

STRATEGI PENGELOLAAN WILAYAH PESISIR KABUPATEN SARMI DALAM UPAYA MITIGASI TSUNAMI

COASTAL MANAGEMENT STRATEGIES FOR TSUNAMI MITIGATION IN SARMI REGENCY

Danang Pamuji^{1*}, Prihananto Setiadji², dan Enos Karapa³

^{1,2,3} Prodi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Cenderawasih, Kota Jayapura, Indonesia

*e-mail : dpamuji16@gmail.com

ABSTRAK

Distrik Sarmi merupakan ibukota Kabupaten Sarmi yang mempunyai tatanan tektonik cukup kompleks. Letak geografis yang berada dekat dengan zona subduksi utara Papua di Samudera Pasifik membuat Distrik Sarmi terindikasi ancaman tinggi bencana tsunami. Kepadatan penduduk serta aktivitas perekonomian di Distrik Sarmi akan menambah tingkat kerentanan jika suatu saat terjadi bencana tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan bahaya tsunami dan menentukan strategi pengelolaan pesisir untuk mitigasi tsunami di Distrik Sarmi dengan menggunakan metode AHP. Perangkat lunak COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model) digunakan untuk melakukan pemodelan tsunami dengan sumber data sekunder dari historis kejadian gempa bumi dan tsunami di Papua. Dengan skenario sumber gempa bumi kekuatan maksimal M8,7, COMCOT memodelkan waktu tiba gelombang tsunami di pesisir antara 5 – 20 menit dan jarak landaan dapat mencapai maksimum 3 Km ke daratan. Dari hasil peta bahaya tsunami di Distrik Sarmi, 4 kampung/kelurahan berpotensi terkena landaan gelombang tsunami dengan *run up* sampai dengan 6 meter dan strategi pengelolaan pesisir dalam mitigasi tsunami di Distrik Sarmi harus berwawasan lingkungan dengan alternatif strategi berupa penanaman hutan mangrove.

Kata kunci : COMCOT, Peta Bahaya, Run up, Tingkat Kerentanan

ABSTRACT

Sarmi District serves as the capital of Sarmi Regency, which exhibits a rather intricate tectonic arrangement. Its proximity to the northern subduction zone of Papua in the Pacific Ocean implies a high susceptibility to tsunami disasters in Sarmi District. The density of population and economic activities in the district contribute to an increased vulnerability level in the event of a tsunami. This study aims to identify the vulnerability level to tsunami hazards and propose strategies for tsunami mitigation in Sarmi District using AHP method. The COMCOT software (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model) is utilized to simulate tsunamis, employing secondary data sources from historical earthquakes and tsunamis that have occurred in Papua. Assuming a maximum earthquake source scenario of M8.7, COMCOT models the arrival time of tsunami waves on the coast between 5 to 20 minutes, with the maximum run-up distance reaching up to 3 Km inland. The results of the tsunami hazard map in Sarmi District indicate that four villages are at risk of being affected by tsunami waves with a run-up of up to 6 meters. Meanwhile, coastal management for tsunami mitigation in Sarmi District should adopt an environmental perspective, incorporating alternative strategies such as mangrove reforestation.

Keywords: COMCOT, Hazard Map, Run up, Vulnerability Level

I. PENDAHULUAN

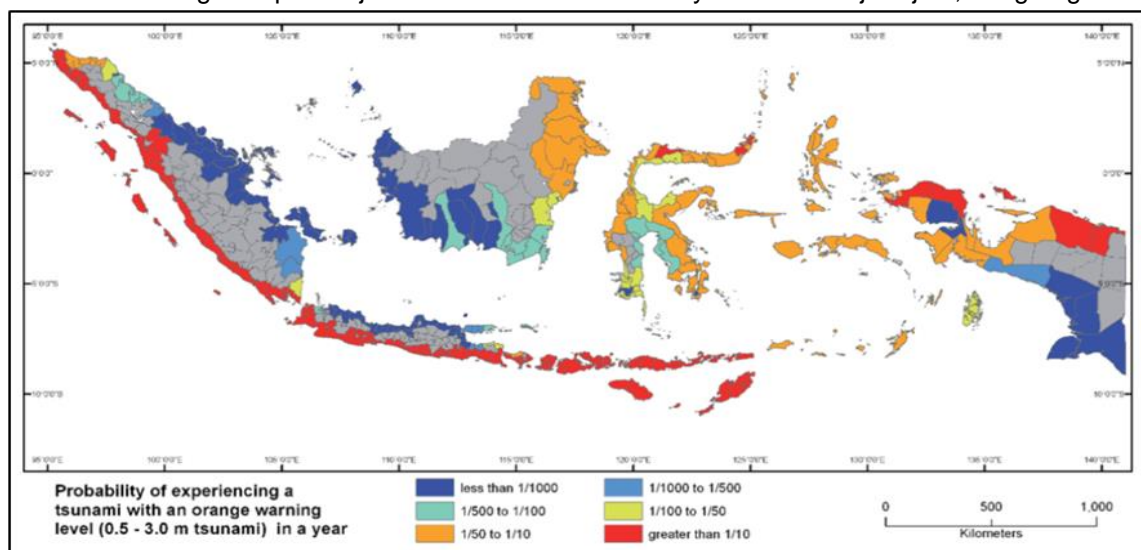
Kabupaten Sarmi merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Papua dengan potensi ancaman bencana gempa bumi yang tinggi karena berhadapan langsung dengan Samudra Pasifik di sebelah utara yang merupakan batas pertemuan lempeng Samudera Pasifik dan Indo- Australia serta terdapat banyak patahan lokal yang sewaktu-waktu dapat memicu terjadinya gempa bumi. Ancaman bencana gempa dapat disertai dengan ancaman bencana ikutan (*collateral hazard*) lainnya yaitu bencana tsunami. Penyebab kejadian gempa bumi di Kabupaten Sarmi didominasi oleh Zona Sesar Mamberamo yang terletak di ujung timur Pulau Yapen ke arah timur hingga Sungai Mamberamo kemudian berbelok ke arah tenggara melewati lembah Sungai Apauwar hingga sebelah selatan Kota Sarmi (Pusgen, 2017).

