

Diberikan Kepada:

**Dr. KASMAN, S.Si, M.Si**  
Sebagai Narasumber

Focus Group Discussion Lintas Kampus #1  
“DISKURSUS PENGEMBANGAN WILAYAH PESISIR DAN  
PULAU-PULAU KECIL INDONESIA”

Jakarta, 4 Maret 2023

Rektor  
Universitas Krisnadwipayana



Dr. Ir. Ayub Muktiono, M.SIP, CiQaR  
NIDN. 0304096402

Ketua Panitia  
FGD Lintas Kampus



Dr. Achmad Pahrul Rodji, ST, MT  
NIDN. 0305117902





UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA  
MAGISTER KAJIAN PEMBANGUNAN PERKOTAAN DAN WILAYAH

Alamat : Jl. Kampus UNKRIS Jatiwaringin Telp. 021-8462229-31

P.O. BOX 7774/Jat CM Jakarta 13077

Jakarta, 25 Pebruari 2023

No : 02/PANPEL-KPP&W/S2-MT/II/2023  
Lamp : (satu) berkas  
Perihal : Undangan Menjadi Narasumber dalam FGD Lintas Kampus #1

Kepada Yth.

**Narasumber FGD Lintas Kampus #1**

Di

Tempat

Dengan Hormat,

Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil (WP3K) merupakan sumberdaya yang sangat potensial dalam mendukung pertumbuhan ekonomi baik lokal maupun nasional dan diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya masyarakat pesisir. Namun disisi lain berbagai kebijakan terkait pengelolaan wilayah pesisir saat ini dianggap oleh sebagian kalangan sangat kontraproduktif dalam mendukung pengembangan wilayah pesisir itu sendiri.

Dalam konteks tersebut, maka Pengelola Program Magister Kajian Pembangunan Perkotaan dan Wilayah, Universitas Krisnadwipayana berinisiatif untuk melaksanakan Focus Group Discussion (FGD) Lintas Kampus dalam rangka mengurai permasalahan tersebut. FGD ini akan menghadirkan beberapa ahli di bidang pesisir dan pulau-pulau kecil dari berbagai kalangan sebagaimana terlampir.

FGD Lintas Kampus ini akan dilaksanakan pada:

Hari, Tanggal : Sabtu, 4 Maret 2023  
Waktu : 16.00 – 18.00 WIB  
Tempat : Dilaksanakan secara *online*  
Acara : FGD Lintas Kampus #1 (Diskursus Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Indonesia)

Demikian undangan ini dibuat, atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terimakasih.

Ketua Panitia

**Dr. Achmad Pahrul Rodji, ST, MT**  
NIDN. 0305117902

Ketua Program Studi,  
Magister Kajian Pembangunan Perkotaan  
dan Wilayah

**Dr. Eng. Irwan Prasetyo, MPM**  
NIDN: 0023066307

Tembusan: yth.

1. Rektor Universitas Krisnadwipayana
2. Dekan Fakultas Teknik UNKRIS
3. Arsip



**UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA**  
**MAGISTER KAJIAN PEMBANGUNAN PERKOTAAN DAN WILAYAH**

Alamat : Jl. Kampus UNKRIS Jatiwaringin Telp. 021-8462229-31

P.O. BOX 7774/Jat CM Jakarta 13077

Lampiran:

**DAFTAR UNDANGAN**  
**FOCUS GROUP DISCUSSION LINTAS KAMPUS #1**  
**DISKURSUS PENGELOLAAN WILAYAH PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL**  
**INDONESIA**

**( Sabtu, 4 Maret 2023 )**

<b>NO</b>	<b>NAMA</b>	<b>ASAL KAMPUS/ INSTANSI</b>
1	Dr. Andi Irwan Nur	Universita Haluoleo/ Ketua HAPPI, Provinsi Sulawesi Tengah
2	Dr. Ahmad Aris	Kementerian Kelautan dan Perikanan - Republik Indonesia
3	Dr. Abdul Rauf	Universitas Muslim Indonesia/ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
4	Dr. Mujio	Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W-IPB)
5	Dr. Kunarso	Universitas Diponegoro
6	Dr. Taslim Arifin	Badan Riset dan Inovasi Nasional
7	Dr. Sadikin Amir	Universitas Mataram
8	Dr. Yar Johan	Universitas Bengkulu/ Pengelola Jurnal Enggano Provinsi Bengkulu
9	Dr. Gede Ari Yudasmaras	Universitas Pendidikan Ganesha - Bali
10	Dr. Kasman	Magister Kajian Pembangunan Perkotaan dan Wilayah UNKRIS
11	Dr. Alimudin Laapo	Universitas Tadulako
12	Dr. Hamzah Tahang	Universitas Hasanuddin



UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA  
MAGISTER KAJIAN PEMBANGUNAN PERKOTAAN DAN WILAYAH

Alamat : Jl. Kampus UNKRIS Jatiwaringin Telp. 021-8462229-31

P.O. BOX 7774/Jat CM Jakarta 13077

DAFTAR HADIR  
FOCUS GROUP DISCUSSION LINTAS KAMPUS #1  
DISKURSUS PENGELOLAAN WILAYAH PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL  
INDONESIA

( Sabtu, 4 Maret 2023 )

NO	NAMA	ASAL KAMPUS/ INSTANSI	TTD
1	Dr. Andi Irwan Nur	Universita Haluoleo/ Ketua HAPPI, Provinsi Sulawesi Tengah	
2	Dr. Ahmad Aris	Kementerian Kelautan dan Perikanan - Republik Indonesia	
3	Dr. Abdul Rauf	Universitas Muslim Indonesia/ Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan	
4	Dr. Mujio	Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W-IPB)	
5	Dr. Kunarso	Universitas Diponegoro	
6	Dr. Taslim Arifin	Badan Riset dan Inovasi Nasional	
7	Dr. Sadikin Amir	Universitas Mataram	
8	Dr. Yar Johan	Universitas Bengkulu/ Pengelola Jurnal Enggano Provinsi Bengkulu	
9	Dr. Gede Ari Yudasmaras	Universitas Pendidikan Ganesha - Bali	
10	Dr. Kasman	Magister Kajian Pembangunan Perkotaan dan Wilayah UNKRIS	
11	Dr. Alimudin Laapo	Universitas Tadulako	
12	Dr. Hamzah Tahang	Universitas Hasanuddin	

# **MAKALAH**

## **MITIGASI BENCANA DAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM DI WILAYAH PESISIR INDONESIA**

Oleh : Dr. Kasman, S.Si, M.Si

**DISAMPAIKAN DALAM FGD LINTAS KAMPUS  
DISKURSUS PENGEMBANGAN WILAYAH PESISIR DAN  
PULAU-PULAU KECIL**

**2022**



# DAFTAR ISI

## DAFTAR ISI

### BAB 7. MITIGASI BENCANA DAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM

#### A. GEMPA BUMI

- 1). Pengertian gempa bumi
- 2). Penyebab terjadinya gempa bumi
- 3). Jalur Gempa Bumi di Indonesia
- 4). Contoh Gempa Bumi yang pernah terjadi di Indonesia
- 5). Proses Terjadinya Gempa Bumi
- 6). Antisipasi Gempa Bumi dan cara Penanggulangannya

#### B. TSUNAMI

- 1). Pengertian Tsunami
- 2). Penyebab Tsunami
- 3). Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Tinggi Tsunami
- 4). Parameter Gelombang Tsunami
- 5). Cara Penanggulangan Tsunami
- 6). Historis Tsunami

#### C. ABRASI SEBAGAI BENCANA NASIONAL

- 1). Pengertian Abrasi dan Penyebabnya
- 2). Dampak Abrasi
- 3). Penanggulangan Bencana Abrasi dan Gelombang Ekstrim
- 3). Abrasi yang Pernah Terjadi di Wilayah Pesisir Indonesia

#### D. FENOMENA EL NINO DAN LA NINA

- 1 Latar Belakang Terjadinya El Nino dan La Nina
- 2 langkah-langkah yang diambil Dalam Mengantisipasi

