami di Banda Aceh perlu mempertimbangkan faktor kenaikan muka air laut.



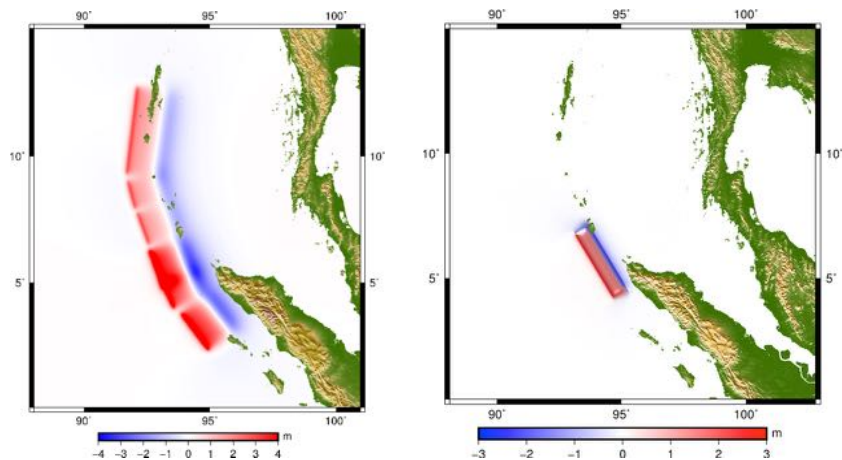
Gambar 4.3 Luas genangan tsunami tahun 2004.



Gambar 4.4 Luas genangan tsunami setelah SLR 100 tahun.

4.1.2 Evaluasi Kinerja BORR (Banda Aceh Outer Ring Road) dalam Mitigasi Tsunami

Gambar 4.5
Perubahan elevasi
permukaan laut
pada saat gempa
bumi. Sebelah kiri
magnitudo 9,15 Mw
dan kanan 8,5 Mw
(Syamsidik dkk., 2019).

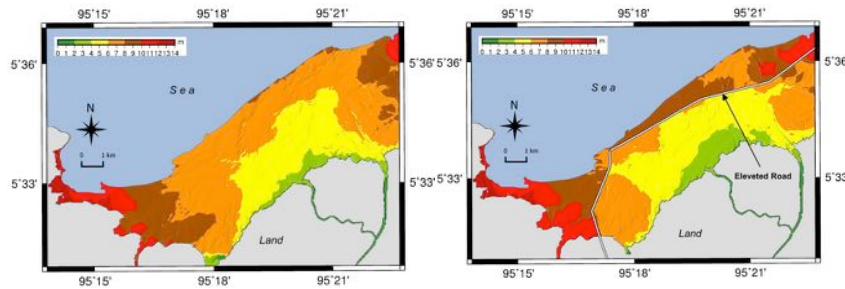


Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan *elevated road* (BORR) dalam mereduksi ketinggian tsunami. Gambar 4.5 menunjukkan perubahan muka air di area patahan gempa.

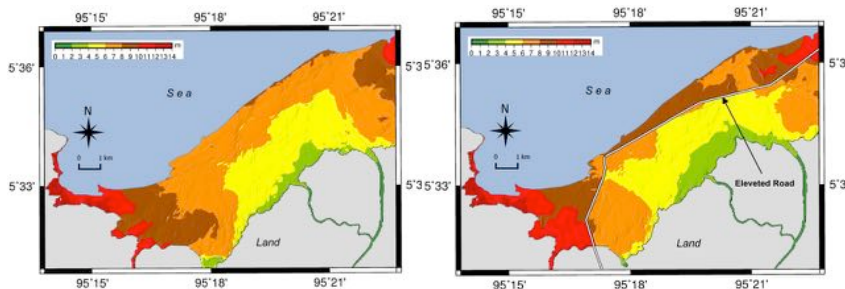
A. Luas Genangan Tsunami Magnitude 9,15 Mw

Gambar 4.6 menunjukkan perubahan kedalaman genangan tsunami. Di depan BORR (sisi laut), gelombang tsunami bisa lebih tinggi dibandingkan dengan area di belakang BORR. Di sisi lain, daerah genangan tsunami bisa 8,60% lebih kecil jika jalan dibangun.

Efek serupa dari struktur BORR pada distribusi kedalaman gelombang tsunami dapat dilihat pada Gambar 4.7 untuk penggunaan lahan perencanaan 2029. Menggunakan proyeksi penggunaan lahan 2029 dan implementasi BORR, ketinggian gelombang dapat dikurangi di daerah di belakang jalan. Di sisi lain, jika dibandingkan antara Gambar 4.6 (kiri) dengan Gambar 4.6 (kanan), terlihat bahwa dampak dari perubahan tipe penggunaan lahan seperti yang direncanakan untuk tahun 2029, tidak akan memberikan perbedaan yang signifikan dalam hal genangan tsunami.



Gambar 4.6
Kedalaman gelombang tsunami maksimum berdasarkan gempa 9,15 Mw tanpa BORR (kiri) dan ada BORR (kanan). Simulasi didasarkan pada tipe penggunaan lahan sebelum Tsunami 2004 (Syamsidik dkk., 2019).

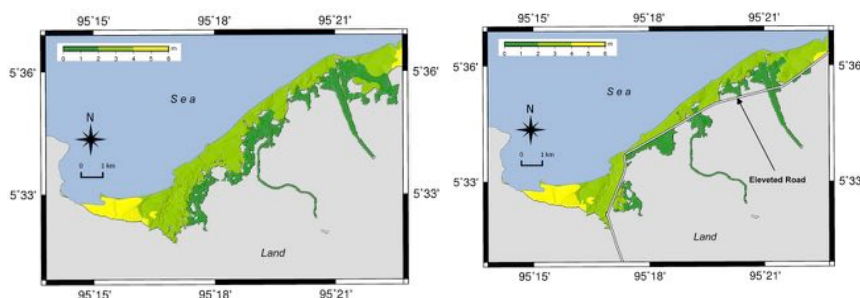


Gambar 4.7
Kedalaman gelombang tsunami maksimum berdasarkan gempa 9,15 Mw tanpa BORR (kiri) dan ada BORR (kanan). Simulasi didasarkan pada tutupan lahan perencanaan tahun 2029 (Syamsidik dkk., 2019).

Oleh karena itu, perubahan penggunaan lahan saja tidak cukup untuk mengurangi dampak buruk gelombang tsunami. BORR dapat membuat daerah genangan tsunami berkurang menjadi sekitar 9,66%.

B. Luas Genangan Tsunami pada Magnitude 8,5 Mw

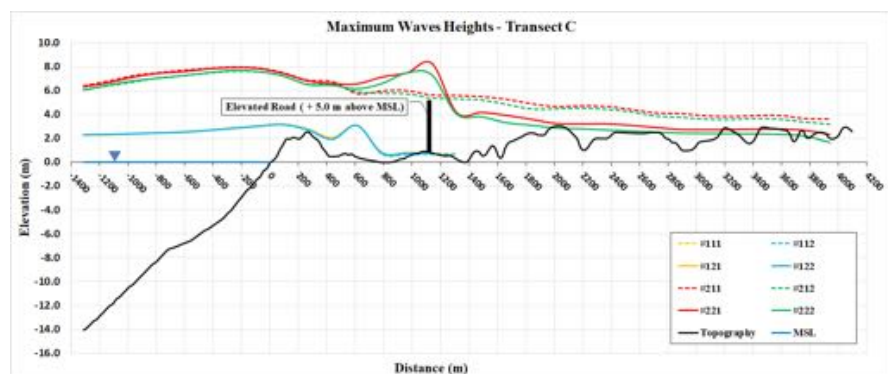
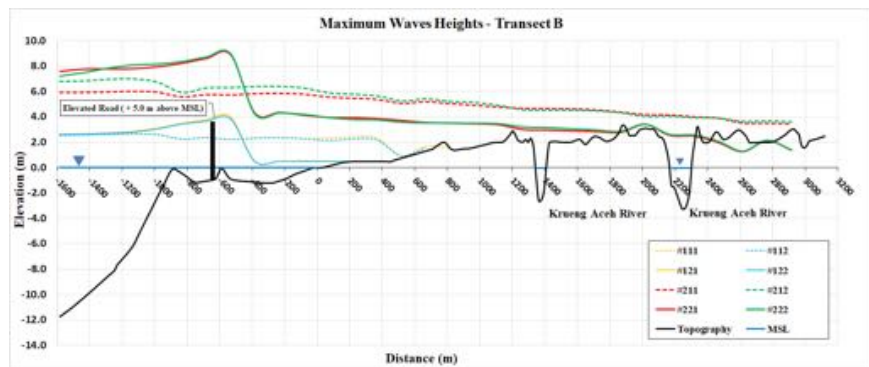
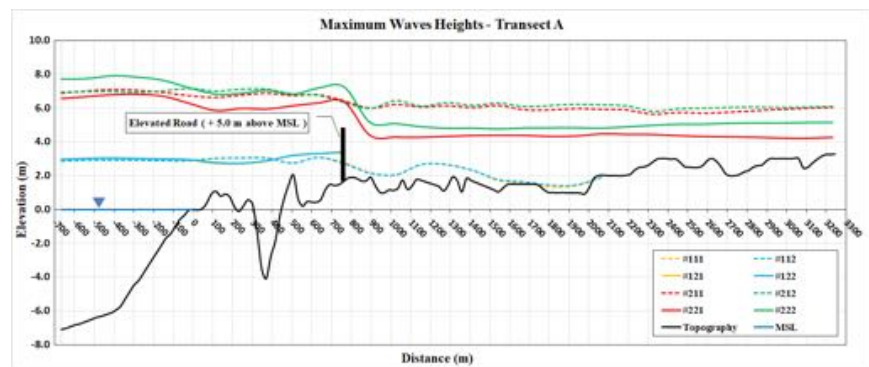
Dampak BORR dalam mengurangi ketinggian gelombang tsunami tidak signifikan untuk tsunami skala besar. Tabel 4.2 menunjukkan luas genangan pada masing-masing skenario. Untuk tsunami yang dihasilkan oleh gempa berkekuatan 8,5 Mw, struktur BORR dapat mengurangi daerah genangan sekitar 21,33%. Namun, gempa besar 9,15 Mw (seperti dalam kasus Tsunami 2004) hanya dapat mereduksi daerah genangan sekitar 8,60%. Hal ini sama seperti kejadian Tsunami Jepang 2011 di mana jalan tol dengan elevasi yang ditinggikan berhasil menghentikan genangan tsunami merambat lebih jauh ke daratan.



Gambar 4.8
Perbandingan kedalaman genangan tsunami maksimum yang dihasilkan oleh gempa bumi 8,5 Mw dengan kondisi tanpa BORR (kiri) dan dengan BORR (kanan) (Syamsidik dkk., 2019).

Tabel 4.2 Perbandingan luasan genangan tsunami

Kekuatan Gempa (Mw)	Tutupan lahan	Luas area genangan (ha)	Persentase pengurangan
8,5	2004 tanpa BORR	1.591,73	21,33
	2004 ada BORR	1.252,20	
	2029 tanpa BORR	1.553,03	22,51
	2029 ada BORR	1.203,47	
9,15	2004 tanpa BORR	4.654,27	8,60
	2004 ada BORR	4.254,17	
	2029 tanpa BORR	4.592,60	9,66
	2029 ada BORR	4.148,91	



Gambar 4.9
Perbandingan
kedalaman genangan
tsunami maksimum
pada cross section A, B
dan C (Syamsidik dkk.,
2019).

Gambar 4.9 menunjukkan perbandingan kedalaman genangan tsunami maksimum dengan semua skenario simulasi untuk *cross section* A, B, dan C. Semua *cross section* yang diamati menunjukkan efek yang sama dari BORR pada kedalaman genangan maksimum. Kedalaman bisa berkurang setelah adanya struktur BORR. Tepat di tepi struktur BORR, kedalamannya akan berkurang sekitar 5 m pada gempa berkekuatan 9,15 Mw, sekitar 28,5% lebih rendah daripada situasi tanpa BORR.

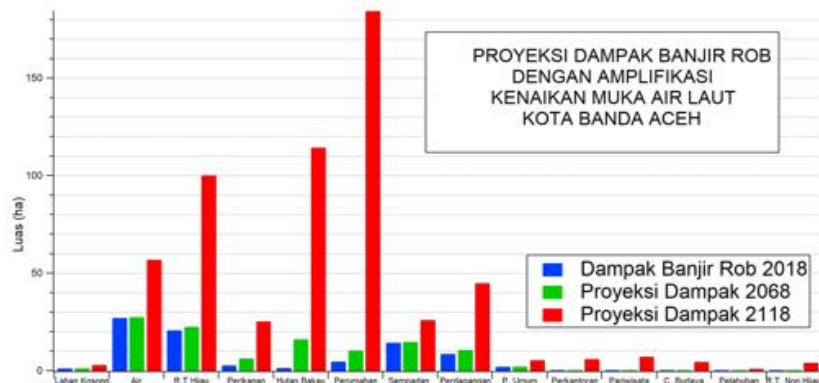
Kajian ini mengevaluasi kemungkinan untuk mengurangi dampak tsunami di Banda Aceh berdasarkan delapan skenario simulasi numerik. Simulasi dilakukan menggunakan dua magnitudo gempa yang menghasilkan tsunami, yaitu 8,5 Mw dan 9,15 Mw. Perencanaan BORR dan penggunaan lahan tahun 2029 dimasukkan dalam simulasi untuk menguji manfaat struktur dalam mitigasi tsunami selain mengatasi kemacetan. Membangun struktur pertahanan berlapis seperti yang sudah dibangun Jepang saat ini akan sulit diaplikasikan di daerah berkembang, karena membutuhkan biaya yang mahal. Ada upaya potensial untuk memitigasi tsunami secara struktural, yaitu dengan memodifikasi profil bangunan wilayah pesisir. Salah satu kemungkinan untuk Banda Aceh adalah dengan meninggikan jalan yang direncanakan sejajar dengan pantai, yang dinamakan *Banda Aceh Outer Ring Road* (BORR). Berdasarkan hasil simulasi, jalan BORR, dengan penambahan reklamasi 5,0 m dari permukaan laut rata-rata, mampu mereduksi wilayah genangan sekitar 9,66% dalam kasus gempa 9,15 Mw dan sekitar 22,51% dalam kasus gempa 8,5 Mw. Ketinggian gelombang dan kecepatan gelombang juga dapat dikurangi dengan menggunakan struktur jalan yang ditinggikan. Pada kasus Banda Aceh, perencanaan penggunaan lahan saja seperti perencanaan tata guna lahan tahun 2029 tanpa jalan BORR tidaklah signifikan dalam mengurangi genangan dan ketinggian tsunami. Oleh karena itu, perencanaan penggunaan lahan tahun 2029 ditambah dengan BORR diharapkan dapat mengurangi risiko tsunami di Kota Banda Aceh.