Kondisi topografi Kabupaten Sarmi terdiri dari dataran yang didominasi oleh daerah-daerah yang landai sampai perbukitan sedang. Wilayah dataran rendah yang terdapat di sepanjang pantai merupakan tempat pemukiman penduduk dan pusat perekonomian masyarakat di Kabupaten Sarmi. Hal ini meningkatkan potensi terpapar ancaman bahaya gempa bumi dan tsunami. Dataran rendah sampai perbukitan sedang juga rentan terhadap bencana gempa bumi sementara dataran rendah juga sangat rentan terhadap bencana tsunami. Dengan kondisi demikian, potensi bencana yang dapat terjadi di Kabupaten Sarmi sangat tinggi dan dapat terjadi kapan saja.

Pusat perekonomian serta aktivitas masyarakat yang sebagian besar berada di kawasan pesisir menyebabkan perlunya pelatihan serta pemberian pemahaman seluruh aspek pada masyarakat dalam mengantisipasi kejadian

bencana di wilayah pesisir. Kabupaten Sarmi pernah terdampak gempa bumi merusak seperti yang terjadi pada tahun 2019. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 20 Juni 2019 pukul 02:24:50 WIT tersebut berkekuatan M6,2 yang dirasakan di Kabupaten Sarmi dengan intensitas IV MMI (BMKG, 2019). Setidaknya 26 rumah rusak berat, 10 unit rumah dalam proses pembangunan menjadi rusak berat dan 1 balai kampung rusak berat di Kampung Munukania, Sarmi Selatan (BPBD Sarmi). Menurut catatan BMKG, sejak tahun 2019 – 2023 telah terjadi 34 gempa bumi yang dirasakan di Kabupaten Sarmi (BMKG, 2023).

Menurut catatan sejarah, Kabupaten Sarmi belum pernah terdampak langsung tsunami yang diakibatkan oleh sumber gempa bumi di daerah tersebut. Namun wilayah Kabupaten Sarmi terletak di zona subduksi utara Papua, yang merupakan batas pertemuan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Caroline-Pasifik. Zona batas patahan ini memiliki potensi menghasilkan gempa-gempa dengan kekuatan signifikan, dimana jika suatu gempa bumi berkekuatan signifikan terjadi di laut dan memiliki kedalaman sumber gempa yang dangkal maka potensi untuk terjadi tsunami juga cukup besar. Wilayah Sarmi berpotensi terkena dampak dari tsunami jika terjadi gempa bumi cukup besar di dekatnya. Berdasarkan asesmen bahaya tsunami di Indonesia oleh Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR, 2013), hampir seluruh wilayah Indonesia berpeluang terkena bencana tsunami. Tsunami sendiri digambarkan sebagai rangkaian gelombang yang menjalar dengan periode panjang. Gelombang tsunami seringkali terlihat seperti dinding air dan dapat menyerang garis pantai serta berbahaya selama berjam-jam, dengan gelombang



Gambar 1. Probabilitas Tsunami di Indonesia
Sumber: AIFDR, 2013

yang datang setiap 5 hingga 60 menit. Tsunami biasanya dibangkitkan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut, letusan gunung berapi, longsor bawah laut, jatuhnya batuan-batuan di tebing pantai dan bahkan asteroid besar yang jatuh di laut juga dapat menyebabkan tsunami (UNESCO, 2013). Tsunami merupakan salah satu ancaman bencana untuk banyak wilayah pesisir. Kabupaten Sarmi mempunyai wilayah pesisir terluas di Provinsi Papua. Dengan garis pantai yang terbentang sepanjang 94.058 Km dan luas laut sekitar 2.670 Km² menjadikan Sarmi mempunyai potensi hasil laut yang tinggi. Namun dibalik semua itu, potensi ancaman tsunami di Kabupaten Sarmi menjadi tidak terelakan karena lokasinya yang berhadapan langsung dengan Samudra Pasifik.

Pembuatan peta bahaya tsunami di Distrik Sarmi menjadi sangat penting sebagai informasi kepada masyarakat mengenai daerah mana saja yang berpotensi terdampak tsunami. Selain itu, dari sisi pemerintah dalam pengambilan kebijakan yang berwawasan lingkungan, juga perlu menyiapkan strategi pengelolaan wilayah pesisir di wilayah Kabupaten Sarmi khususnya Distrik Sarmi sebagai upaya untuk meminimalisir risiko jatuhnya korban jiwa, kerugian materil maupun kerusakan lingkungan di kabupaten tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Pada pembuatan peta bahaya tsunami, digunakan data sekunder sebagai masukan dalam pemodelan tsunami dengan menggunakan aplikasi COMCOT. Data yang dihasilkan dari aplikasi ini berupa model hmax (inundasi dan *run up* tsunami terhadap topografi), ttt (waktu tiba gelombang tsunami) dan zmax (ketinggian *run up* terhadap permukaan laut). Sementara sumber tsunaminya sendiri juga menggunakan data sekunder dari kejadian gempa bumi di wilayah Papua yang menghasilkan tsunami (Pusgen, 2017).

Untuk menentukan strategi kebijakan pengelolaan pesisir wilayah Distrik Sarmi dalam mengurangi risiko bencana tsunami, dilakukan survei berupa wawancara secara langsung terhadap para ahli lewat pengisian kuesioner. Terpilih para pakar yang dianggap berhubungan dengan penelitian ini, yaitu untuk menentukan kebijakan yang dapat menjadi pertimbangan dalam menyusun strategi pengelolaan wilayah pesisir. Pakar terdiri dari 5 (lima) orang dengan latar belakang pendidikan dan pekerjaan yang bervariasi, yang terdiri dari: Badan Penanggulangan Bencana Daerah, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Badan

Perencanaan Pembangunan Daerah serta Akademisi.