## DAFTAR PUSTAKA



# **MITIGASI BENCANA DAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM**

## **A. GEMPA BUMI.**

### **1) Pengertian Gempa Bumi**

Gempa bumi adalah gerakan partikel bantuan atau guncangan pada kulit bumi yang di sebabkan oleh pelepasan energi secara tiba – tiba akibat aktifitas tektonik dan rekahan akibat naiknya fluida dari dalam bumi menuju ke permukaan, di sekitar gunung api, di sebabkan gempa bumi gunung api / vulkanik. (Prof. Dr.Ir.Ali Kabul Mahi, M.S, 2017) Getaran tersebut menyebabkankerusakan dan runtuhnya struktur bangunan yang menimbulkan korban bagi penghuninya. Getaran bumi ini juga dapat memicu terjadinya tanah longsor, runtuhuan batuan dan kerusakan tanah lainnya yang merusak pemukiman di sekitarnya. Getaran gempa bumi juga dapat menyebabkan bencanana ikutan yang berupa kebakaran, kecelakaan industri dan trasportasi dan banjir akibat runtuhnya bendungan dan tanggul – tanggul penahan laianya.

Sumber gempa bumi di Indonesia banyak di jumpai di lepas pantai/ di bawah laut yang di sebabkan oleh aktifitas subduksi dan sesar bawah laut. Beberapa gempa bumi dengan seumber di bawah laut, dengan magnitudo besar dengan mekanisme sesar naik dapat menyebabkan tsunami. Dijumpai pulau sumber gempa bumi di darat yang di sebabkan oleh aktifitas sesar di darat.

### **2) Penyebab Terjadinya Gempa Bumi**

Menurut sebab terjadinya, gempa diklasifikasikan sebagai berikut:

#### **1. Gempa vulkanisme**

Gempa vulkanisme terjadi karena meletusnya gunung berapi. Kalau gunung api akan meletus timbullah tekanan gas dari dalam sumbat kawah. Tekanan itu menyebabkan terjadinya getaran yang di sebut gempa bumi. Gempa bumi ini hanya terdapat di daerah sekitar gunung api yang meletus. Gempa bumi ini lebih bahaya dari gempa bumi runtuhuan.

#### **2. Gempa Tektonik**

Gempa bumi tektonik di sebabkan oleh gerak lempeng tektonik dan merupakan akibat dari gerak orogenetik. Daerah yang sering kali mengalami gempa ini adalah daerah pegunungan lipatan muda, yaitu daerah rangkaian mediterania dan rangkaian sirkum pasifik. Bahaya gempa ini besar sekali sebab lapisan bumi dapat mengalami lipatan patahan, retakan atau bergeser. Karena gempa ini selalu mengakibatkan pergeseran muka bumi, maka gempa ini di sebut juga

gempa dislokasi. Dislokasi berasal dari kata Dis artinya terpisah, iocare artinya tempat. Jadi, timbulnya getaran itu karena retakan kulit bumi atau terpisahnya kulit bumi dari kedudukan semula.

### 3. Ledakan Nuklir

Gempa ini terjadi di sebabkan oleh peledakan nuklir. Pada umumnya peristiwa ini terjadi pada Negara-negara yang sedang perang atau yang melakukan percobaan hasil rakitnya. Kekuatan gempa ini tergantung dari hantaman nuklir tersebut.

### 3) Jalur Gempa Bumi di Indonesia

Jenis gempa yang banyak terjadi di Indonesia adalah gempa vulkanik, alasannya di indonesia yaitu banyak gunung berapi yang masih aktif. Selain gempa vulkanik, jenis gempa tektonik juga sering terjadi di Indonesia, hal ini disebabkan di Indonesia masih berlangsung proses pembentukan pegunungan baik patahan maupun lipatan. Hal ini menyebabkan terjadinya peristiwa oengangkatan dan penurunan pada lapisan kulit bumi.