4.2 Banjir Rob

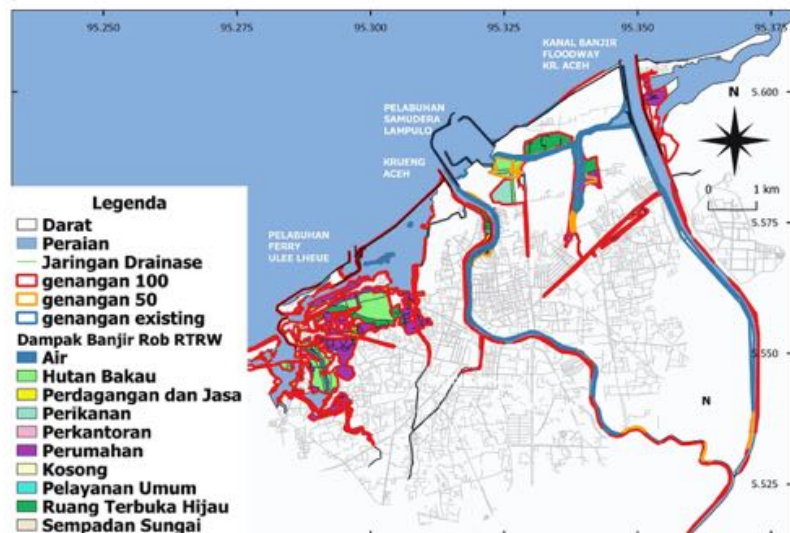
4.2.1 Dampak Spasial

Pemodelan banjir rob menggunakan Delft3D-Flow dan Delft3D-Wave. Data yang digunakan adalah data pasang surut dan gelombang sebagai sumber pembangkitan dalam simulasi banjir rob. Data tersebut adalah komponen pasang surut 15 hari dan gelombang dengan data gelombang signifikan tertinggi. Setelah simulasi model genangan Delft3D selesai, dilakukan analisis spasial untuk menghasilkan peta dan grafik dampak terhadap kondisi *existing*, skenario 50 tahun, dan skenario 100 tahun. Model ini memiliki dua skenario tinjauan dampak, yaitu kondisi tata guna lahan *existing*, dan RTRW Kota Banda Aceh 2009-2029.

Gambar 4.10 Grafik luas genangan model kawasan existing



Gambar 4.11 Peta luasan dampak banjir rob



Pada kasus dampak RTRW kondisi *existing*, pada 2018 ada 84,27 ha area tergenang yang sebagian besarnya adalah tambak dan beberapa rawa yang terhubung dengan laguna, serta beberapa jaringan drainase. Hal ini meningkat sebesar 33,88% di tahun 2063 dengan prediksi area yang tergenang seluas 112,83 ha (Gambar 4.9). Peningkatan luasan area dampak ini tercatat cukup besar dalam kurun waktu 50 tahun. Bahkan dalam 100 tahun mendatang diperkirakan luas genangan akan meningkat menjadi 4 kali lipat (418%) dengan luas 585,13 ha pada tahun 2118 menjadikan 8,61% dari total wilayah Kota Banda Aceh tergenang.

Pada skenario model dinamis, yaitu dengan melihat dampak 50 dan 100 tahun mendatang pada potensi penggunaan lahan maksimal yang direpresentasikan dari RTRW Kota Banda Aceh. Potensi dampak yang ditimbulkan pada tahun 2068

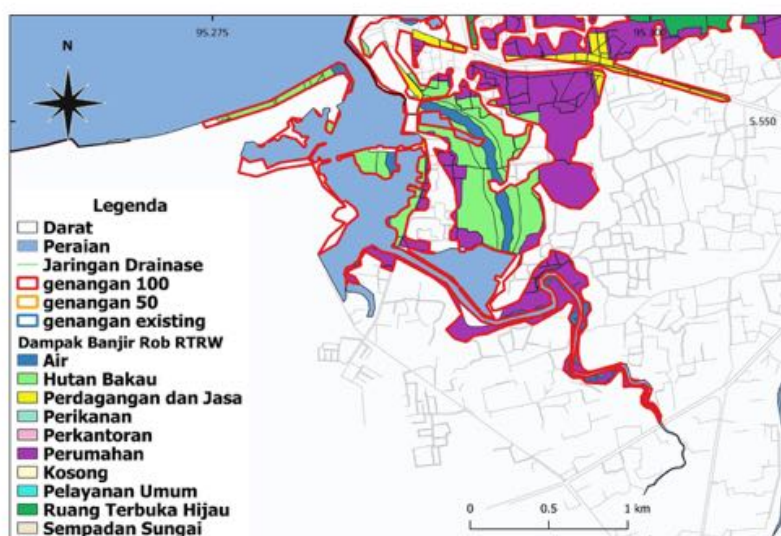
diprediksi akan ada 31,68 ha lahan aktif pesisir yang digenangi (Gambar 4.11). Lahan aktif ini terdiri dari kawasan pariwisata, pertahanan keamanan, pemukiman, cagar budaya, industri, dan pelayanan umum.

Pasca-tsunami, Kota Banda Aceh banyak mendapatkan bantuan untuk melanjutkan pembangunan. Pembangunan itu pun terus dilakukan hingga tahun 2019 dan terus berlanjut. Berbekal dana otsus, banyak jalan yang terus ditinggikan dan mendapatkan penambahan elevasi.

Selain itu, banyak tanah-tanah dengan elevasi rendah seperti rawa dan lainnya juga mendapat peninggian elevasi guna pemanfaatan lahan sebagai perumahan ataupun perkantoran. Mahalnya harga tanah pada daerah daratan yang relatif tinggi dan jauh dari pantai menjadikan tanah-tanah pada area pesisir menjadi incaran dari perusahaan pengembang properti rumah. Berdasarkan kondisi *existing*, daerah Kota Banda Aceh telah lebih baik menghadapi banjir rob dibandingkan sebelum tsunami.

Tabel 4.3 Luas dampak genangan terhadap kawasan pesisir Kota Banda Aceh

Tahun	Luas Area Terdampak	
	Luas genangan (ha)	% luas kota
2018	56,97	0,93
2063	85,14	1,39
2118	528,11	8,61

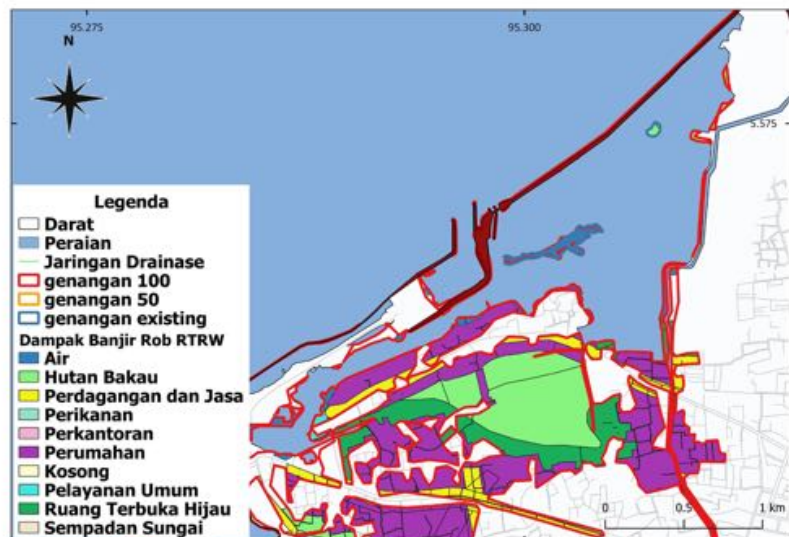


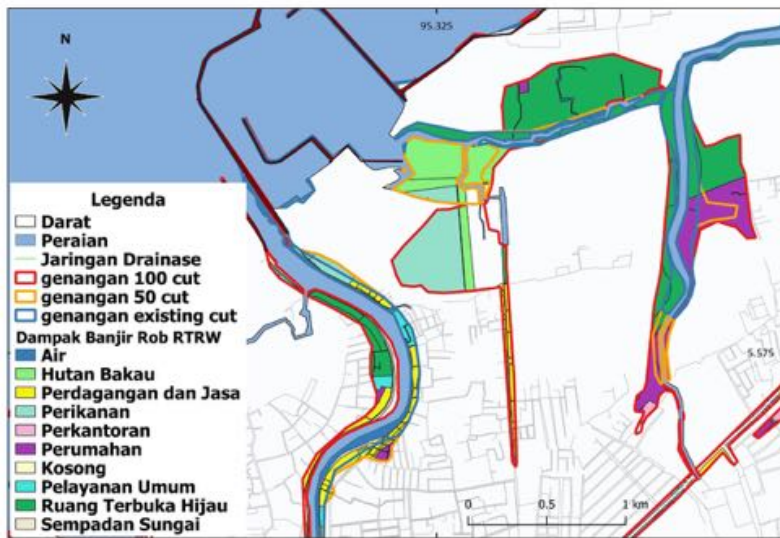
Gambar 4.12 Dampak banjir rob pada Kawasan I (Kec. Meuraxa)

Melalui model genangan *existing*, hasil prediksi 50 tahun memberikan dampak yang cukup signifikan dengan naiknya air laut sejauh 53 m ke arah pesisir melalui jaringan drainase, akan tetapi belum menggenangi kawasan penduduk. Kenaikan muka air laut setinggi 0,35 m yang ditambah dengan gelombang pasang menjadikan luasan genangan terus bertambah. Hal yang mengejutkan terjadi setelah 100 tahun prediksi capaian genangan meningkat hampir menjangkau 1 km ke arah darat dan memberi dampak pada banyak fasilitas baik perumahan penduduk ataupun fasilitas umum di daerah setempat. Gelombang pasang yang disertai gelombang ekstrim pada kondisi *existing* hampir mencapai ketinggian hampir 2 m, dan secara berangsur bertambah 0,35 dan 0,70 m akibat prediksi kenaikan muka air laut pada 50 dan 100 tahun.

Pada Gambar 4.12, pada kawasan Deah Gelumpang, Deah Raya dan sekitarnya pada kondisi *existing* banjir rob tidak akan mempengaruhi area pemukiman. Hal ini juga masih relatif terjadi dengan prediksi 50 tahun ke depan dengan kenaikan muka air setinggi 0,35 m. Gelombang pasang hanya menggenangi pulau kecil yang terdapat di dalam Laguna Ulee Lheue (Gambar 4.13). Hal yang cukup menarik terjadi justru pada prediksi 100 tahun di mana kenaikan muka air mencapai 0,7 m. Banjir rob bergerak melalui saluran drainase dan saluran air yang digunakan sebagai intake ke area tambak. Berdasarkan model, dikhawatirkan sebagian besar kawasan pemukiman juga akan terdampak dan tergenang seperti pada Gampong Deah Raya dan Deah Glumpang.

Gambar 4.13 Dampak banjir rob pada Kawasan II





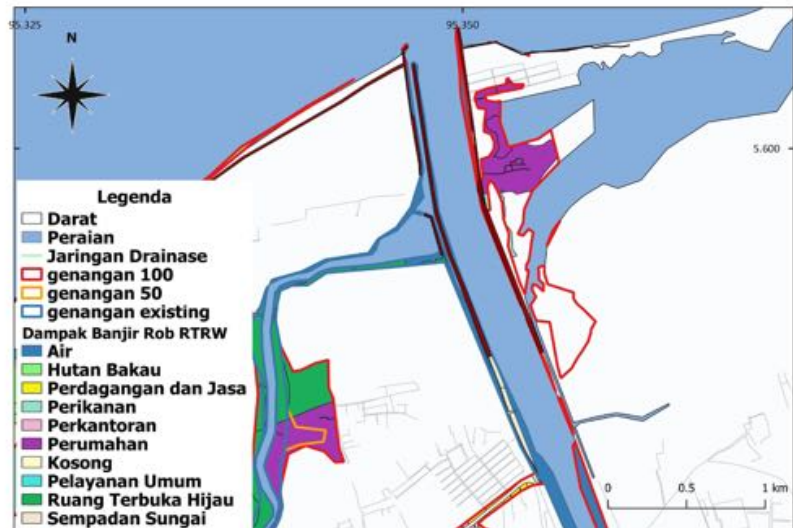
Gambar 4.14 Dampak banjir rob pada Kawasan III

Pada Kawasan III (Gambar 4.14), banjir rob menjalar melalui jalur rawa, dan saluran yang terhubung dengan jaringan drainase. Banjir rob hanya menggenangi kawasan rawa, tambak, dan bantaran sungai baik pada kondisi prediksi 50 tahun hingga 100 tahun pada tahun 2118. Pada prediksi 50 tahun, aliran air laut dapat menjalar ke saluran drainase Jalan Syiah Kuala hingga 470 m dari ujung saluran, dan terus meningkat menjadi 1,74 km setelah dimodelkan untuk prediksi 100 tahun. Selain itu, prediksi dalam 50 dan 100 tahun menunjukkan ada kawasan perumahan yang terancam pada Gampong Tibang, yang berada di sebelah utara Desa Jeulingke.

Untuk skenario 50 dan 100 tahun, elevasi muka air dengan pasang tertinggi 0,85 m, akan bertambah setinggi 1,10 m dari gelombang tertinggi 2,21 m yang ditambah nilai SLR senilai 0,35 m dan 0,70 m untuk kondisi 50 dan 100 tahun. Hal ini mengakibatkan kawasan pesisir Kota Banda Aceh terancam gelombang pasang setinggi 2,25 m dan 2,60 m untuk proyeksi 50 dan 100 tahun.