Tabel 1. Kegiatan Pengumpulan Data

Tujuan	Jenis Data	Teknik Analisis Data
Menganalisis kerentanan bahaya tsunami di wilayah pesisir Sarmi dengan skenario gempa bumi terburuk menggunakan perangkat lunak COMCOT	Data sekunder	Pemodelan (COMCOT) dan GIS
Menganalisis strategi pengelolaan pesisir untuk mitigasi bencana tsunami menggunakan metode AHP di Distrik Sarmi	Data primer melalui wawancara a pakar	AHP, Deskriptif, Kualitatif

Sebuah bencana tsunami dapat dimodelkan menggunakan perangkat lunak. Dengan memodelkannya, daerah yang berpotensi terdampak landaan tsunami dapat diketahui dan seberapa tinggi terjangan tsunami sampai di pesisir pantai dapat diprediksi. Setelah memperoleh hasil pemodelan tsunaminya, dapat dibuat panduan seperti peta bahaya tsunami yang memberikan informasi kepada masyarakat mengenai daerah-daerah mana saja yang berpotensi terdampak tsunami. Informasi yang diberikan oleh model dan peta bisa digunakan sebagai acuan dalam pembuatan jalur evakuasi serta lokasi tempat evakuasi tsunami.

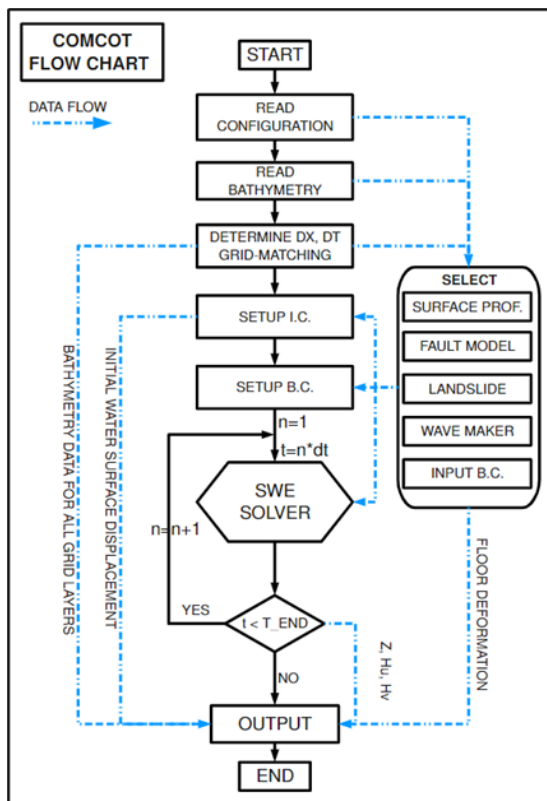
Pemodelan tsunami menggunakan aplikasi COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model). Aplikasi ini mampu mensimulasikan seluruh proses tsunami, mulai dari pembangkitan, perambatan, *run up* serta rendaman di wilayah pesisir. Simulasi tsunami dengan COMCOT dapat dibuat dengan sumber berasal dari gempa bumi, longsor dasar lautan, atau gangguan lain di permukaan air. Pemodelan ini telah digunakan untuk menginvestigasi beberapa kejadian tsunami bersejarah, seperti tsunami Chili tahun 1960, tsunami Kepulauan Flores tahun 1992 (Liu et al., 1994; Liu et al., 1995), tsunami Aljazair tahun 2003 (Wang & Liu, 2005) dan baru-baru ini tsunami Samudera Hindia 2004 (Wang & Liu, 2006).

Pemodelan tsunami menggunakan COMCOT dilakukan dengan berbagai tahapan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan pemodelan tsunami menggunakan COMCOT dengan sumber tektonik (*Fault Model*) :

- Masukan parameter gempa bumi seperti episenter, magnitudo, kedalaman, *strike*, *slip*, dan *rake*.
- Membuat panjang dan lebar patahan (*dislocation of fault plane*).
- Parameter kedalaman, *strike angle*, *dip angle*, *slip angle*, dan episenter dapat menggunakan basis data gempa bumi dari BMKG, GlobalCMT, dan USGS.
- Mengunduh data batimetri dari laman situs tanahair.indonesia.go.id sebagai *input* batimetri.
- Unduh data pasang surut untuk memvalidasi hasil simulasi.
- Setelah semua parameter di-*input*, jalankan *comcot.exe* untuk memulai pemodelan.
- Hasil keluaran dari simulasi berupa penjaralan waktu tsunami (*tsunami travel time*), rekaman *tide gauge*, *zmax*, *hmax*, berkas raster sebagai dasar pembuatan peta rendaman.

Tahapan pembuatan peta bahaya tsunami adalah sebagai berikut :

- Buka aplikasi ArcMap
- Impor data DEM yang berisi informasi batimetri (kedalaman laut) dan beri simbol warna biru
- Tambahkan *shapefile* (SHP) Pulau Papua
- Impor data raster inondasi dalam format *.tiff* hasil pemodelan pada aplikasi COMCOT
- Sesuaikan simbologi untuk menunjukkan kedalaman genangan yang diinginkan
- Sisipkan *shapefile* (SHP) batas administrasi kecamatan Sarmi
- Masukkan *shapefile* (SHP) fasilitas kesehatan, rumah ibadah, dermaga, bandar udara, dan bangunan objek vital lainnya
- Sisipkan data kontur waktu tiba tsunami dalam menit
- Tambahkan batas zona aman tsunami
- Tambahkan kontur ketinggian (meter)
- sertakan simbol untuk menunjukkan lokasi evakuasi sementara
- Lanjutkan dengan tahap *layouting* dengan membuat bingkai untuk peta
- Tambahkan legenda pada peta dan sertakan informasi sumber data pada legenda
- Buat inset untuk menampilkan sumber gempa bumi dan Distrik Sarmi (daerah terdampak)
- Sisipkan arah mata angin dan skala pada peta
- Tambahkan *grid* lintang dan bujur peta
- Ekspor peta dalam format gambar



Gambar 2. Diagram alur COMCOT
Sumber : COMCOT User Manual V1.7

Setelah diperoleh berkas raster hasil pemodelan tsunami, pengolahan selanjutnya adalah pembuatan peta bahaya tsunami. Proses pembuatan peta menggunakan program pemetaan ArcGIS. Aplikasi yang bisa digunakan pada program ini ada 2, yaitu ArcGIS Pro dan ArcMap.