Lempeng Eurasia di bagian Utara dan Lempeng Pasifik di bagian Timur laut. Hal ini mengakibatkan Indonesia mempunyai tatanan tektonik yang kompleks dari arah zona tumbukan yaitu Fore arc, Volcanic arc dan Back arc. Fore arc merupakan daerah yang berbatasan langsung dengan zona tumbukan atau sering di sebut sebagai zona aktif akibat patahan yang biasa terdapat di darat maupun di laut. Pada daerah ini material batuan penyusun utama lingkungan ini juga sangat spesifik serta mengandung potensi sumber daya alam dari bahan tambang yang cukup besar. Volcanic arc merupakan jalur pegunungan aktif di Indonesia yang memiliki topografi khas dengan sumberdaya alam yang khas juga. Back arc merupakan bagian paling belakang dari rangkaian busur tektonik yang relatif paling stabil dengan topografi yang hampir seragam berfungsi sebagai tempat sedimentasi. Semua daerah tersebut memiliki kekhasan dan keunikan yang jarang ditemui di daerah lain, baik keanegaragaman hayatinya maupun keanekaragaman geologinya.

#### 1. Lempeng Benua Eurasia (Eropa dan Asia)

Lempeng Eurasia adalah lempeng tektonik terbesar ketiga yang berada di daerah Eurasia, daratan yang terdiri dari benua Eropa dan Asia kecuali di daerah India, Jazirah Arab, dan timur Pegunungan Verkhoyansk di Siberia Timur. Ini adalah yang terbesar ketiga, sedikit lebih kecil dari lempeng Pasifik dan lempeng Amerika Utara. Karena batas lempeng tektonik Bumi

seringkali terdiri dari kerak benua dan samudra, Lempeng Eurasia mengandung bagian dari Samudra Atlantik dan Samudra Arktik

## 2. Lempeng Samudra Hindia

Lempeng samudra India adalah salah satu lempeng tektonik utama yang membentangi khatulistiwa di belahan bumi timur. Lempeng Benua Australia

Lempeng Indo-Australia ialah nama untuk 2 lempeng tektonik yang termasuk benua Australia dan samudra di sekelilingnya yang memanjang ke barat laut sampai termasuk anak benua India dan perairan di sekelilingnya. Lempeng ini terbagi atas dua lempeng sepanjang perbatasan yang kurang aktif: lempeng Australia dan lempeng India yang lebih kecil. Kedua lempeng itu bergabung bersama antara 50 sampai 55 juta tahun lalu, sebelum masa itu, kedua lempeng itu bergerak sendiri-sendiri.

## 3. Lempeng Samudra Pasifik

Lempeng Benua Asia dan Eropa (Eruasia) relatif stabil dibanding lempeng yang lainnya. Lempeng Samudra Hindia dan lempeng Australia bergerak menuju ke arah utara mendesak lempeng Benua Asia dan Eropa. Sedangkan lempeng Samudra Pasifik bergerak ke arah barat mendesak lempeng Benua Asia dan Eropa. Pertemuan tiga lempeng tersebut, merupakan jalur gempa di Indonesia.

## 4) Contoh Gempa Bumi yang Pernah Terjadi di Indonesia

1. Aceh (2004) Minggu pagi 26 Desember 2004, sebuah peristiwa alam besar terjadi di dasar Samudera Hindia, lepas pantai Sumatera, Nias (2005), Pangandaran (2006), Jogjakarta (2006), Padang (2009), Donggala, Palu (2018)
2. Gempa bumi Sumatra tahun 1833 berkekuatan 8,8 sampai 9,2 SR
3. Gempa bumi Sumatra tahun 2005 berkekuatan 8,7 SR
4. Gempa Laut Banda tahun 1938 berkekuatan 8,5 SR
5. Gempa bumi Sumatra 1861 berkekuatan 8,5 SR
6. Gempa bumi Sumatra tahun 1797 berkekuatan 8,4 SR
7. Gempa bumi Bengkulu tahun 2007 berkekuatan 7,9 SR
8. Gempa bumi Jawa tahun 2006 berkekuatan 7,7 SR
9. Gempa bumi di Sumatera tahun 2009 berkekuatan 7,6
10. Gempa bumi di Papua tahun 2009 berkekuatan 7,6 SR