Gambar 4.15 menampilkan peta genangan pada kawasan Gampong Alue Naga. Desa ini memiliki *revetment* sepanjang garis pantai, dan *Floodway Krueng Aceh* juga dilindungi oleh tanggul di sisi kiri dan kanan. Hal ini menyebabkan kawasan di sekitarnya masih relatif aman dari terjangkit banjir rob. Akan tetapi pada skenario 50 dan 100 tahun banjir rob bergerak masuk dari laguna dan menggenangi kawasan perumahan di sebelah timur *floodway*. Tinggi muka air pasang yang disertai gelombang dengan elevasi 2,15 hingga 2,60 m menyebabkan kawasan hutan bakau, rawa, tambak, dan sebagian perumahan tergenang. Untuk lebih jelasnya, berikut jenis kawasan dan luasan yang terdampak oleh banjir rob pada skenario *existing*, 50 dan 100 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Gambar 4.15 Dampak banjir rob pada Kawasan IV



Tabel 4.4 Dampak Banjir Rob terhadap Kota Banda Aceh

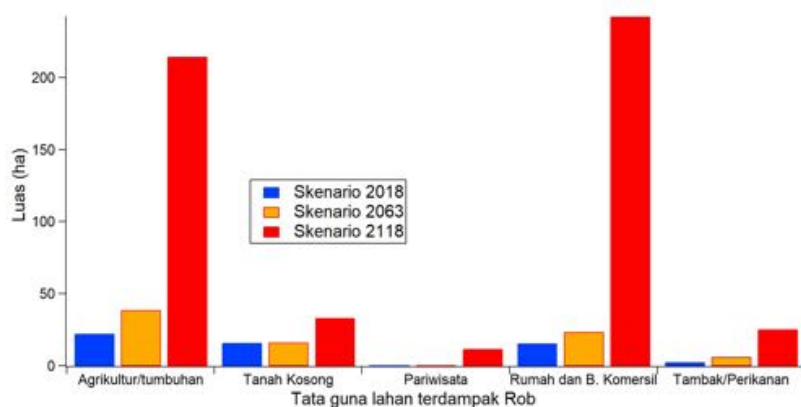
Tata Guna Lahan	2018 (ha)	2068 (ha)	2118 (ha)
Lahan Kosong	1,40	1,41	3,10
Ruang Terbuka Hijau	20,92	22,53	100,18
Kawasan Perikanan	2,87	6,41	25,50
Kawasan Hutan Bakau	1,45	16,30	114,48
Kawasan Perumahan	4,75	10,55	184,51
Sempadan Sungai	14,57	14,85	26,16
Kawasan Perdagangan dan Jasa	8,67	10,76	45,02
Pelayanan Umum	2,27	2,27	5,59
Kawasan Perkantoran	0,07	0,07	6,24
Kawasan Pariwisata	0,00	0,00	7,34
Kawasan Cagar Budaya	0,00	0,00	4,64
Kawasan Pelabuhan	0,00	0,00	1,10
Ruang Terbuka Non Hijau	0,00	0,00	4,26
Jumlah Total	56,97	85,14	528,11

4.2.2 Kerugian Ekonomi (*Direct Monetary Loss*)

Dampak yang ditimbulkan menyebar di area pesisir dan terukur secara spasial. Kerugian yang ditimbulkan dapat dianalisis dari aspek ekonomi dengan menyederhanakan kelompok tata guna lahan terpapar banjir rob dan analisis

kerugian ekonomi. Luas kota yang hanya terdampak terus meningkat secara drastis, disebabkan kondisi topografi Banda Aceh yang cenderung landai. Hasil proyeksi model terklasifikasi menunjukkan jenis tata guna lahan tanah kosong, pariwisata, rumah dan bangunan komersil, dan tambak (perikanan) mengalami peningkatan luas dampak yang relatif signifikan. Kawasan tanah kosong, pariwisata, dan perikanan rata-rata memiliki luasan area terdampak lebih kecil dari 50 ha. Sedangkan untuk area terdampak kawasan vegetasi dan rumah (bangunan komersil) tergenang lebih luas secara signifikan, meskipun pada kondisi *existing* dan proyeksi 50 tahun masih lebih kecil dari 50 ha, peningkatan signifikan sehingga menyentuh angka lebih besar dari 200 ha. Angka ini cukup besar, terlebih dengan kawasan perumahan dan bangunan komersil yang akan mengganggu proses perekonomian dan menghasilkan berkurangnya pendapat daerah, bahkan memberatkan pemerintah jika dicanangkan anggaran bantuan untuk proses penanganan pasca-bencana.

Penilaian dampak ekonomi dari banjir rob ditranslasikan ke dalam nilai finansial berdasarkan hasil penilaian pada laporan Bappenas. Kawasan agrikultur dan vegetasi ditaksir bernilai Rp. 1.280 juta per ha. Kegiatan rekreasi, dan beberapa area di pantai yang juga diberdayakan sebagai pasar hasil tangkapan perikanan juga terdampak. Kawasan ini ditaksir akan terganggu kegiatan ekonominya dan mengakibatkan kerugian ekonomi senilai Rp. 27.200 per ha. Sebagai kota pesisir, Banda Aceh terus berkembang untuk aktivitas pembangunannya di area pesisir. Pembangunan rumah dan bangunan komersil juga rentan terdampak banjir rob dengan kondisi topografi yang relatif landai. Kondisi ini memberikan estimasi kawasan perumahan dan bangunan komersil ditaksir bernilai Rp19,2 juta per ha.



Gambar 4.16 Grafik luasan dampak banjir rob pada klasifikasi tata guna lahan.

Tabel 4.5 Kerugian ekonomi dampak banjir rob terhadap Kota Banda Aceh

Tata guna lahan	Luas Area dampak			Nilai (Rp 1000/ha)	Estimasi Kerugian (Juta)		
	2018	2063	2118		2018	2063	2118
Agrikultur/ tumbuhan	22,37	38,83	214,66	Rp 1.280.000	Rp 28.637	Rp 49.698	Rp 274.764
Tanah Kosong/ pantai	15,97	16,25	33,51	Rp 27.200	Rp 434	Rp 442	Rp 911
Rumah dan B. Komersil	15,75	23,65	242,45	Rp 19.200.000	Rp 302.418	Rp 453.999	Rp 4.655.032
Tambak / Perikanan	2,87	6,41	25,50	Rp 1.520.000	Rp 4.364	Rp 9.740	Rp 38.766
Jumlah	56,97	85,14	516,13		335.854	513.879	4.969.474

Tabel 4.5 menunjukkan nilai kerugian yang ditaksir pada kondisi *existing* senilai Rp. 335 miliar, dengan kerugian terbesar pada jenis tata guna lahan rumah dan bangunan komersil. Pemanfaatan kawasan pesisir pasca-tsunami cukup signifikan dan terus meluas. Hal ini disebabkan akses pada lahan di kawasan pesisir lebih mudah dikarenakan harganya yang relatif lebih murah. Pada proyeksi 50 tahun, tercatat meningkat sebesar 65% menjadi Rp 513 miliar. Kenaikan muka air setinggi 0,35 m memberikan amplifikasi dampak lebih kecil dibandingkan dengan proyeksi 100 tahun dengan kenaikan dua kali lipat (0,70 m). Proyeksi 100 tahun memberikan peningkatan dampak yang cukup fantastis dibandingkan dengan kondisi proyeksi 50 tahun, senilai Rp. 4,969 triliun. Kenaikan tercatat hampir 10 kali lipat dibandingkan skenario 50 tahun.

4.3 Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir Kota Banda Aceh

Upaya kesiapsiagaan bertujuan untuk mengurangi dampak dari bahaya melalui tindakan pencegahan yang tepat waktu, efektif, dan efisien. Tindakan kesiapsiagaan juga bertujuan untuk memastikan bahwa sumber daya yang diperlukan dalam menghadapi situasi bencana telah disiapkan dan dapat dimobilisasi secara efektif pada situasi bencana. Kesiapsiagaan masyarakat dalam kajian ini menggunakan empat (4) parameter, yaitu: 1) pengetahuan tentang bahaya pesisir, 2) rencana tanggap darurat, 3) peringatan dini, 4) mobilisasi sumber daya.

4.3.1 Pengetahuan Tentang Bahaya Pesisir

Pengetahuan tentang bahaya pesisir diukur dengan beberapa indikator, yaitu dampak kenaikan muka air laut, karakteristik banjir rob, dan tanda-tanda tsunami.

Individu atau rumah tangga yang memiliki pengetahuan yang baik diharapkan lebih siap dalam melakukan tindakan antisipasi dalam menghadapi bahaya pesisir yang mungkin terjadi, karena pengetahuan merupakan dasar dari kesadaran untuk melakukan rencana tanggap darurat, peringatan dini dan memobilisasi sumber daya.

Berdasarkan Tabel 4.6, dapat dilihat bahwa secara umum, pengetahuan masyarakat pesisir Kota Banda Aceh tentang bahaya pesisir masih kurang. Hanya sebagian responden (40-50%) yang menyadari bahwa kenaikan muka air laut memberikan dampak kepada terjadinya banjir dan terendamnya kawasan pesisir. Selain itu juga hanya sedikit (< 50%) responden yang berpendapat bahwa kenaikan muka air laut juga menyebabkan krisis air bersih, rusaknya infrastruktur, menurunnya produktivitas tambak serta hilangnya daya tarik pariwisata.

Hasil kajian juga menunjukkan masih terdapat miskonsepsi pengetahuan tentang tanda-tanda atau gejala tsunami. Mayoritas responden beranggapan bahwa gempa yang menyebabkan goyangan yang kencang/keras sehingga orang tidak bisa berdiri serta air laut tiba-tiba surut merupakan tanda-tanda terjadinya tsunami. Padahal tidak semua kejadian tsunami diawali oleh gempa yang kuat dan air laut yang surut. Misalnya saja, peristiwa Tsunami Pangandaran pada 17 Juli 2006 dan Mentawai pada 26 Oktober 2010. Kemudian, Tsunami Palu-Donggala 2018 yang terjadi dipicu oleh gempa berkekuatan 7,4 Mw. Selain itu, berbeda dengan sebagian besar tsunami yang pernah terjadi di Indonesia, peristiwa Tsunami Selat Sunda 2018 yang menerjang Banten dan Lampung tidak didahului atau disebabkan gempa bumi.

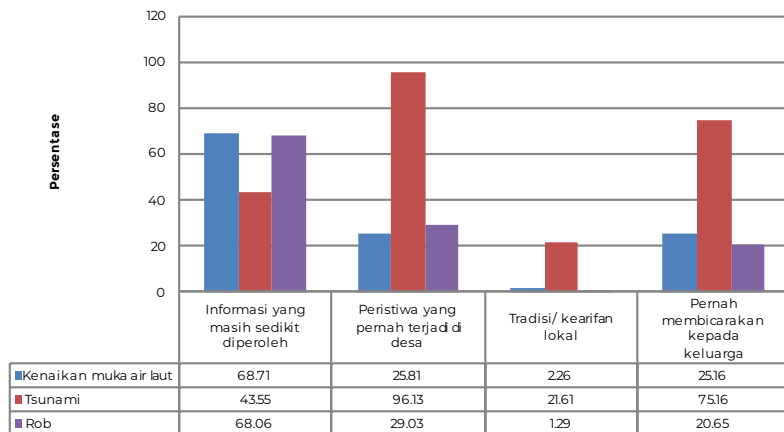
Proses diseminasi/transfer pengetahuan tidak terlepas dari media yang dapat menyampaikan informasi kepada masyarakat. Berdasarkan hasil kajian, sumber pengetahuan yang umum bagi masyarakat pesisir Kota Banda Aceh adalah saudara, kerabat, teman, tetangga (82,90%) dan TV (79,03%).

Tabel 4.6 Distribusi Jawaban Responden terkait Pengetahuan tentang Bahaya Pesisir

Pertanyaan		N	%
1	Apa saja dampak dari kenaikan muka air laut ?		
a.	Meningkatnya risiko banjir	144	46,45
b.	Terendamnya kawasan pesisir	150	48,39
c.	Krisis air bersih	121	39,03
d.	Rusaknya infrastruktur	125	40,32
e.	Menurunnya produktivitas tambak	103	33,23
f.	Hilangnya daya tarik pariwisata	117	37,74
2	Apa saja karakteristik atau ciri-ciri banjir rob?		
a.	Terjadi pada saat air laut pasang	208	67,10
b.	Warna air tidak terlalu keruh	94	30,32
c.	Terjadi pada musim hujan	119	38,39
d.	Terjadi di wilayah yang datarannya lebih rendah dari laut	185	59,68
3	Apa saja tanda-tanda/gejala tsunami?		
a.	Gempa menyebabkan goyangan yang kencang/keras sehingga orang tidak bisa berdiri	295	95,16
b.	Air laut tiba-tiba surut	277	89,35
c.	Gelombang besar di cakrawala	217	70,00
d.	Bunyi yang keras seperti ledakan	231	74,52
4	Dari mana saja Bapak/Ibu mendapat informasi tentang bahaya pesisir tersebut di atas ?		
a.	Radio	118	38,06
b.	TV	245	79,03
c.	Koran, majalah, buletin	107	34,52
d.	Internet, media sosial	132	42,58
e.	Buku saku, poster, <i>leaflet</i> , billboard, rambu peringatan	67	21,61
f.	Sosialisasi, seminar, pertemuan	127	40,97
g.	Saudara, kerabat, teman, tetangga	257	82,90
h.	Petugas pemerintah	151	48,71
i.	LSM dan lembaga non pemerintah lainnya (misal PMI)	97	31,29

N : Jumlah responden menjawab "ya", % : Persentase responden menjawab "ya"

Grafik pada Gambar 4.17 memperlihatkan bagaimana keterpaparan responden terhadap informasi mengenai bahaya pesisir. Meskipun wilayah pesisir Kota Banda Aceh adalah wilayah yang paling parah terdampak pada Tsunami 2004 lalu, ternyata masih ada juga sebagian masyarakat yang mengaku masih sedikit memperoleh informasi tentang tsunami.



Gambar 4.17 Distribusi jawaban responden terkait keterpaparan dan diseminasi informasi tentang bahaya pesisir

Sedangkan untuk bahaya kenaikan muka air laut dan rob, sebagian besar responden mengaku belum banyak terpapar informasi mengenai kedua bahaya tersebut. Hal ini dikarenakan masyarakat belum merasakan dampaknya secara langsung, mengingat kenaikan muka air laut dan rob menimbulkan bahaya secara perlahan dan periode waktu yang lama namun pasti.