Tabel 2. Parameter Penyusunan Peta

Parameter	Jenis Data	Sumber
Batas administrasi	SHP file	BIG/Bapeda
Garis pantai	Garis pantai	BIG/Citra satelit
Batimetri	DEM	LAPAN
<i>Run up</i> , ETA, inondasi	Pemodelan	COMCOT

Sumber : BNPB, 2016

Untuk menentukan prioritas para pakar, digunakan metode AHP. Metode AHP (*Analytical Hierarchial Process*) merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang populer dan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Metode ini dikembangkan oleh Thomas Saaty pada tahun 1970-an dan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, baik di sektor publik maupun swasta. Metode AHP didasarkan pada pemikiran bahwa dalam pengambilan keputusan multi-kriteria, beberapa kriteria lebih penting daripada yang lain. Oleh karena itu metode ini memungkinkan pengguna untuk

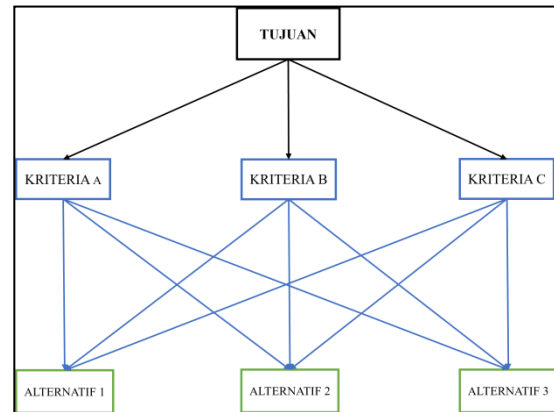
memperhitungkan bobot relatif dari setiap kriteria yang berbeda dan menggunakannya untuk memilih alternatif terbaik.

Metode ini adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas masalah-masalah kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan dengan memecahkan masalah tersebut ke dalam beberapa tingkatan dan menata tingkatan tersebut dalam suatu susunan hirarki. Dalam AHP terdapat beberapa variabel-variabel penting seperti: fokus atau tujuan, kriteria, sub-kriteria, dan alternatif. Variabel fokus berada di puncak hirarki berfungsi sebagai tujuan akhir. Kriteria dan sub-kriteria berada di tingkat selanjutnya menjelaskan syarat-syarat apa saja yang harus dipenuhi oleh suatu alternatif. Perbandingan antar pasangan variabel dilakukan di tiap tingkat kecuali level fokus atau tujuan. Alternatif-alternatif berada di tingkat akhir. Setiap tingkat akan dihitung perbandingannya berdasarkan masukan dari responden. Responden yang dipilih merupakan responden yang memiliki latar belakang yang bersangkutan dengan topik penelitian (Saaty, 1987). Beberapa proses dalam metode AHP :

a. Hirarki

Langkah awal adalah mengidentifikasi permasalahan dan menetapkan tujuan yang hendak dicapai, kemudian mengurai faktor faktor dan kriteria yang kompleks dalam kelompok-kelompok untuk dimasukkan dalam level yang memiliki kesamaan, dan menyusun level-level ke dalam skema hirarki.

Setelah menggambarkan diagram hirarki dan memasukan *goal* pada puncak (level 1) skema hirarki, langkah berikutnya adalah memasukan kriteria 1, 2, 3 dan seterusnya pada level kedua. Pada level berikutnya (level 3) masukan alternatif kebijakan yang akan diuraikan ke dalam beberapa program yang digunakan untuk mencapai tujuan. Pada level terakhir dari hirarki ini adalah aktor 1, 2, 3 dst. Pada penelitian ini level terakhir adalah aktor. Peran aktor harus bersinggungan dengan penelitian.



Gambar 3. Diagram Alur AHP

Setelah memasukan permasalahan multikriteria dan multifaktor serta alternatif ke dalam level yang sesuai pada skema hirarki, dilanjutkan dengan melakukan penilaian dengan memberikan bobot nilai dengan skala (Skala Saaty) pada setiap kriteria dalam level yang sama. Perbandingan antar kriteria mengikuti matriks.

b. Matriks

Matriks merupakan himpunan komponen yang disusun dalam baris (j) dan kolom (k). Komponen dalam matriks dapat berupa angka, huruf, atau simbol. Matriks bisa dinotasikan dalam A, B huruf besar dan dicetak tebal. Dalam penulisan dimasukan juga bentuk matriks dalam notasi $m \times n$, atau $m \times m$ bila jumlah baris dan kolom sama. Matriks bisa berupa matriks kolom, bila hanya satu kolom saja, atau matriks baris bila hanya ada satu baris yang berisi komponen. Matriks dalam satu dimensi disebut vektor dengan n dimensi, merupakan suatu susunan komponen. Vektor baris disusun berdasarkan baris dari kiri ke kanan dengan ordo $1 \times n$. Sedangkan vektor kolom berordo $n \times 1$. R_n merupakan himpunan semua vektor dengan n komponen.