## **5) Proses Terjadinya Gempa Bumi**

Gempa bumi terjadi pada saat batuan di kerak bumi mengalami tekanan yang sangat hebat oleh pergerakan lempeng-lempeng yang menjadi landasan benua. Sebagian besar terjadi ketika dua lempengan di kerak bumi saling bergesekan. Lempengan yang dimaksud yaitu lempeng samudera dan lempeng benua. Ketika lempeng saling bergesek dan bertumbukan, akan menghasilkan gelombang kejut, yang kita rasakan sebagai gempa bumi. Proses terjadinya gempa bumi tersebut yaitu Lempeng samudera yang rapat massa lebih besar ketika bertumbukan dengan lempeng benua di area tumbukan (subduksi) akan bergerak menyusup ke bawah. Gerakan lempeng itu akan mengalami perlambatan akibat bergesekan dengan selubung bumi, yang lebih lanjut menyebabkan akumulasi energi di area patahan dan area subduksi. Akibatnya, di sekitar area-area tersebut terjadi tekanan, tarikan, dan geseran. Ketika batas elastisitas lempeng terlampaui, maka terjadilah patahan batuan yang diikuti oleh lepasnya energi secara tiba-tiba. Proses tersebut mengakibatkan getaran partikel ke segala arah yang disebut sebagai gelombang gempa bumi (seismic waves). Nah, di sekitar daerah tumbukan lempeng-lempeng itulah gempa bumi bisa terjadi.

## **6) Antisipasi Gempa Bumi dan cara Penanggulangannya**

Oleh karena membawa dampak merugikan bagi kehidupan khususnya kehidupan manusia maka diperlukan upaya-upaya antisipasi baik sebelum terjadi gempa, saat terjadi gempa, dan setelah terjadi gempa. Upaya tersebut diperlukan mengingat letak Indonesia yang berada pada zona utama gempa bumi.

### **1. Upaya penanggulangan sebelum terjadi gempa:**

- a. Mengetahui pintu-pintu keluar masuk untuk keadaan darurat.
- b. Barang/benda yang berbobot berat disimpan di tempat yang kokoh dan stabil terhadap guncangan.
- c. Pipa saluran gas dan pipa saluran air dipastikan tidak bocor dan tertutup baik saat tidak digunakan untuk mencegah bencana pengiring gempa seperti kebakaran dan gangguan sanitasi.
- d. Kabel-kabel listrik ditata rapi untuk menghindari hubungan singkat akibat guncangan dan dipastikan sekering berfungsi dengan baik.

### **2. Upaya penanggulangan saat terjadi gempa:**

- a. Jika berada di dalam bangunan ;usahakan tetap tenang dan tidak panic, gunakan pintu dan tangga darurat untuk keluar dan jangan menggunakan lift atau elevator, jangan berlindung di bawah jembatan, jalan layang, ataupun benda-benda yang menggantung tapi berlindunglah di bawah meja yang kokoh, dan jangan dulu masuk bangunan sebelum dipastikan tidak terjadi gempa susulan .
  - b. Jika berada di luar bangunan ;carilah tanah lapang, jangan berlindung di bawah pohon atau di tempat dekat tiang/gardu listrik dan getaran gempa kuat, ambillah posisi duduk daripada berdiri.
  - c. Jika sedang mengemudikan kendaraan ;hentikan perjalanan dan segera menepi, jangan memberhentikan kendaraan di atas jembatan, jalan layang, atau persimpangan jalan, dan jangan segera melanjutkan perjalanan sebelum dipastikan tidak terjadi gempa susulan selang beberapa lama.
3. Upaya penanggulangan setelah terjadi gempa:
- a. Periksa diri Anda dan orang di sekeliling Anda apakah baik-baik saja atau mengalami luka-lukaa.
  - b. Jika terdapat korban yang mengalami luka-luka, gunakan kotak P3K sebagai pertolongan pertama dan segera bawa ke Puskesmas/rumah sakit terdekat.
  - c. Nyalakan radio atau televise untuk mengetahui informasi dari instansi pemerintah.
  - d. Jika getaran gempa cukup kuat, dirikanlah untuk sementara tenda-tenda darurat di halaman atau tanah lapang untuk menghindari gempa susulan.