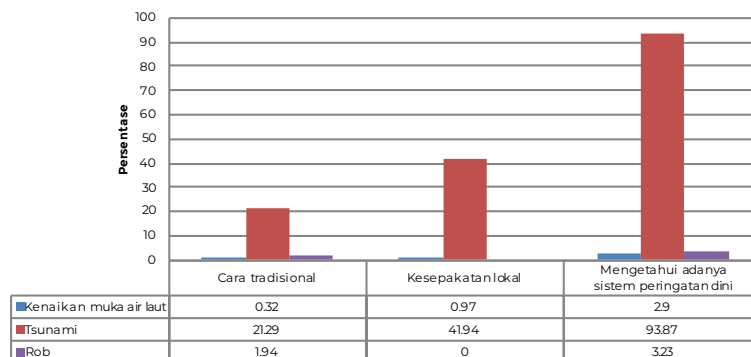
4.3.2 Rencana Tanggap Darurat

Rencana tanggap darurat merupakan bagian penting yang perlu dilakukan dalam rangka kesiapsiagaan masyarakat dalam mengantisipasi bahaya pesisir, khususnya tsunami. Gambar 4.18 menunjukkan bahwa sebagian besar responden telah mengetahui bahaya di sekitar (65,16 %) dan menyiapkan pakaian, uang tunai dan kebutuhan darurat keluarga (75,81 %). Sangat sedikit masyarakat yang menyusun rencana evakuasi, mengidentifikasi titik aman dan mempraktekkan rencana evakuasi bersama keluarga (berkisar 20-30%). Hal ini sangat disayangkan, mengingat wilayah pesisir cukup mendapat perhatian yang lebih pasca-tsunami 2004 lalu. Berbagai lembaga pemerintah maupun LSM melakukan upaya-upaya untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat khususnya dalam menghadapi tsunami.



Gambar 4.18 Distribusi jawaban responden tentang rencana tanggap darurat

Gambar 4.19 Distribusi jawaban responden tentang peringatan dini bahaya pesisir

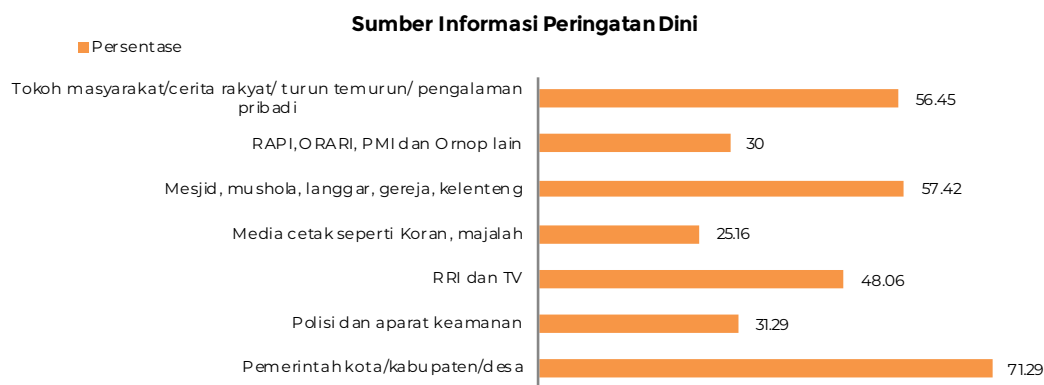


4.3.3 Peringatan Dini

Peringatan dini yang efektif akan sangat bermanfaat bagi masyarakat untuk menghindari diri dari bahaya yang mungkin terjadi.

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.19, hampir seluruh responden mengetahui adanya sistem peringatan dini tsunami (93,87%). Hal ini bisa jadi dikarenakan rutinitas aktivasi sirine tsunami yang dilakukan pemerintah setiap bulannya pada tanggal 26. Tujuan utama dibuatnya sistem peringatan dini tsunami adalah untuk menyelamatkan hidup dan mengurangi terjadinya korban jiwa maupun kerusakan. Jika serangkaian prosedur dilakukan dengan benar, kerusakan akibat bencana tsunami dapat diminimalkan.

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.20, pemerintah menjadi sumber informasi peringatan dini yang dijawab oleh sebagian responden. Agar diseminasi informasi peringatan dini berjalan efektif, diperlukan keterlibatan berbagai pihak, termasuk otoritas dan lembaga pemerintah di berbagai sektor di semua tingkat, masyarakat berisiko bencana, organisasi masyarakat (ORMAS), Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), media, dan sektor swasta. Tanpa keterlibatan berbagai pemangku kepentingan, maka sistem peringatan dini tidak akan efektif.



Gambar 4.20 Distribusi jawaban responden tentang sumber informasi peringatan dini bahaya pesisir

Sampai atau tidaknya peringatan ke masyarakat di daerah berisiko bencana tergantung pada kesadaran dan kemampuan melaksanakan peran dan tanggung jawab semua pelaku dalam rantai komunikasi.

Terkait dengan bagaimana sirine tsunami berbunyi, mayoritas masyarakat beranggapan bahwa sirine berbunyi secara otomatis (61%) seperti diperlihatkan pada Gambar 4.21. Padahal aktivasi sirine jika terjadi tsunami tidak dapat dilakukan secara otomatis, melainkan harus dilakukan secara manual.

4.3.4 Mobilisasi Sumber Daya

Dalam kajian ini, parameter mobilisasi sumber daya dinilai berdasarkan tindakan masyarakat, program pelatihan (sumber daya), dan akses masyarakat. Dari hasil kajian yang diperlihatkan pada Tabel 4.7, ada beberapa tindakan yang telah dilakukan sebagian responden untuk mengantisipasi bahaya pesisir, seperti memiliki tabungan, asuransi, tanah/rumah di tempat lain, mata pencaharian lain serta kerabat/teman yang siap membantu. Namun persentasenya sangat kecil sekali, keseluruhan alternatif persiapan, kecuali memiliki kerabat/teman, hanya dilakukan oleh kurang dari 20% responden.

Terkait dengan program pelatihan yang pernah diikuti seperti *workshop*/sosialisasi tentang mitigasi bahaya pesisir, pelatihan P3K, evakuasi korban dan pengolahan air bersih, hanya sebagian responden yang pernah mengikutinya, dengan presentase kurang dari 35% responden. Sedangkan untuk akses terhadap informasi kesiapsiagaan, alat komunikasi darurat, transportasi untuk evakuasi dan fasilitas kesehatan telah dimiliki oleh lebih dari 46% responden.

Cara Sirine Tsunami Berbunyi



Gambar 4.21 Distribusi jawaban responden tentang bagaimana cara sirine tsunami berbunyi

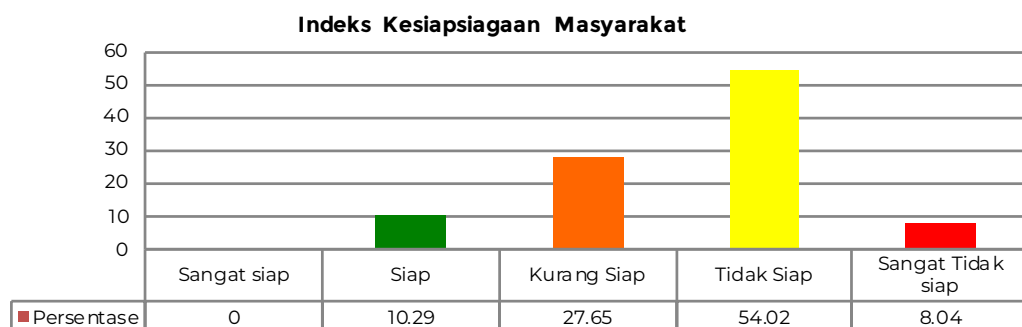
Tabel 4.7 Distribusi jawaban responden terkait mobilisasi sumber daya

Pertanyaan		N	%
1	Untuk kewaspadaan keluarga terhadap kemungkinan terjadinya bencana, apakah keluarga telah mempersiapkan hal-hal berikut ini:		
a.	Tabungan	58	18,71
b.	Asuransi Jiwa/harta/benda	37	11,94
c.	Tanah/rumah di tempat lain	35	11,29
d.	Mata pencaharian lain	25	8,06
e.	Kerabat/teman yang siap membantu	157	50,65
2	Kegiatan apa saja yang sudah diikuti oleh anggota keluarga?		
a.	Workshop/sosialisasi tentang mitigasi bahaya pesisir	107	34,52
b.	Pelatihan Pertolongan Pertama/P3K	61	19,68
c.	Pelatihan Evakuasi korban	86	27,74
d.	Pelatihan Pengolahan air bersih	28	9,03
3	Apakah keluarga memiliki kemudahan akses terhadap hal-hal berikut ini		
a.	Akses terhadap informasi kesiapsiagaan dan situasi darurat	159	51,29
b.	Alat Komunikasi saat kondisi darurat	153	49,35
c.	Transportasi untuk evakuasi	143	46,13
d.	Fasilitas Kesehatan	148	47,74

N : Jumlah responden menjawab “ya”, % : Persentase responden menjawab “ya”

4.3.5 Indeks Kesiapsiagaan Masyarakat

Indeks kesiapsiagaan masyarakat pesisir Kota Banda Aceh terhadap bahaya pesisir dapat dikategorikan “tidak siap” dengan nilai indeks sebesar 37,94. Seperti pada Gambar 4.20, mayoritas responden (54,02%) berada pada kategori tidak siap. Sedangkan responden yang berada kategori siap dan kurang siap jumlahnya sangat sedikit dengan presentase berturut-turut, 10,29% dan 27,65%. Sisanya ada sekitar 8 persen responden yang masuk kategori sangat tidak siap.

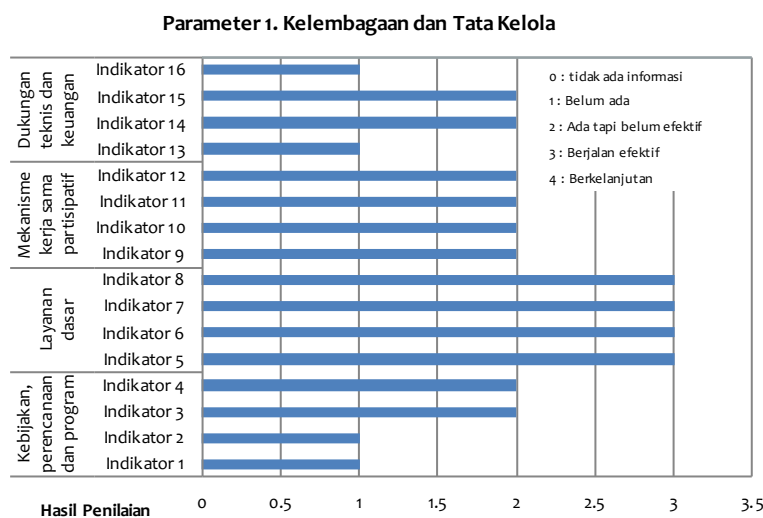


Gambar 4.22 Distribusi Indeks Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir Kota Banda Aceh

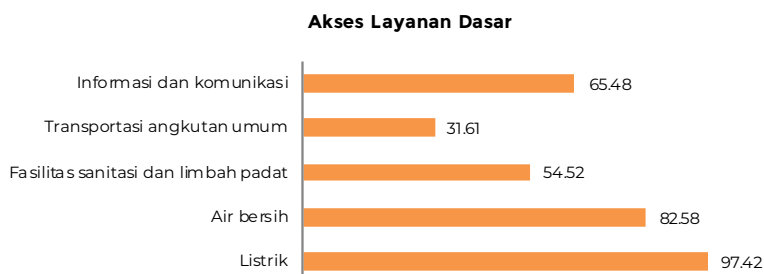
Kondisi ini cukup mengkhawatirkan mengingat Kota Banda Aceh sangat rentan terhadap bahaya tsunami dan banjir rob. Tingkat kesiapsiagaan suatu masyarakat bersifat dinamis, artinya dapat meningkat atau menurun seiring dengan berjalannya waktu. Perubahan-perubahan yang terjadi di masyarakat termasuk perubahan sosial, ekonomi, budaya, dan politik, turut mempengaruhi kondisi kesiapsiagaan. Untuk itu perlu upaya-upaya yang dilakukan untuk selalu menjaga dan meningkatkan kondisi kesiapsiagaan masyarakat.

4.4 Tingkat Ketahanan Kota Banda Aceh terhadap Dampak Kenaikan Muka Air Laut dan Bahaya Pesisir Lainnya Akibat Perubahan Iklim

Kajian ketahanan kota Banda Aceh terhadap dampak kenaikan muka air laut dan bahaya pesisir lainnya menggunakan lima parameter ketahanan, yaitu: 1) kelembagaan/tata kelola, 2) sosial dan ekonomi, 3) manajemen sumber daya pesisir, 4) pengelolaan dan infrastruktur penggunaan lahan, dan 5) strategi adaptasi dan mitigasi.



Gambar 4.23
Parameter kelembagaan dan tata kelola



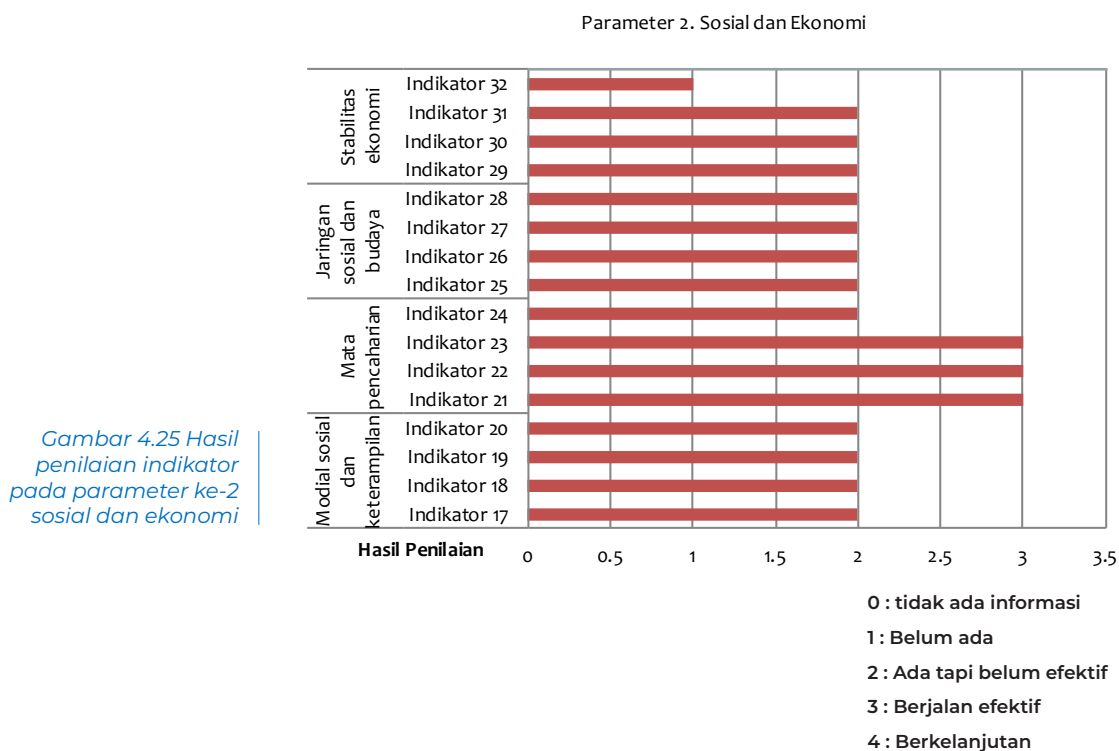
Gambar 4.24
Distribusi jawaban responden tentang akses layanan dasar

Gambar 4.23 menunjukkan bahwa untuk parameter kelembagaan dan tata kelola secara umum yang sudah berjalan efektif adalah terkait layanan dasar. Hal ini juga diperkuat dengan hasil survei yang dilakukan yang disajikan pada Gambar 4.24.