Tabel 3. Matriks A $m \times m$

	K	L	M	N
K	K/K	K/L	K/M	K/N
L	L/K	L/L	L/M	L/N
M	M/K	M/L	M/L	M/N
N	N/K	N/L	N/M	N/N

c. Eigen vektor dan eigen value

Eigen vektor adalah vektor bukan nol x dalam R_n , dimana n adalah ordo matriks dari A matriks. Jika AX merupakan kelipatan dari skalar λ .

$$Ax=\lambda x$$

Nilai skalar λ dinamakan eigen value dari A dan x dikatakan eigen vektor yang bersesuaian dengan λ . Untuk mencari eigen value dari matriks A yang berukuran $n \times n$ maka dapat ditulis pada persamaan berikut :

$$(\lambda I - A)x = 0$$

d. Uji konsistensi indeks dan konsistensi rasio
 Pada saat melakukan perbandingan berpasangan, beberapa inkonsistensi mungkin akan muncul. Untuk mengetahui apakah perbandingan berpasangan konsisten, digunakan rumusan konsistensi indeks. Rumus untuk konsistensi indeks dengan ordo n, sebagai berikut :

$$CI = ((\lambda_{max} - n)) / ((n - 1))$$

- Di mana
 CI = konsistensi indeks
 N = ordo matriks
 λ_{maks} = nilai eigen terbesar dari matriks ordo n

Setelah mendapatkan nilai CI maka langkah berikutnya mencari Konsistensi Rasio (CR) dengan rumusan :

$$CR = CI / RI$$

- Di mana
 CR = Konsistensi Rasio
 CI = Indeks Rasio
 RI = Indeks Random

Tabel 4. Random Indeks (RI) dengan Ordo m

m	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

Konsistensi rasio yang masih dapat diterima adalah $CR \geq 0,1$, bila $CR < 0,1$ maka perbandingan berpasangan (*pairwise*) pada nilai pembobotan harus diulang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengembangan peta kerentanan bahaya tsunami, digunakan data historis kejadian tsunami yang berasal dari gempa bumi Aitape, Papua Nugini, yang terjadi pada tanggal 17 Juli 1998 pukul 08:49 UTC. Kurang lebih 2.189 orang

meninggal dunia, semua bangunan roboh sepanjang 19 Km dari pesisir. Kejadian ini juga menyebabkan jaring nelayan tersangkut di pohon setinggi 17,5 meter di atas permukaan laut, dinding beton terkelupas menyisakan pondasi baja, dan beberapa pohon tumbang terseret arus hingga satu kilometer (McSaveney dkk, 2000).

Tabel 5. Tingkat Bahaya Tsunami

No	Kategori	Keterangan
1	Rendah	Tingkat ketinggian di pantai < 1 meter
2	Sedang	Tingkat ketinggian di pantai 1 - 3 meter
3	Tinggi	Tingkat ketinggian di pantai 3 - 5 meter
4	Sangat Tinggi	Tingkat ketinggian di pantai > 5 meter

Sumber : BNPB, 2012

Tabel 5 mencakup berbagai parameter seperti tinggi gelombang tsunami, jarak dari pesisir yang terdampak, dan potensi kerusakan struktural. Data-data ini sangat penting dalam melakukan evaluasi tingkat bahaya tsunami di wilayah tersebut. Informasi ini akan menjadi landasan dalam merencanakan upaya mitigasi risiko bencana dan pengembangan infrastruktur yang tahan terhadap tsunami. Melalui penggunaan data historis dan analisis yang akurat, pembuatan peta bahaya tsunami dapat memberikan kontribusi yang sangat berharga bagi masyarakat dan pihak berwenang dalam mengurangi dampak yang mungkin terjadi akibat bencana tsunami di masa mendatang.

Analisis spasial genangan tsunami pada peta (Gambar 3) menunjukkan adanya risiko bahaya tsunami di Distrik Sarmi. Ketinggian rendaman tsunami bervariasi mulai dari tingkat risiko rendah dengan gelombang tsunami kurang dari 1 meter hingga tingkat risiko sangat tinggi dengan gelombang tsunami lebih dari 5 meter. Berdasarkan peta bahaya tsunami tersebut, seluruh kampung/kelurahan di Distrik Sarmi mempunyai potensi terdampak landaan tsunami. Gelombang tsunami diperkirakan akan tiba dalam rentang waktu 5-20 menit dengan kedalaman genangan maksimum enam meter. Hasil pemodelan juga menunjukkan jarak inondasi tsunami dapat mencapai ± 3 Km ke daratan.

Selain pemukiman dan pusat bisnis, beberapa objek vital yang berpotensi terdampak gelombang tsunami di antaranya adalah gedung sekolah, rumah ibadah, fasilitas kesehatan, pelabuhan, dan bandar udara. Selain infrastruktur, jika dilihat dari sisi populasi penduduk Distrik Sarmi, maka jumlah

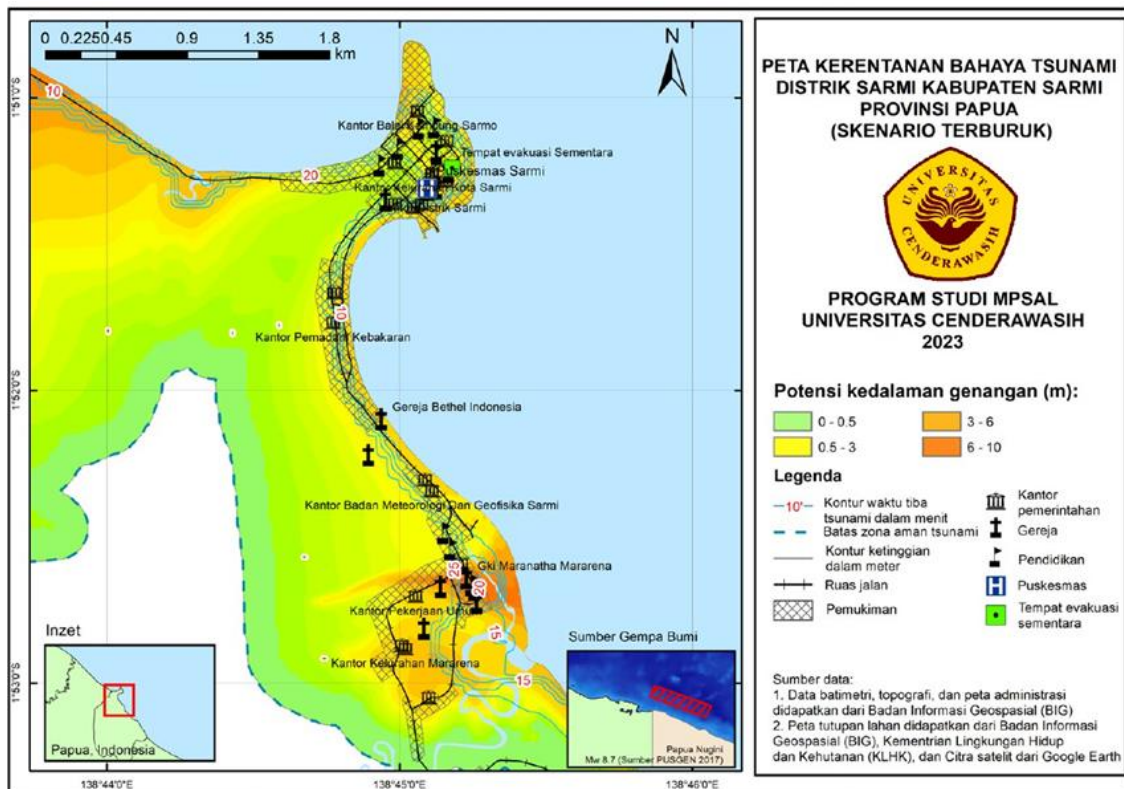
jiwa yang berpotensi terdampak bahaya tsunami dapat mencapai 13,944 jiwa (BPS, 2022). Informasi mengenai tingkat kerentanan bahaya tsunami di Distrik Sarmi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Tingkat Kerentanan Bahaya Tsunami di Distrik Sarmi