Kota Banda Aceh belum memiliki kebijakan dan dokumen perencanaan yang secara spesifik bertujuan untuk melindungi kawasan pesisir. Meskipun pada level provinsi, Aceh telah memiliki Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K). Dokumen ini bertujuan mengatur seluruh kegiatan yang menggunakan ruang pesisir di wilayah kewenangan Aceh dapat terintegrasi dengan baik dan mampu memberikan hasil yang lebih optimal, dimana memuat berbagai hal spesifik terkait penggunaan ruang pesisir.

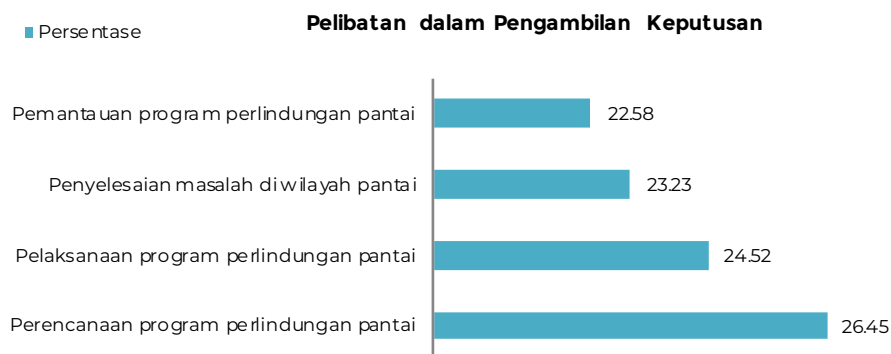
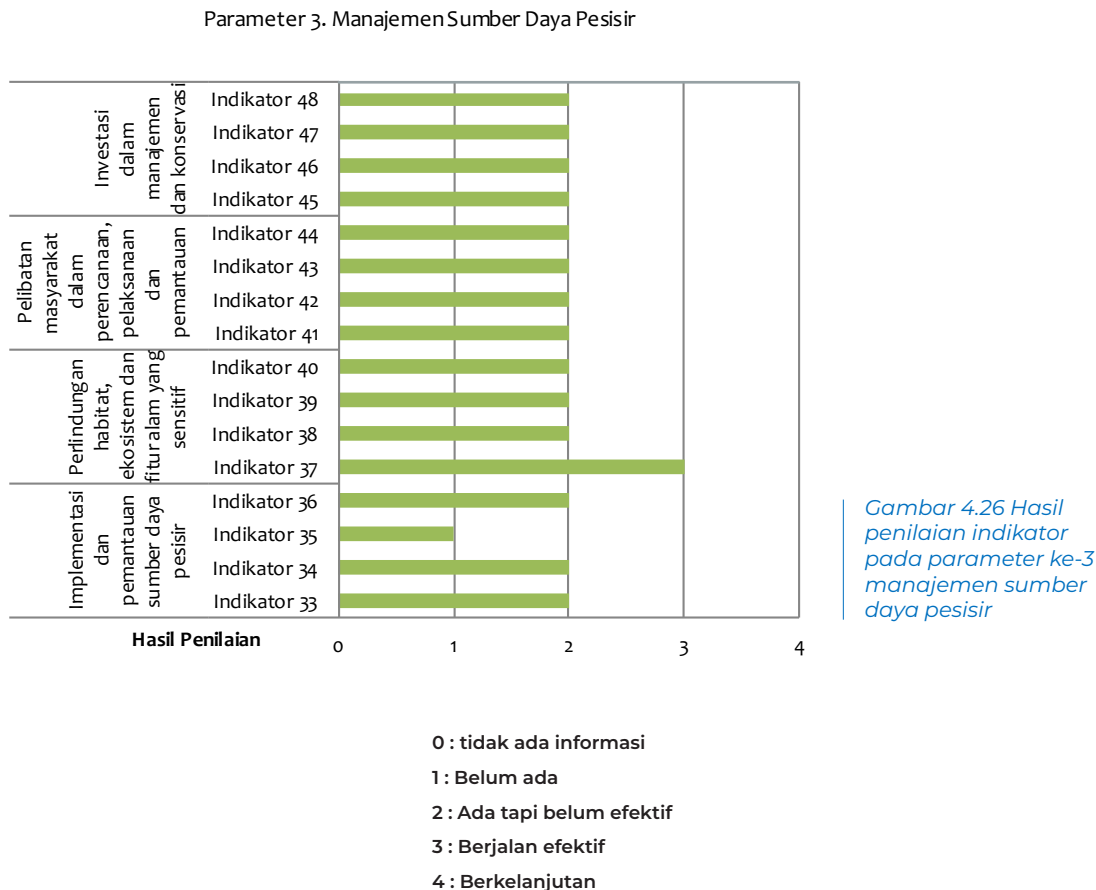
Akses masyarakat pesisir Kota Banda Aceh terhadap layanan listrik dan air bersih telah diperoleh oleh masing-masing 92,42 % dan 82,58 % responden. Pada saat ini, masyarakat mendapatkan akses listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Pada tahun 2018, 100% rumah tangga di Kota Banda Aceh telah menggunakan listrik PLN (BPS, 2018b).

Berdasarkan Gambar 4.25 menunjukkan mayoritas indikator berada pada nilai 2 artinya ada namun belum efektif. Namun pada indikator mata pencaharian mencapai nilai 3, yaitu berjalan efektif. Artinya masyarakat Kota Banda Aceh memiliki alternatif mata pencaharian lain selain sebagai nelayan. Jumlah nelayan di Kota Banda Aceh pada tahun 2017 sebanyak 1.300 sedangkan petani ikan 421 dan jumlah petani tambak 401. Perkembangan usaha kecil dan menengah di Kota Banda Aceh di bidang perdagangan sebesar 4.817, pertanian 10, dan perikanan 20.



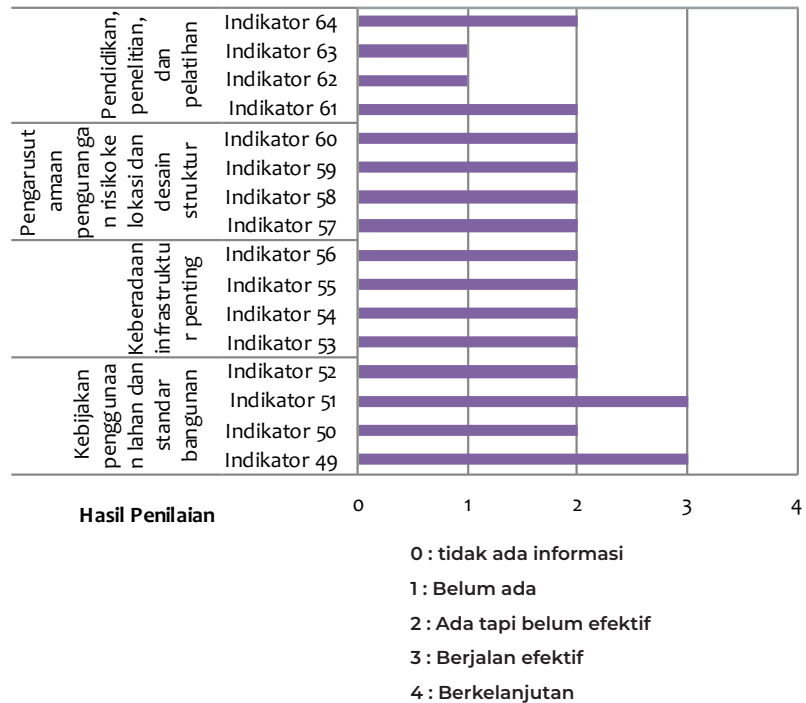
Gambar 4.25 Hasil penilaian indikator pada parameter ke-2 sosial dan ekonomi

Berdasarkan hasil kajian seperti yang terlihat pada Gambar 4.26, implementasi dan pemantauan sumber daya pesisir, perlindungan habitat, pelibatan masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan dan pemantauan serta investasi dalam manajemen konservasi masih belum berjalan efektif. Khusus pelibatan masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan dan pemantauan juga diperkuat oleh hasil survey masyarakat yang ditunjukkan pada Gambar 4.27 berikut ini.



Parameter 4. Manajemen Penggunaan Lahan dan Infrastruktur

Gambar 4.28 Hasil penilaian indikator pada parameter ke-4 manajemen penggunaan lahan dan infrastruktur

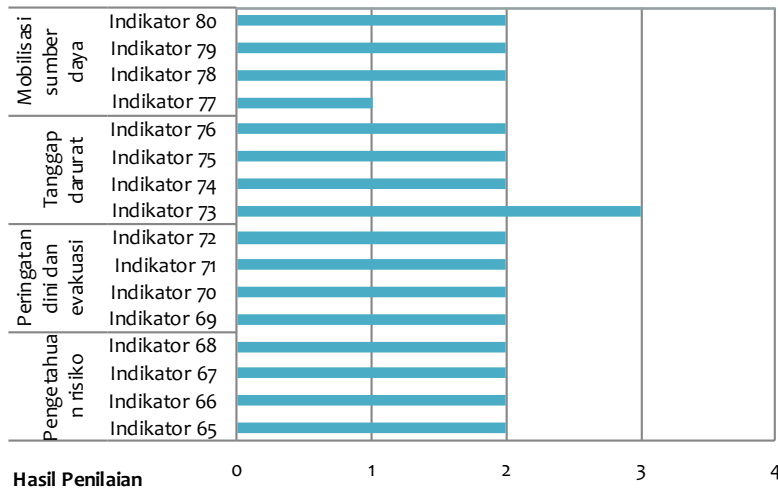


Gambar 4.28 menunjukkan bahwa pendidikan, penelitian dan pelatihan terkait manajemen penggunaan lahan dan infrastruktur belum dilakukan. Namun kebijakan penggunaan lahan dan standar bangunan sebagiannya berjalan efektif. Menurut data BPS (2018), seluruh jalan kota dan desa di Kota Banda Aceh adalah aspal dengan panjang mencapai 707.343 meter. Namun sekitar 80,55% yang berada dalam kondisi baik, sisanya dalam keadaan rusak sedang hingga rusak berat.

Rasio jumlah bangunan yang memiliki IMB di kawasan pesisir juga menunjukkan masih banyaknya bangunan yang ilegal. Di Kutaraja 68,32% (2.718 dari 3.979 bangunan) yang memiliki IMB. Begitu juga di Kecamatan Kuta Alam rasio kepemilikan IMB bangunan 74,70% (8.945 dari 11.975 bangunan), Syiah Kuala 74,26% (7.673 dari 10.333 bangunan), dan Meuraxa 71,04% (5.320 dari 7.448 bangunan).

Kawasan ruang terbuka hijau di Kota Banda Aceh sebesar 637,01 hektar (10,79%). Sebagian besar wilayah Kota Banda Aceh adalah kawasan perumahan (1.915,94 atau 32,45%), perdagangan dan jasa (637,01 atau 10,79%), perkantoran (108,51 atau 1,84%), pariwisata (61,07 atau 1,03%) dan sisanya adalah kawasan peruntukan lainnya.

Parameter 5. Strategi Pengurangan Risiko

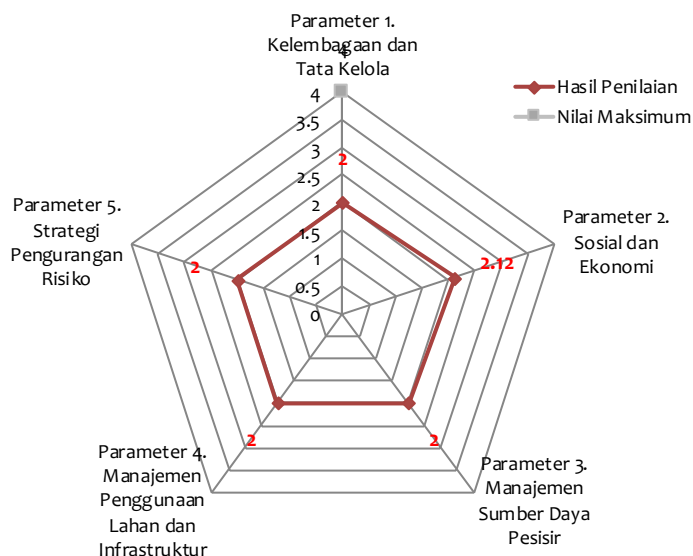


Gambar 4.29 Hasil penilaian indikator pada parameter ke-5 strategi pengurangan risiko

0 : tidak ada informasi
 1 : Belum ada
 2 : Ada tapi belum efektif
 3 : Berjalan efektif
 4 : Berkelanjutan

Untuk parameter strategi pengurangan risiko seperti yang terlihat pada Gambar 4.29, hasil penilaian juga mayoritas menunjukkan beberapa indikator sudah terlaksana namun belum efektif. Hal ini juga diperkuat oleh hasil survei yang menunjukkan aspek pengetahuan tentang risiko, rencana tanggap darurat, peringatan dini dan mobilisasi sumber daya masyarakat berada pada kategori tidak siap, seperti yang telah diuraikan pada Subbab 4.4 Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat Pesisir.

Hasil Penilaian Parameter Ketahanan Kota Banda Aceh



Gambar 4.30 Hasil penilaian parameter ketahanan Kota Banda Aceh.

Hasil penilaian keseluruhan parameter ketahanan Kota Banda Aceh yang ditunjukkan pada Gambar 4.30 berada pada rentang nilai 2 sampai 2,12. Artinya upaya yang dilakukan untuk menghadapi kenaikan muka air laut dan bahaya pesisir lainnya belum berjalan secara efektif. Untuk itu diperlukan upaya yang lebih terencana, sistematis, dan berkelanjutan sehingga dampak dari kenaikan muka air laut dan bahaya pesisir lainnya dapat dikurangi.

4.5 Analisis Strategi dan Rekomendasi

Berdasarkan paparan pada Subbab 4.1 dan 4.2 mengenai ancaman tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim di Kota Banda Aceh, di bawah ini dipaparkan hasil analisis SWOT untuk menentukan strategi dan rekomendasi terbaik untuk upaya penanggulangan bencana tersebut.

4.5.1 Faktor Internal

Berikut adalah matriks analisis SWOT yang meliputi faktor-faktor internal:

Aspek	<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>
Sumber daya manusia	1. Ada berbagai instansi dan organisasi lintas pemangku kepentingan yang bersedia ikut andil. 2. Ada personil yang mempunyai skill pengujian ilmiah dan simulasi komputer. 3. Ada personil yang mampu berkomunikasi dan melakukan negosiasi dengan badan nasional maupun organisasi internasional. 4. Banyak SDM yang memiliki pengalaman kerja di lapangan dan Pendidikan/pelatihan yang terkait dengan kebencanaan.	1. Belum semua individu maupun badan yang (berpotensi) terlibat mempunyai tingkat pemahaman yang sama mengenai dampak kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim terhadap ancaman bencana pesisir. 2. Tingginya dinamika organisasi pemerintahan dalam bentuk mutasi pegawai. 3. Belum ada <i>reward</i> dan sertifikasi khusus bagi personil kebencanaan yang mempunyai keterampilan.
Sumber daya finansial	1. Adanya Dana OTSUS yang dapat digunakan untuk kegiatan pengurangan risiko bencana, misalnya untuk pembangunan infrastruktur kebencanaan. 2. Adanya anggaran internal instansi yang dapat digunakan untuk kegiatan pengurangan risiko bencana, misalnya untuk Sosialisasi Program Desa Tangguh Bencana, Sekolah/Madrasah Aman Bencana, dan lainnya.	1. Penggunaan dana yang tidak tepat sasaran (tidak sesuai dengan prioritas). 2. Pendanaan infrastruktur sebagian besar masih tergantung pada pemerintah pusat. 3. Alokasi dana 1% untuk kebencanaan belum sesuai dengan peraturan yang ada.

Aspek	Strength	Weakness
Sumber daya fisik	1. Adanya revetment sepanjang pantai Kota Banda Aceh. 2. Adanya bangunan pengendali banjir di Kota Banda Aceh. 3. Adanya hutan mangrove di pesisir pantai. 4. Adanya bangunan evakuasi tsunami (escape building). 5. Adanya escape route untuk jalur evakuasi tsunami. 6. Adanya sirine peringatan tsunami di Lampulo, Jeulingke, dan Lambung dan diaktifkan setiap tanggal 26.	1. Sebagian kondisi <i>revetment</i> mengalami penurunan fungsional: elevasi bangunan kurang tinggi saat kondisi gelombang pasang seperti di Pantai Syiah Kuala 2. Sebagian besar pintu air di pinggir pantai dalam keadaan rusak, <i>Floodway</i> Krueng Aceh mengalami sedimentasi, kerusakan pada tanggul anak sungai seperti Krueng Lueng Paga, Krueng Doy, Krueng Neng (sisi hulu) 3. Sebaran escape building di kawasan pesisir Kota Banda Aceh belum merata, pengelolaan <i>escape building</i> belum sesuai dengan fungsionalnya 4. Kapasitas jalan dan pemilihan rute belum maksimal untuk proses evakuasi saat bencana terjadi terutama sisi timur Kota Banda Aceh; Deah Raya-Jeulingke-Tibang
Regulasi/ kebijakan	1. Sudah ada dokumen atau peraturan internal yang mendukung dan mewajibkan adanya upaya pengurangan risiko bencana, seperti Qanun Kota Banda Aceh No. 2 Tahun 2019 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), Rencana Detil Tata Ruang (RDTR), Qanun Kota Banda Aceh No. Tahun 2017 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Kota Banda Aceh, dan Peraturan Walikota tentang <i>Escape Building Community Center Model</i>. 2. Tersedianya asuransi kebencanaan dalam bentuk santunan tunai kepada masyarakat korban bencana, kartu pelaku usaha kelautan dan perikanan (KUSUKA). 3. Sudah adanya dokumen yang mendukung dalam pengurangan risiko bencana seperti Rencana Penanggulangan Bencana (RPB), Rencana Kontijensi untuk Banjir, Gempa, dan Tsunami Kota Banda Aceh.	1. Dokumen atau peraturan yang ada belum mengintegrasikan informasi tentang ancaman bencana pesisir yang diperkuat oleh dampak perubahan iklim. 2. Lemahnya penegakan hukum terhadap pelanggaran tata ruang. 3. Rencana Penanggulangan Bencana (RPB) belum ditetapkan sebagai Peraturan Daerah (Perda) atau Qanun Kota Banda Aceh.
Aspek	Strength	Weakness

Sistem koordinasi	1. Sudah ada berbagai kerja sama yang berjalan antar instansi dan pemangku kepentingan, misalnya adanya struktur Tim Tanggap Darurat Bencana di kantor-kantor pemerintahan termasuk Rumah Sakit.	1. Koordinasi yang ada belum memasukkan ancaman bahaya kenaikan muka air laut
Kondisi geografis		1. Topografi relatif landai maka landaan tsunami dan banjir rob lebih luas 2. Sebagian besar kawasan di Banda Aceh berada di pesisir pantai yang berhadapan langsung dengan laut yang rentan terhadap ancaman tsunami dan banjir rob
Kondisi demografis	1. Kepadatan penduduk di pesisir relatif rendah sehingga memudahkan dalam penataan kawasan. 2. Ada nilai-nilai kearifan lokal yang bermuatan pengurangan risiko bencana. 3. Interaksi dan sikap kebersamaan antar lapisan masyarakat Kota Banda Aceh cenderung masih tinggi.	1. Ada masyarakat dari kelompok rentan seperti lansia, anak-anak, dan penyandang disabilitas namun belum terdata dengan baik dan mendetil.

4.5.2 Faktor Eksternal

Berikut adalah matriks analisis SWOT yang meliputi faktor-faktor eksternal:

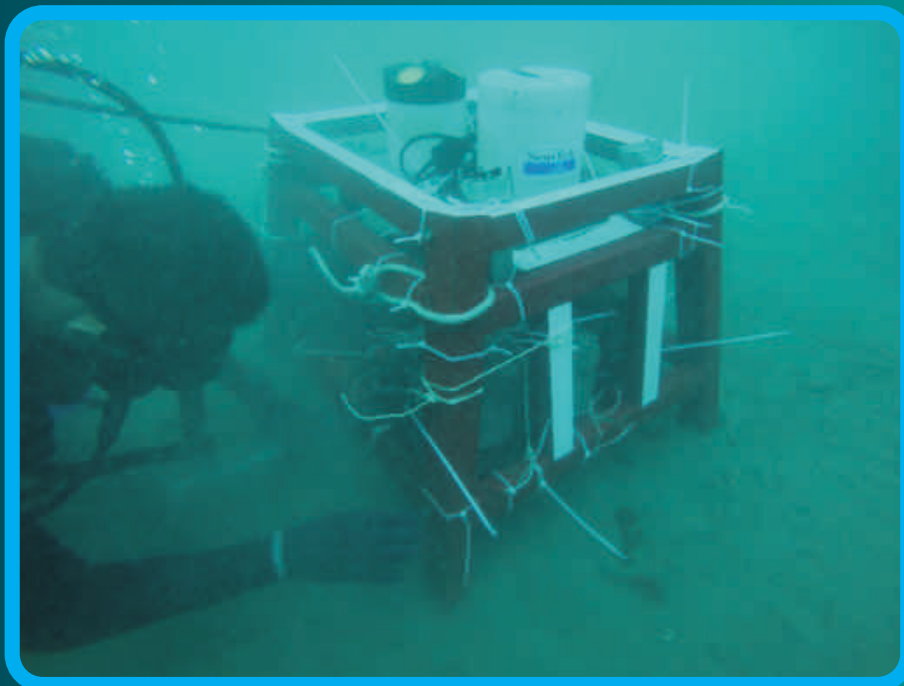
Aspek	<i>Opportunity</i>	<i>Threat</i>
Organisasi/ sumber daya pendukung	1. Ada berbagai badan, organisasi baik di tingkat lokal, seperti Forum PRB Kota Banda Aceh, Natural Aceh, Jaringan Kuala, Forum Relawan, Yayasan Khadam Indonesia, FASTANA TDMRC, PMI Kota Banda Aceh, Pramuka, TAGANA, ACT, Dompok Dhuafa, tingkat nasional BNPB, BAPPENAS, maupun internasional JICA, WWF, dan UN, serta kelompok masyarakat dan individu yang bersedia ikut andil. 2. Seringnya infiltrasi pengetahuan dan kunjungan pegiat kebencanaan internasional ke Kota Banda Aceh dalam diseminasi ilmu kebencanaan terbaru. 3. Institusi pendidikan (Magister Ilmu Kebencanaan Unsyiah) dan lembaga riset khusus kebencanaan (TDMRC Unsyiah) berada di Banda Aceh.	1. Terjadinya tumpang tindih program, tidak berkelanjutan bahkan kemungkinan <i>blank spot</i> jika masing-masing lembaga dan organisasi tidak melakukan koordinasi dan sinergitas program.

Aspek	Opportunity	Threat
Kondisi geografis	1. Luas wilayah yang tidak begitu besar dengan karakteristik geografis yang relatif seragam. 2. Secara administrasi berbatasan dengan Kabupaten Aceh Besar yang memiliki kondisi geografi relatif tinggi sehingga bisa dimanfaatkan sebagai <i>escape hill</i>.	1. Kondisi wilayah pesisir menjadi relatif tidak baik karena kerusakan di kawasan hulu, yang berada di luar wilayah Kota Banda Aceh. 2. Pembangunan / pengembangan wilayah pesisir yang menyebabkan kerusakan atau terganggunya ekosistem hutan mangrove 3. Kerusakan hulu sungai menjadi penyebab banjir sungai di hilir dan semakin berdampak di pesisir Banda Aceh di saat ancaman banjir rob juga terjadi secara bersamaan
Kondisi demografis dan sosial masyarakat	1. Ada nilai-nilai kearifan lokal yang bermuatan pengurangan risiko bencana. 2. Kohesi sosial di kalangan masyarakat masih relatif kuat.	1. Banyak penduduk baru (pendatang) yang belum mengetahui dan memahami dengan baik risiko bencana pesisir. 2. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam pemanfaatan tata ruang sesuai dengan RTRW. 3. Sebagian besar kawasan RTH Kota Banda Aceh masih dimiliki oleh masyarakat. 4. Masih adanya kawasan pesisir yang belum memiliki fasilitas evakuasi saat bencana.

Regulasi/ kebijakan	1. Sudah ada Peraturan Gubernur No. 43 Tahun 2010 tentang Sistem Peringatan Dini Tsunami Aceh. 2. Sudah ada wilayah kawasan lindung yang dikontrol oleh pemerintah, termasuk ruang terbuka hijau seluas 10,8% dari total wilayah. 3. Sudah ada sistem peringatan dini tsunami dan fasilitas evakuasi. 4. Sudah ada sistem pengelolaan sampah yang layak dengan lokasi TPA baru yang jauh dari pesisir. 5. Qanun Pendidikan Kebencanaan sudah dalam proses penyusunan. 6. Dukungan berbagai lembaga non-pemerintah dalam mengadvokasi beberapa regulasi kebencanaan seperti SOP Sekolah/Madrasah Aman Bencana, SOP Penyandang Disabilitas dalam Kebencanaan, SOP Tim Reaksi Cepat berbasis Gender yang akan dituangkan ke dalam Peraturan Walikota. 7. Adanya kebijakan pusat untuk menguji kesiapsiagaan pemerintah dan masyarakat pada hari kesiapsiagaan bencana nasional yang jatuh setiap tanggal 26 April. 8. Adanya Peraturan (reusam) Gampong tentang Pengurangan Risiko Bencana, misalnya di Desa Alue Naga. 9. Ada wacana membangun jalan lingkar luar kota atau Banda Aceh Outer Ring Road (BORR) dari pemerintah 10. Rencana Kontijensi Gempa dan Tsunami Provinsi Aceh dalam proses penyusunan	1. Tingkat kepercayaan masyarakat terhadap fasilitas evakuasi (<i>escape building</i>) masih rendah. 2. Kontrol terhadap pembangunan di wilayah pesisir relatif lemah, sehingga banyak bangunan liar maupun berizin yang dibangun di kawasan pesisir. 3. Secara umum, upaya pengurangan risiko bencana dan pengendalian perubahan iklim masih dilakukan secara terpisah, padahal keduanya saling berhubungan. 4. Kelemahan dalam penegakan regulasi dan kebijakan terutama dalam hal peralihan fungsi ruang terbuka hijau menjadi kawasan pembangunan yang masif.
Situasi politik	1. Secara umum situasi politik tenang dan kondusif untuk melancarkan upaya pengurangan risiko bencana.	1. Belum semua politisi dan birokrat memiliki pemahaman dan perspektif yang tepat mengenai isu perubahan iklim dan pengurangan risiko bencana secara umum

Keuangan/ finansial	1. Adanya partisipasi dunia usaha untuk PRB di Kota Banda Aceh, misalnya kegiatan Hotel Aman Bencana (Hotel Kyriad Muraya), Bank Aman Bencana (BRI, BNI). 2. Dukungan dan komitmen lembaga non-pemerintahan dalam program kebencanaan secara finansial. 3. Adanya PERMENDES No.11 Tahun 2019 tentang Prioritas Penggunaan Dana Desa Tahun 2020 yang mengizinkan alokasinya untuk kegiatan pengurangan risiko bencana. 4. Tersedianya fasilitas moda diseminasi aplikasi <i>mobile</i> WRS BMKG Generasi 4.0 kebencanaan secara <i>real-time</i> dari pusat ke daerah.	1. Pengalokasian dukungan finansial dan program yang tidak terkoordinir membuat kegiatan tumpang tindih dan berulang (sumber daya finansial mubazir).
---------------------------------------	--	---

Rekomendasi strategi penanggulangan bencana tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim di Kota Banda Aceh yang dihasilkan dari analisis *Strength*, *Weakness*, *Opportunity*, dan *Threat* (SWOT) di atas dipaparkan pada Bab V.