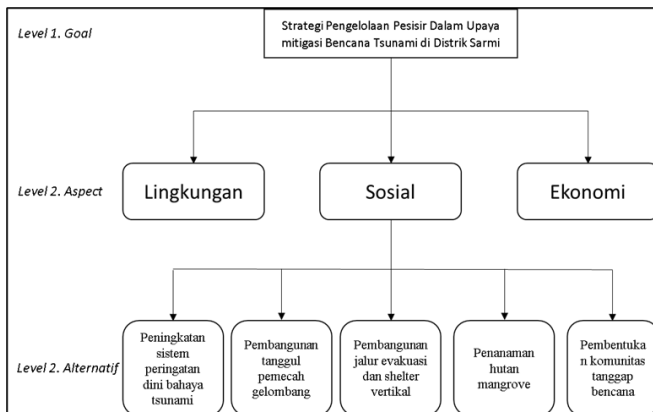
No	Kampung	Tingkat Bahaya	Inundasi (meter)
1	Mararena	Sangat Tinggi	> 6
2	Liki	Sangat Tinggi	> 6
3	Armo	Sangat Tinggi	> 6
4	Sawar	Sangat Tinggi	> 6
5	Sarmi	Tinggi	3-6
6	Sarmo	Tinggi	3-6
7	Armo pesisir	Tinggi	3-6
8	Tafarewar	Tinggi	3-6
9	Lembah Neidam	Rendah	0-0,5

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menentukan urutan prioritas strategi dalam upaya mitigasi bencana tsunami di Distrik Sarmi. AHP pada penelitian ini melibatkan tiga tingkatan yang berbeda. Tingkat pertama adalah tujuan (*goal*), tingkat kedua mencakup tiga kriteria, yaitu aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, sedangkan tingkat terakhir adalah alternatif yang terdiri dari lima strategi. Proses AHP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta Bahaya Tsunami Distrik Sarmi



Gambar 4. Bagan AHP Pengelolaan pesisir Sarmi dalam Mitigasi Tsunami
Sumber: Hasil Analisis, 2023

Lima strategi yang dipilih dalam penelitian ini meliputi :

1. Peningkatan sistem peringatan dini bahaya tsunami. Hal ini menjadi suatu kebutuhan yang mendesak dalam upaya melindungi masyarakat dan mengurangi dampak buruk dari bencana tersebut. Sistem peringatan dini bertujuan untuk mendeteksi ancaman tsunami sejak dini dan memberikan informasi yang akurat dan cepat kepada masyarakat yang berpotensi terkena dampak.

2. Peningkatan sistem peringatan dini melibatkan penguatan infrastruktur pendeteksian, pemantauan, dan komunikasi yang terhubung secara efisien. Hal ini mencakup pemasangan sensor seismik untuk mendeteksi gempa bumi, penggunaan teknologi canggih untuk memprediksi dan memantau pergerakan gelombang, serta pengembangan sistem komunikasi yang dapat mengirimkan peringatan langsung kepada masyarakat di wilayah yang terancam. Selain itu respon masyarakat dalam memahami peringatan dengan tepat juga menjadi bagian integral dalam peningkatan sistem peringatan dini bahaya tsunami. Dengan memperkuat sistem peringatan dini ini, diharapkan dapat meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mengurangi risiko serta kerugian akibat tsunami.

3. Pembangunan tanggul pemecah gelombang merupakan suatu langkah strategis dalam upaya mitigasi bencana tsunami. Tanggul pemecah gelombang dirancang untuk melindungi wilayah pesisir dari dampak gelombang besar yang dihasilkan oleh tsunami. Tanggul tersebut biasanya dibangun di perairan pantai untuk memecah dan meredam kekuatan gelombang sehingga mengurangi tingkat kerusakan dan ancaman yang mungkin ditimbulkan. Dengan menggunakan material yang kuat dan desain yang sesuai, tanggul

pemecah gelombang dapat mengurangi energi gelombang, menghambat arus air masuk ke daratan, serta memberikan perlindungan fisik kepada wilayah pesisir dan komunitas yang berada di sekitarnya. Selain itu pembangunan tanggul pemecah gelombang juga dapat mendukung keberlanjutan ekosistem pesisir dengan mempertahankan kestabilan pantai dan habitat alami yang ada. Dengan adanya tanggul pemecah gelombang yang efektif, risiko kerusakan akibat tsunami dapat dikurangi, sehingga masyarakat dapat hidup dengan lebih aman dan terlindungi di daerah pesisir.