Pengukuran hidro-oseanografi (seperti arus dan angkutan sedimen) dan pemutakhiran data batimetri (kedalaman laut) dilakukan untuk mendukung data pada pemodelan numerik proyeksi banjir rob di Kota Banda Aceh.

BAB 5 REKOMENDASI

Hasil kajian pada bab sebelumnya menunjukkan beberapa varian permasalahan yang rentan dihadapi oleh Kota Banda Aceh dengan difokuskan perhatian pada kebencanaan di pesisir pantai akibat dampak perubahan iklim. Ringkasnya, ancaman bencana pesisir yang diperparah oleh kenaikan muka air laut ini dikategorikan dalam dua aspek ditinjau dari strategi penanganannya, yaitu aspek rekayasa (*engineering*) dan sosial (*social*). Pemetaan hasil kajian dari aspek rekayasa adalah 1) Adanya peningkatan luasan genangan tsunami mencapai 28% akibat diperparah oleh kenaikan muka air laut; 2) Diprediksi tingginya minat masyarakat kembali ke pesisir (pasca-bencana 2004) sehingga adanya peningkatan populasi di pesisir pantai; dan 3) Akibat perubahan iklim diprediksi capaian genangan banjir rob seluas 8,61% dari total wilayah Kota Banda Aceh. Ditinjau dari aspek sosial, hasil kajian menunjukkan bahwa 1) Minimnya pengetahuan masyarakat pesisir terhadap ancaman bencana di sekitarnya, yaitu mencapai 54,02% masyarakat berada dalam kategori “tidak siap” dalam menghadapi bahaya pesisir; dan 2) Tingkat ketahanan Kota Banda Aceh berada dalam kategori belum berjalan secara efektif, yaitu nilainya berada dalam rentang 2,00-2,12.

Berdasarkan hasil kajian tersebut maka dirumuskan rekomendasi penanganan yang terdiri dari strategi penanganan, rencana aksi, dan tujuan. Rekomendasi ini juga dilengkapi dengan rincian kegiatannya mulai dari kawasan yang ditindaklanjuti, waktu penanganan, *stake holder* yang berperan, dan juga sumber alokasi pendanaannya. Rincian dari rekomendasi-rekomendasi penanganan tersebut ditabulasikan dalam tabel berikut di mana merupakan rekomendasi yang telah dirumuskan sebagai Strategi Mitigasi Bencana Tsunami dan Banjir Rob yang Diperparah oleh Kenaikan Muka Air Laut akibat Perubahan Iklim di Kota Banda Aceh.

No	Hasil Kajian	Strategi	Rencana Aksi	Tujuan	Nama Kegiatan	Stakeholder yang Terlibat	Lokasi	Waktu	Sumber Pendanaan	Deskripsi Kegiatan
1	Luasan genangan tsunami diprediksi akan bertambah 28% akibat kenaikan muka air laut	Penanggulangan dampak terhadap genangan tsunami yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim	Pembangunan tanggul laut	Sebagai struktur dwifungsi (co-benefit structure) untuk mereduksi dampak tsunami	Pembangunan BORR dengan penambahan elevasi	Kementerian PUPR, Dinas PUPR, Bappeda Kota	Kecamatan Meuraxa, Kutaraja, Kuta Alam, Syiah Kuala	2020-2024	APBN, APBA, APBK	Review design, AMDAL, penyediaan lahan, konstruksi
			Penanaman hutan pantai	Sebagai alternatif mitigasi tsunami non-struktural (soft-structure)	Rehabilitasi hutan pantai	DKP, DLHK3, DP2KP, Dispar, LSM, lembaga donor	Kecamatan Meuraxa, Kutaraja, Kuta Alam, Syiah Kuala	2020-2024	APBN, APBA, APBK	Penyediaan lahan, penanaman mangrove, pemeliharaan mangrove
2	Peningkatan populasi masyarakat di pesisir pantai	Penyediaan sarana dan prasarana evakuasi	Pembangunan escape building	Sebagai sarana dan prasarana evakuasi bagi masyarakat pesisir	Pengadaan dan peningkatan fungsional escape building	Kementerian PUPR, Dinas PUPR, Bappeda Kota, BNPB, BPBA, BPBD, lembaga donor, dunia usaha	Kecamatan Meuraxa, Kutaraja, Kuta Alam, Syiah Kuala	2020-2024	APBN, APBA, APBK	Perencanaan (DED), review design, penyediaan lahan, konstruksi
			Pembangunan escape route		Pelebaran dan peningkatan jalan					
			Pembangunan escape hill		Pembangunan escape hill					

No	Hasil Kajian	Strategi	Rencana Aksi	Tujuan	Nama Kegiatan	Stakeholder yang Terlibat	Lokasi	Waktu	Sumber Pendanaan	Deskripsi Kegiatan
3	Banjir rob diprediksi menggenangi 8,61% dari total wilayah Kota Banda Aceh	Penanggulangan dampak genangan banjir rob	Pembinaan jaringan drainase	Mengurangi dampak luas genangan banjir rob	Peningkatan fungsi jaringan drainase	Kementerian PUPR, Dinas PUPR, Dinas Perkim Aceh	Kota Banda Aceh	2020-2024	APBN, APBA, APBK	Review design masterplan drainase, pembangunan/rehabilitasi drainase dan pintu air
			Peningkatan fasilitas pelindung pantai		Peningkatan fungsi pelindung pantai					Review design tanggul laut, peninggian elevasi tanggul laut
			Pengamanan sumber air baku		Melindungi air baku dari intrusi air laut	Kementerian PUPR, Dinas PUPR	Lambaro, Kabupaten Aceh Besar	2020-2024	APBN	Review design dan rehabilitasi Bendung Karat Kr. Aceh
4	54,02% masyarakat berada dalam kategori "tidak siap" dalam menghadapi bahaya pesisir	Meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat terhadap tsunami dan banjir rob yang disebabkan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim	Mengintegrasikan informasi mengenai bahaya pesisir yang disebabkan kenaikan muka air laut ke dalam Program SMAB, DESTANA, PROKLIM serta dokumen atau SOP yang telah ada.	Sosialisasi, Pelatihan dan Simulasi tentang bahaya pesisir yang disebabkan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim	Meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bahaya pesisir (70% dalam kategori "siap")	BPBD, LSM, Universitas, DLH3, Disdik, Perangkat Desa, Kemenag, OKP, Forum PRB Kota, Kelompok Masyarakat	Siswa sekolah dan masyarakat di wilayah Kota Banda Aceh	Peringatan Tsunami, tiap 26 Desember	APBD, APBN, LSM, Dana Campong, Dunia Usaha, Swadaya, dan lainnya	Diseminasi hasil kajian kepada stakeholder terkait tentang Strategi Mitigasi Bencana Tsunami dan Banjir Rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut
				Revisi dokumen atau SOP terkait kebencanaan				*dilaksanakan oleh lembaga pemerintah		Menginterasikan informasi mengenai kenaikan muka air laut ke dalam dokumen atau SOP yang telah ada

No	Hasil Kajian	Strategi	Rencana Aksi	Tujuan	Nama Kegiatan	Stakeholder yang Terlibat	Lokasi	Waktu	Sumber Pendanaan	Deskripsi Kegiatan
5	Penilaian kajian ketahanan kota Banda Aceh berdasarkan nilai 2-2,12 (belum berjalan secara efektif)	Mengintegrasikan kebijakan, data, sumber daya dan program terkait bahaya pesisir yang diakibatkan kenaikan muka air laut untuk meningkatkan ketahanan kota	Mengidentifikasi, menginventarisasi dan mengkoordinasikan kebijakan, data, sumber daya dan program	Identifikasi permasalahan, hambatan serta peran masing-masing stakeholder untuk meningkatkan ketahanan kota dalam menghadapi tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim	Meningkatkan ketahanan kota	Seluruh SKPD di Kota Banda Aceh dan instansi terkait	Seluruh SKPD di Kota Banda Aceh dan instansi terkait	Sebulan sekali atau saat diperlukan (tentatif)	APBK	Rapat koordinasi untuk membahas permasalahan, hambatan serta peran masing-masing stakeholder untuk meningkatkan ketahanan kota dalam menghadapi tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim



Sejumlah pertemuan dilaksanakan sebagai bagian dari konsultasi, diskusi, dan perumusan dokumen ini. Pertemuan juga dilaksanakan antara tim penyusun dengan Bapak Walikota Banda Aceh, Bapak Aminullah Usman, S.E., Ak., M.M.

BAB 6 PENUTUP

Berdasarkan beberapa skema kajian yang telah dilaksanakan, berikut diringkas beberapa hal terkait dengan hasil kajian dan perumusan strategi yang dapat dilakukan untuk Kota Banda Aceh dalam menghadapi bencana tsunami dan banjir rob yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim.

1. Luasan genangan tsunami diprediksi akan bertambah 28% dari cakupan rendaman saat Tsunami 2004 akibat kenaikan muka air laut. Strategi yang dirumuskan berupa penanggulangan dampak terhadap genangan tsunami yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim, yaitu dengan pembangunan tanggul laut sebagai struktur dwifungsi (*co-benefit structure*) untuk mereduksi dampak tsunami dan penanaman hutan pantai untuk alternatif mitigasi tsunami non-struktural (*soft-structure*).
2. Pengembangan wilayah dan peningkatan populasi masyarakat di pesisir pantai. Rumusan strateginya berupa penyediaan dan peningkatan sarana dan prasarana evakuasi dengan pembangunan *escape building*, *escape route*, dan *escape hill*.
3. Banjir rob diprediksi menggenangi 8.61% dari total wilayah Kota Banda Aceh. Rumusan strateginya berupa penanggulangan dampak genangan banjir rob dengan pembenahan jaringan drainase, peningkatan fasilitas pelindung pantai, dan pengamanan sumber air baku.
4. Sebesar 54,02% masyarakat berada dalam kategori “tidak siap” dalam menghadapi bahaya pesisir. Rumusan strateginya berupa peningkatan pengetahuan dan kesadaran masyarakat terhadap tsunami dan banjir rob yang disebabkan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim serta mengintegrasikan informasi mengenai bahaya pesisir yang disebabkan kenaikan muka air laut ke dalam Program SMAB, DESTANA, PROKLIM serta dokumen atau SOP yang telah ada.
5. Penilaian kajian ketahanan kota Banda Aceh berdasarkan nilai 2,00-2,12 (belum berjalan secara efektif). Rumusan strateginya berupa mengintegrasikan kebijakan, data, sumber daya dan program terkait bahaya pesisir yang diakibatkan kenaikan muka air laut untuk meningkatkan ketahanan kota serta melakukan identifikasi, inventarisasi, dan koordinasi kebijakan, data, sumber daya dan program.

DAFTAR PUSTAKA

Aida, I., 1978. Reliability of a tsunami source model derived from fault parameters. *Journal of Physics of the Earth* 26, 57-73.

Al'ala, M., Syamsidik and Kato, S., 2017, October. Predicting impact of SLR on coastal flooding in Banda Aceh coastal defences. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1892, No. 1, p. 100004). AIP Publishing.

Al'ala, M. dan Syamsidik, 2019. Coastal flooding impacts induced sea level rise on Banda Aceh coastal morphology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 273, DOI: 10.1088/1755-1315/273/1/012007.

Akram, M. N., 2017. Simulasi Numerik Dinamika Gelombang Tsunami pada Struktur Bangunan Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Lampulo. Tugas Akhir. Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.

Alexander, D. E., 2013. Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2707–2716, <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2707-2013>.

Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Banda Aceh, 2018. Kota Banda Aceh Dalam Angka, ISSN : 2477-6696. BPS Kota Banda Aceh.

Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Aceh, 2018. Aceh Dalam Angka. BPS Provinsi Aceh.

Bappeda Kota Banda Aceh, 2019. <https://bappeda.bandaacehkota.go.id/> (diakses 20 Maret 2019)

Bevacqua, A., D. Yu and Y. Zhang, 2018. Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places. *Environmental Science & Policy*, 82:19-29. doi:10.1016/j.envsci.2018.01.006.

Borrero, Jose C., 2005. Field Data and Satellite Imagery of Tsunami Effects in Banda Aceh, *Science*, Vol. 308, Issue 5728, pp. 1596, doi: 10.1126/science.1110957.

Fielding, N. G. (2012). Triangulation and mixed methods designs: Data integration with new research technologies. *Journal of mixed methods research*, 6(2), 124-136.

Ghobarah A, Saatcioglu M, Nistor I., 2006. The impact of the 26 December 2004 earthquake and tsunami on structures and infrastructure. *Eng Struct* 28:312–326. doi:10.1016/j.engstruct.2005.09.028.

Lavigne F, Paris R, Grancher D, dkk., 2009. Reconstruction of tsunami inland propagation on December 26, 2004 in Banda Aceh, Indonesia, through field investigations. *Pure Appl Geophys* 166:259–281. doi:10.1007/s00024-008-0431-8

Levy, B. S., and J. A. Patz, 2015. Climate change, human rights, and social justice. *Annals of global health*, 81 (3):310-322. doi:10.1016/j.aogh.2015.08.008.

Li, L., Qiu, Q., and Huang, Z., 2012. Numerical modeling of the morphological change in Lhok Nga, west Banda Aceh, during the 2004 Indian Ocean tsunami: understanding

tsunami deposits using a forward modeling method *Nat Hazards* 64, 1549-1574.

Koshimura, S., Oie T., Yanagisawa, H., and Imamura, F., 2009. Developing fragility functions for tsunami damage estimation using numerical model and post-tsunami data from Banda Aceh, Indonesia. *Coastal Engineering Journal* 51(3), 243-273.

Maghfirah, A., 2018. Identifikasi intrusi air laut pada air tanah di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala. Skripsi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh.

Marvita, Y., 2015. Identifikasi penyebaran intrusi air laut menggunakan metode resistivitas 2D pada daerah Jeulingke Banda Aceh. Tugas Akhir. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

McMichael, A. J., 2014. Earth as humans' habitat: global climate change and the health of populations, *International journal of health policy and management*, 2(1): 9. doi:10.15171/ijhpm.2014.03.

Mimura, N., 2013. Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, 89(7): 281-301. doi:10.2183/pjab.89.281.

Nateghi, R., Bricker, J. D., Guikema, S. D., and Bessho, A., 2016. Statistical Analysis of the Effectiveness of Seawalls and Coastal Forests in Mitigation Tsunami Impacts in Iwate and Miyagi Prefectures, *PLOS ONE*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158375>.

Neumann, B., A. T. Vafeidis, J. Zimmermann, and R. J. Nicholls, 2015. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding-a global assessment. *PloS one*, 10 (3): e0118571. doi:10.1371/journal.pone.0118571.

NOAA, 2018. Global Historical Tsunami Database, National Geophysical Data Center /World Data Service (NGDC/WDS), National Geophysical Data Center, NOAA, doi:10.7289/V5PN93H7 https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml (accessed Mar. 11, 2018).

UNESCO, 2012. Coastal Management Approaches for Sea-level Related Hazards: Case Studies and Good Practices. (Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) Manuals and Guides, 61) 46 pp. (IOC/2012/MG/61Rev).

Parsons, N., 2018. *What Is a SWOT Analysis, and How to Do It Right (With Examples)*, <https://www.liveplan.com/blog/what-is-a-swot-analysis-and-how-to-do-it-right-with-examples/> (diakses pada 14 Juli 2019).

Plodinec, M. John, 2009. *Definitions of Resilience: An Analysis*, Community and Regional Resilience Institute.

Qanun Kota Banda Aceh, 2018. Peraturan Pemerintah Kota Banda Aceh Nomor 2 tahun 2018 tentang Perubahan atas Qanun Kota Banda Aceh Nomor 4 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banda Aceh Tahun 2009- 2029. Pemerintah Kota Banda Aceh.

Rubin, C. M., Horton, B. P., Sieh, K., Pilarczyk, J. E., Daly, P., Ismail, N., dan Parnell, A. C., 2017. Highly variable recurrence of tsunamis in the 7,400 years before the 2004 Indian Ocean tsunami, *Nat. Commun.*, 8, 16019, <https://doi.org/10.1038/ncomms16019>.

Rose, Adam, 2007. Economic Resilience to Natural and Man-made Disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions, *Environmental Hazards*, Volume 7, Issue 4, Pp. 383-398, ISSN 1747-7891, <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.10.001>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747789107000555>)

Shibayama, T. dkk., 2005. The December 26, 2004 Sumatra Earthquake Tsunami, Tsunami Field Survey in Banda Aceh of Indonesia. [Online] Available at: http://www.cvg.ynu.ac.jp/G2/indonesia_survey_ynu_e.html [diakses pada 25 November 2015].

Syamsidik, Oktari, R. S., Munadi, K., Arief, S., & Fajri, I. Z., 2017. Changes in coastal land use and the reasons for selecting places to live in Banda Aceh 10 years after the 2004 Indian Ocean tsunami. *Natural Hazards*, 88(3), 1503-1521.

Syamsidik, Tursina, Suppasri, Al'ala, Luthfi, M, and Comfort, L.K., 2019. Assessing the tsunami mitigation effectiveness of the planned Banda Aceh Outer Ring Road (BORR), Indonesia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 1-14. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-1-2019>.

Syamsidik, Rasyif, T.M., dan Kato, S., 2015. Development of accurate tsunami estimated times of arrival for tsunami-prone cities in Aceh, Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14(4), 403-410.

Tagaki, H, Esteban, M, Mikami, and Fujii, D., 2016. Projection on Coastal Floods in 2050 Jakarta. *J. of Urban Climate* <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2016.05.003>.

Third National Communication (TNC). Under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2017. Ministry of Environment and Forestry, Republic of Indonesia.

Tsuji, Y. dkk., 2006. Damage and Height Distribution of Sumatra Earthquake-Tsunami of December 26, 2004, in Banda Aceh City and Its Environs: Survey Report. *Journal of Disaster Research* Vol. 1 No. 1, 2006.

Tursina, Syamsidik and Kato, S., 2017. Projections of Tsunami Inundation Area Coupled with Impacts of Sea Level Rise in Banda Aceh, Indonesia. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1892, No. 1, p. 100003). AIP Publishing.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, 2015.

United Nations General Assembly (2015). The Sustainable Development Goals (SDGs). "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development".

LAMPIRAN

Tabel A.1 Indikator untuk tiap variabel pada parameter di dalam instrumen kajian ketahanan kota (1)

Parameter 1. Kelembagaan dan Tata Kelola			
Variabel		Indikator	
1	Kebijakan, perencanaan dan program	1	Adanya kebijakan untuk perlindungan wilayah pesisir
		2	Adanya dokumen perencanaan untuk perlindungan wilayah pesisir
		3	Adanya kebijakan untuk mengendalikan pemekaran kota yang tidak teratur
		4	Adanya pengintegrasian perubahan iklim dan manajemen risiko bencana ke dalam kebijakan pembangunan
2	Layanan dasar	5	Tersedianya akses listrik bagi setiap rumah tangga
		6	Tersedianya akses air bersih (PDAM) bagi setiap rumah tangga
		7	Tersedianya akses fasilitas sanitasi dan limbah padat bagi setiap rumah tangga
		8	Tersedianya armada transportasi angkutan umum
3	Mekanisme kerja sama partisipatif	9	Adanya forum/pokja untuk melakukan program-program peningkatan ketahanan wilayah pesisir
		10	Adanya kerjasama dengan berbagai <i>stakeholder</i> termasuk LSM, pihak swasta, akademisi, dll
		11	Program pengelolaan sumber daya pesisir telah memasukkan isu-isu pengurangan risiko
		12	Program pengembangan sosial ekonomi telah memasukkan isu-isu pengurangan risiko
4	Dukungan teknis dan keuangan	13	Adanya alokasi anggaran rutin maupun bantuan untuk mendukung kegiatan yang dapat mengurangi risiko kerusakan yang diakibatkan oleh bahaya pesisir
		14	Pemimpin masyarakat (kepala desa/lurah) memiliki sumber daya dan peralatan untuk membangun ketahanan masyarakat dalam kegiatan sehari-hari
		15	Anggaran di desa/kelurahan telah memasukkan prioritas untuk mengelola, meningkatkan dan mitigasi sarana dan prasarana penting
		16	Pemerintah Kota telah mengidentifikasi alternatif untuk menambah anggaran desa/kelurahan tersebut

Tabel A.2 Indikator untuk tiap variabel pada parameter di dalam instrumen kajian ketahanan kota (2)

Parameter 2. Sosial dan Ekonomi			
Variabel		Indikator	
5	Modal sosial dan keterampilan	17	Adanya upaya pengembangan ekonomi untuk mengurangi kerentanan masyarakat
		18	Adanya program untuk melatih/memberikan ketrampilan kepada masyarakat untuk alternatif mata pencaharian
		19	Tersedianya jaringan pengaman sosial untuk membantu sektor masyarakat yang rentan
		20	Masyarakat memiliki cara untuk beradaptasi untuk memulihkan penghidupan ekonomi kembali setelah bencana
6	Mata pencaharian	21	Presentase penduduk yang bekerja pada sektor pertanian memadai
		22	Presentase penduduk yang bekerja pada sektor perikanan memadai
		23	Presentase penduduk yang bekerja pada sektor perdagangan memadai
		24	Adanya strategi yang telah ditetapkan untuk mengatasi pemulihan ekonomi akibat bencana
7	Jaringan sosial dan budaya	25	Adanya jaringan sosial dan budaya yang melibatkan kelompok masyarakat, budaya, swasta, dan lembaga non-pemerintah lainnya, yang mendukung kegiatan peningkatan ketahanan masyarakat
		26	Adanya jaringan sosial atau kelompok masyarakat yang dapat membantu saat dan pasca bencana
		27	Adanya mekanisme penyelesaian masalah untuk mewujudkan masyarakat yang tertib dan damai
		28	Adanya mekanisme yang digunakan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam perencanaan pembangunan
8	Stabilitas ekonomi	29	Ada sumber daya teknis yang memberikan bantuan kepada masyarakat dalam diversifikasi mata pencaharian yang ramah lingkungan (seperti dari universitas, program pemerintah, proyek donor, dll)
		30	Tersedianya bantuan hibah, bantuan teknis atau pinjaman untuk mengembangkan alternatif usaha
		31	Pengembangan/pembiayaan usaha mikro telah dilakukan untuk memberikan alternatif mata pencaharian yang berkelanjutan
		32	Tersedianya layanan asuransi jika terjadi kerugian produksi usaha pada saat bencana terjadi

Tabel A.3 Indikator untuk tiap variabel pada parameter di dalam instrumen kajian ketahanan kota (3)

Parameter 3. Manajemen Sumber Daya Pesisir			
Variabel		Indikator	
9	Implementasi dan pemantauan sumber daya pesisir	33	Adanya mekanisme untuk mengkaji sumber daya dan bahaya pesisir secara rutin
		34	Hasil kajian digunakan untuk mengidentifikasi risiko di masyarakat dan menjadi masukan untuk merencanakan pengelolaan sumber daya pesisir
		35	Adanya mekanisme umpan balik untuk mengupdate rencana pengelolaan sumberdaya pesisir
		36	Adanya forum yang berbasis masyarakat yang terlibat dalam penyelesaian masalah di wilayah pesisir
10	Perlindungan habitat, ekosistem dan fitur alam yang sensitif	37	Adanya kawasan tutupan hutan lindung/kawasan resapan air
		38	Adanya kawasan tutupan hutan <i>mangrove</i>
		39	Adanya kawasan tutupan terumbu karang
		40	Adanya peraturan yang mengatur tentang pemanfaatan sumber daya alam berdasarkan prioritas konservasi dan pengurangan risiko
11	Pelibatan masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan dan pemantauan	41	Adanya prosedur untuk meninjau rencana yang disusun berdasarkan isu-isu di wilayah pesisir dan umpan balik dari masyarakat
		42	Masyarakat secara aktif terlibat dalam perencanaan program perlindungan wilayah pesisir
		43	Masyarakat secara aktif terlibat dalam pelaksanaan program perlindungan wilayah pesisir
		44	Masyarakat secara aktif terlibat dalam pemantauan program perlindungan wilayah pesisir
12	Investasi dalam manajemen dan konservasi	45	Pemerintah telah melakukan manajemen sumber daya alam, seperti hutan, sungai, pantai dll, untuk mengurangi risiko
		46	Adanya aktivitas rehabilitasi dan konservasi ekosistem pesisir (<i>Mangrove</i> /terumbu karang, dll)
		47	Adanya kelompok pengelolaan ekosistem pesisir (terumbu karang/ <i>mangrove</i> , dll)
		48	Adanya kegiatan pemantauan kondisi ekosistem pesisir

Tabel A.4 Indikator untuk tiap variabel pada parameter di dalam instrumen kajian ketahanan kota (4)

Parameter 4. Manajemen Penggunaan Lahan dan Infrastruktur			
Variabel		Indikator	
13	Kebijakan penggunaan lahan dan standar bangunan	49	Presentase jalan ke desa yang beraspal/beton memadai
		50	Adanya upaya untuk mencegah pencemaran di wilayah pesisir
		51	Kondisi bangunan pemukiman penduduk (permanen/semi-permanen)
		52	Adanya upaya untuk mengurangi presentase rumah penduduk yang melintang dengan garis pantai
14	Keberadaan infrastruktur penting	53	Luas kawasan terbangun proporsional
		54	Fasilitas umum berada di luar area berisiko (sekolah, rumah ibadah, kantor pemerintah, fasilitas kesehatan)
		55	Penentuan tapak dan desain untuk perumahan, rumah sakit dan infrastruktur penting lainnya didasarkan pada rencana tata guna lahan dan kajian risiko bahaya pesisir
		56	Struktur rekayasa pantai telah dirancang untuk mengurangi kerentanan dan meminimalkan dampak terhadap habitat pesisir
15	Pengaruh-utamaan pengurangan risiko ke lokasi dan desain struktur	57	<i>Developer</i> dan arsitek memiliki pemahaman dan mampu menerapkan standar bangunan yang mengintegrasikan pengurangan risiko
		58	Perancang/ahli struktural memiliki pemahaman dan kemampuan untuk merancang dan membangun infrastruktur yang aman
		59	Standar bangunan di daerah bahaya telah diadopsi dengan menyesuaikan lokasi, desain dan infrastruktur bangunan
		60	Program sosialisasi tentang praktik dan desain bangunan yang mengintegrasikan pengurangan risiko telah menjangkau masyarakat
16	Pendidikan, penelitian, dan pelatihan	61	Adanya pelatihan/penyuluhan dan penyebaran informasi kepada masyarakat tentang penggunaan lahan dan standar bangunan
		62	Adanya pelatihan untuk para <i>developer</i> , arsitek dan kontraktor
		63	Adanya program sertifikasi tentang mitigasi bahaya bagi arsitek dan kontraktor
		64	Perguruan tinggi/lembaga pelatihan telah memasukkan kurikulum tentang kebijakan penggunaan lahan, standar bangunan, dan mitigasi bahaya

Tabel A.5 Indikator untuk tiap variabel pada parameter di dalam instrumen kajian ketahanan kota (5)

Parameter 5. Strategi Pengurangan Risiko			
Variabel		Indikator	
17	Pengetahuan risiko	65	Adanya pemetaan dan analisis ancaman, kerentanan, dan kapasitas untuk melihat risiko
		66	Akses masyarakat terhadap informasi dari hasil analisis ancaman, kerentanan, kapasitas dan risiko
		67	Adanya pembangunan fisik (mitigasi) untuk mengurangi risiko bencana di wilayah pesisir
		68	Pengetahuan masyarakat terhadap risiko
18	Peringatan dini dan evakuasi	69	Teredianya sistem peringatan dini untuk memberikan waktu penyelamatan diri dan aset bagi masyarakat
		70	Adanya sarana informasi bencana
		71	Adanya peta dan jalur evakuasi, dan menyediakan tempat evakuasi khusus untuk tempat pengungsian
		72	Akses masyarakat terhadap informasi peringatan dini dan strategi evakuasi
19	Tanggap darurat	73	Ketersediaan jalur evakuasi bencana
		74	Ketersediaan shelter penampungan
		75	Ketersediaan sistem dan mekanisme distribusi sumberdaya/bantuan kepada masyarakat pasca bencana
		76	Rencana Tanggap Darurat masyarakat
20	Mobilisasi sumber daya	77	Adanya perlindungan aset-aset produktif utama masyarakat dari dampak bencana
		78	Adanya peningkatan kapasitas aparatnya untuk melaksanakan/mengikuti pelatihan dan menyediakan perlengkapan dan peralatan, sarana dan pra-sarana, logistik, dan personil
		79	Adanya cadangan strategis (rencana kontinjensi) dalam menghadapi bencana
		80	Kapasitas mobilisasi sumber daya masyarakat



PEMERINTAH KOTA BANDA ACEH

Didukung oleh:



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



ISBN 978-623-92436-1-6