4. Pembangunan jalur evakuasi dan *shelter* vertikal merupakan upaya penting dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat menghadapi bencana, terutama tsunami. Jalur evakuasi adalah rute yang dirancang secara khusus untuk memfasilitasi pergerakan cepat dan aman masyarakat menuju tempat yang lebih tinggi atau lebih aman saat ancaman tsunami terjadi. Jalur evakuasi harus mudah diakses, jelas tanda dan petunjuknya, serta dilengkapi dengan titik pertemuan dan tempat perlindungan sementara. Di samping itu, *shelter* vertikal juga dibangun sebagai struktur tangguh yang berfungsi sebagai tempat perlindungan bagi masyarakat saat bencana terjadi. *Shelter* ini dirancang untuk menahan tekanan dan gelombang tsunami, memberikan perlindungan dari debris dan air pasang, serta dilengkapi dengan persediaan kebutuhan dasar seperti air, makanan, dan fasilitas sanitasi.

5. Penanaman hutan mangrove adalah suatu tindakan yang penting dalam upaya pelestarian dan mitigasi bencana di wilayah pesisir. Hutan mangrove merupakan ekosistem pesisir yang unik dan berperan sebagai benteng alami yang melindungi pantai dari dampak buruk gelombang, erosi, dan bencana seperti tsunami. Penanaman hutan mangrove melibatkan pemberian bibit pohon mangrove di daerah rawan dan terdegradasi di sepanjang garis pantai. Mangrove memiliki akar yang kuat dan berfungsi melindungi wilayah di belakangnya. Selain itu, hutan mangrove juga berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati, menyediakan habitat bagi berbagai spesies ikan, burung, dan satwa liar lainnya. Penanaman hutan mangrove tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga ekonomis dan sosial bagi masyarakat pesisir, seperti peningkatan mata pencaharian melalui pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

6. Pembentukan komunitas tanggap bencana tsunami adalah langkah penting dalam memperkuat kesiapsiagaan dan resiliensi masyarakat dalam menghadapi ancaman tsunami. Komunitas tanggap bencana tsunami melibatkan

partisipasi aktif masyarakat dalam upaya pencegahan, mitigasi, dan respons terhadap bencana. Hal ini meliputi pembentukan kelompok-kelompok sukarelawan yang dilatih untuk memberikan pertolongan darurat, peningkatan kesadaran masyarakat melalui kampanye edukasi tentang tanda-tanda awal dan perilaku aman saat tsunami, serta pengembangan rencana tanggap darurat dan sistem komunikasi yang efektif. Hasil analisis menggunakan metode AHP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis AHP Level Aspek Kriteria

No	Aspek	BAPE DA	BPB D	KLHK	BMK G	kademis	Prioritas	Rank
1	Lingkungan	0,333	0,633	0,669	0,548	0,608	0,558	1
2	Sosial	0,333	0,106	0,088	0,241	0,272	0,208	3
3	Ekonomi	0,333	0,260	0,243	0,211	0,120	0,233	2
		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 7, aspek lingkungan memperoleh peringkat tertinggi di antara aspek lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas responden sepakat bahwa aspek lingkungan harus menjadi prioritas utama dalam proses pengambilan keputusan terkait pemilihan strategi dan kebijakan dalam pengelolaan pesisir untuk mitigasi bencana tsunami di Distrik Sarmi. Penting bagi pihak berwenang untuk mencatat bahwa keberlanjutan dan fungsi lingkungan harus tetap dijaga, tanpa mengabaikan kebijakan yang akan diimplementasikan. Aspek ekonomi menjadi pertimbangan berikutnya setelah aspek lingkungan. Dalam pemilihan kebijakan, perlu dipertimbangkan dampak ekonomi yang mungkin timbul akibat kebijakan yang diimplementasikan. Sementara itu aspek sosial menempati peringkat terakhir setelah aspek lingkungan dan ekonomi. Implementasi kebijakan mitigasi bencana tsunami juga harus memperhatikan dampak sosial yang timbul akibat kebijakan tersebut.

Selanjutnya penting untuk diperhatikan bahwa pemilihan aspek lingkungan sebagai prioritas utama dalam mitigasi bencana tsunami tidak berarti mengabaikan aspek ekonomi dan sosial. Sebaliknya hal ini mencerminkan pemahaman bahwa kelestarian lingkungan dan keberlanjutan ekosistem pesisir memainkan peran krusial dalam meminimalkan risiko bencana dan melindungi masyarakat. Dalam pengambilan keputusan, perlu

dilakukan analisis yang komprehensif dan seimbang antara ketiga aspek tersebut, mengakomodasi kebutuhan dan kepentingan masyarakat serta mempertimbangkan dampak ekonomi jangka panjang. Dengan pendekatan holistik yang melibatkan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, mitigasi bencana tsunami dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dan efektif, membawa manfaat jangka panjang bagi masyarakat dan ekosistem pesisir.

Kemudian penekanan pada kepentingan aspek lingkungan sebagai prioritas utama dalam mitigasi bencana tsunami menggarisbawahi pentingnya menjaga kelestarian lingkungan dalam jangka panjang. Kelestarian lingkungan memainkan peran krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, memelihara keanekaragaman hayati, serta menyediakan berbagai layanan ekosistem yang mendukung kehidupan manusia. Dalam konteks mitigasi bencana tsunami, menjaga kelestarian lingkungan seperti hutan mangrove dan ekosistem pesisir lainnya berarti melindungi garis pantai dari dampak gelombang dan mengurangi risiko bencana. Selain itu kelestarian lingkungan juga memiliki implikasi jangka panjang terhadap mitigasi perubahan iklim dan peningkatan ketahanan pesisir. Memperhatikan aspek lingkungan dalam mitigasi bencana tsunami bukan hanya untuk memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga untuk memastikan bahwa ekosistem pesisir tetap berfungsi dengan baik dan memberikan manfaat jangka panjang. Upaya pemilihan strategi dan kebijakan yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan akan menciptakan fondasi yang kokoh untuk pembangunan berkelanjutan, menjaga ekosistem pesisir yang sehat, dan melindungi kesejahteraan masyarakat pesisir dalam jangka panjang. Dalam hal ini, mitigasi bencana tsunami bukan hanya sebagai respons terhadap ancaman, tetapi juga sebagai upaya membangun harmoni antara manusia dan lingkungan alam demi keberlanjutan hidup yang berkelanjutan.

Tabel 8 menunjukkan bahwa hutan mangrove menjadi prioritas utama dibanding alternatif lainnya. Menurut para pakar, penghijauan kembali pesisir pantai dengan menanam tanaman mangrove dapat menjadi strategi utama untuk meminimalisir risiko bahaya tsunami. Hutan mangrove dengan kerapatan yang tinggi dapat menjadi peredam alami energi gelombang tsunami yang mencapai pesisir, selain itu mangrove memiliki perakaran yang kuat sehingga mampu memecah gelombang laut untuk melindungi kawasan pesisir dari tsunami. Masyarakat Sarmi tentu sadar dengan kondisi pesisir daerahnya yang sangat luas, sehingga memilih untuk menjadikan mangrove sebagai benteng alami untuk perlindungan pesisir. Oleh

karena itu, menjaga kelestarian hutan mangrove di daerah pesisir merupakan hal yang sangat penting. Mangrove juga bermanfaat bagi biota laut, beberapa spesies seperti udang, ikan dan kepiting banyak berkembang biak di kawasan ini. Hutan mangrove juga memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat di sekitarnya.

Tabel 8. Hasil Analisis AHP Level Alternatif

No	Alternatif	BAPED A	BPB D	KLHK	BMKG	Akademis	Prioritas	Rang
1	Sistem peringatan dini	0,049	0,067	0,061	0,098	0,096	0,074	4
2	Tanggul pemecah gelombang	0,046	0,065	0,060	0,075	0,072	0,064	5
3	Rambu dan tempat evakuasi vertikal	0,094	0,146	0,132	0,135	0,155	0,132	3
4	Penanaman hutan mangrove	0,578	0,355	0,496	0,270	0,323	0,404	1
5	Komunitas tanggap bencana	0,233	0,367	0,251	0,423	0,354	0,325	2
TOTAL		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Sumber: Hasil Analisis, 2023

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan peta bahaya tsunami, wilayah Distrik Sarmi mempunyai potensi yang tinggi terhadap terjangan gelombang tsunami dengan sumber gempa berada di utara Sarmi. Kampung Liki, Kampung Armo dan Kampung Sawar yang merupakan pulau terluar dari Kabupaten Sarmi, mempunyai tingkat bahaya sangat tinggi terhadap bencana tsunami. Terjangan tsunami bisa mencapai > 6 meter dengan waktu tiba tsunami mencapai daratan < 10 menit. Dengan potensi ancaman tersebut pembangunan struktural dan non struktural dalam mitigasi tsunami menjadi sangat penting di Distrik Sarmi.

Pengelolaan pesisir untuk mitigasi bencana tsunami di Distrik Sarmi harus memperhatikan aspek lingkungan, sosial dan ekonomi, dengan menggunakan strategi penanaman hutan mangrove sebagai benteng alami gelombang laut mencapai pesisir. Alternatif strategi antara lain pembentukan komunitas tanggap bencana, pembangunan rambu dan tempat evakuasi vertikal, penguatan sistem peringatan dini serta pembangunan tanggul pemecah gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR), (2013). *A National Tsunami Hazard Assessment for Indonesia*.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, (2012). *Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami*. Jakarta: BNPB
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, (2016). *Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Badan Pusat Statistik, (2023). *Kabupaten Sarmi dalam Angka*. Sarmi.
- Badan Pusat Statistik, (2022). *Kecamatan Sarmi dalam Angka*. Sarmi
- Berryman, K. (2006). *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. New Zealand: Institute of Geological and Nuclear Science.
- Dewi, C. Armijon. Fadly. (2014). Analisis Pembuatan Peta Zona Rawan Bencana Tsunami Pada Daerah Pesisir (Studi lokasi: Pesisir Kota Bandar Lampung). *Prosiding Seminar Bisnis dan Teknologi IBI Darmajaya*.
- Direktorat Kesiapsiagaan Deputi Bidang Pencegahan, (2019). *Rencana Kontigensi Menghadapi Ancaman Bencana Gempabumi dan Tsunami*. Jakarta: BNPB.
- Direktorat Pemetaan dan Evaluasi Risiko Bencana, (2020). *Dokumen Kajian Risiko Bencana Provinsi Papua*. Jakarta: BNPB.
- Gupta, H. and Gahalut, V.K. (2014). Seismotectonics and Large Earthquake Generation in the Himalayan Region. *Gondwana Research*.
- Imamura, F., Subandono, D., Watson, G., Moore, A., Takahashi, T., Matsutomi, H., dan Hidayat, R. (1997). "Irian Jaya Earthquake and Tsunami Cause Serious damage". *EOS*, Volume 78, No. 19.
- McSaveney, M.J., Goff, J.R., Goldsmith, P., Barnett, A., Elliott, S.; Nongkas, M. (2000). The 17th July 1998 tsunami, Papua New Guinea: evidence and initial interpretation. *Marine Geology* Vol 170: 81 – 92.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 (2008). Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
- Pusat Studi Gempa Nasional (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman.
- Saaty, T. (1987). The Analitic Hierarchy Process-What It Is And How It Is Used. *Pergamon Journal*, Mathematical Modelling, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176.
- UNESCO (2008). *Tsunami Preparedness-Information Guide for Disaster Palnners*. IOC

Manuals and Guides No. 49,
Intergovernmental Oceanographic
Commission of UNESCO, Paris.

UNESCO/IOC (2013). *Tsunami Glossary.*

UNESCO/ISDR, LIPI (2006). *Kajian Kesiapsiagaan
Masyarakat dalam Mengantisipasi Bencana
Gempa bumi dan Tsunami.* Jakarta.

Wang, X. and Liu, P. L. F. (2006). An analysis of
2004 Sumatra earthquake fault plane
mechanisms and Indian Ocean tsunami.
Journal of Hydraulic Research Vol. 00, No. 0
(2006), pp. 1–8.