## **B. TSUNAMI.**

### **1) Pengertian Tsunami**

Tsunami (berasal dari Bahasa Jepang: Tsu = pelabuhan, Nami = gelombang, secara harafiah berarti “ombak besar di pelabuhan”) yang artinya adalah perpindahan badan air atau gelombang laut yang terjadi karena adanya gangguan impulsif. Gangguan impulsif tersebut terjadi akibat adanya perubahan bentuk dasar laut yang disebabkan oleh perubahan permukaan laut secara vertikal dengan tiba-tiba(Pond and Pickard, 1983) atau dalam arah horizontal (Tanioka and Satake, 1995).

Perubahan permukaan laut tersebut bisa disebabkan oleh gempa bumi yang berpusat di bawah laut, letusan gunung berapi bawah laut, longsor bawah laut, atau hantaman meteor di laut. Gelombang tsunami dapat merambat ke segala arah. Tenaga yang dikandung dalam

gelombang tsunami adalah tetap terhadap fungsi ketinggian dan kelajuannya. Di laut dalam, gelombang tsunami dapat merambat dengan kecepatan 500-1000 km per jam. Setara dengan kecepatan pesawat terbang. Ketinggian gelombang di laut dalam hanya sekitar 1 meter. Dengan demikian, laju gelombang tidak terasa oleh kapal yang sedang berada di tengah laut. Ketika mendekati pantai, kecepatan gelombang tsunami menurun hingga sekitar 30 km per jam, namun ketinggiannya sudah meningkat hingga mencapai puluhan meter. Hantaman gelombang Tsunami bisa masuk hingga puluhan kilometer dari bibir pantai. Kerusakan dan korban jiwa yang terjadi karena Tsunami bisa diakibatkan karena hantaman air maupun material yang terbawa oleh aliran gelombang tsunami.

## 2) Penyebab Tsunami

Ada beberapa penyebab yang mengakibatkan terjadinya tsunami. Faktor penyebab terjadinya tsunami itu adalah:

- a. Gempa bumi yang berpusat dibawah laut, Meskipun demikian tidak semua gempa bumi dibawah laut berpotensi menimbulkan tsunami. Gempa bumi dibawah laut yang dapat menyebabkan terjadinya tsunami adalah gempa bumi dengan kriteria sebagai berikut
  1. Gempa bumi yang terjadi di dasar laut.
  2. Pusat gempa kurang dari 30 km dari permukaan laut.
  3. Magnitudo gempa lebih besar dari 6,0 SR
  4. Jenis pensesaran gempa tergolong sesar vertikal (sesar naik atauturun).
- b. Letusan gunung berapi, letusan gunung berapi dapat menyebabkan terjadinya gempa vulkanik. Tsunami besar yang terjadi padatahun 1883 adalah akibat meletusnya Gunung Krakatau yang berada di Selat Sunda. Meletusnya Gunung Tambora di Nusa Tenggara Barat pada tanggal 10-11 April 1815 juga memicu terjadinya tsunami yang melanda Jawa Timur dan Maluku
- c. Longsor bawah laut, longsor bawah laut ini terjadi akibat adanya tabrakan antara lempeng samudera dan lempeng benua. Proses ini mengakibatkan terjadinya palung laut dan pegunungan.
- d. Hambatan meteor laut, jatuhnya meteor yang berukuran besar di laut juga merupakan penyebab terjadinya tsunami.

Berikut adalah persamaan perambatan gelombang tsunami yang dirumuskan oleh gangguan yang berasal dari lantai samudra. Gelombang massa air laut yang menjalar dari

koordinat tempat terjadinya gangguan sampai ke garis pantai yang sangat dipengaruhi oleh kondisi bathymetri dasar samudra (Setyonegoro, 2011).

$$v = \sqrt{gh}$$

Keterangan :

$v$  = Kecepatan gelombang (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$H$  = Ketinggian gelombang (m)

Propagasi gelombang tsunami akan memiliki puncak gelombang yang rendah di pusat gangguan ( dalam hal ini gempa bumi) di tengah samudera, dan akan mengalami kenaikan amplitude puncak gelombangnya saat mencapai daratan. Hal ini disebabkan penjalaran gelombang yang dipengaruhi oleh stuktur bathymetri dasar laut dari pusat gempa bumi ke daratan gambar II-2 (Setyonegoro, 2011)

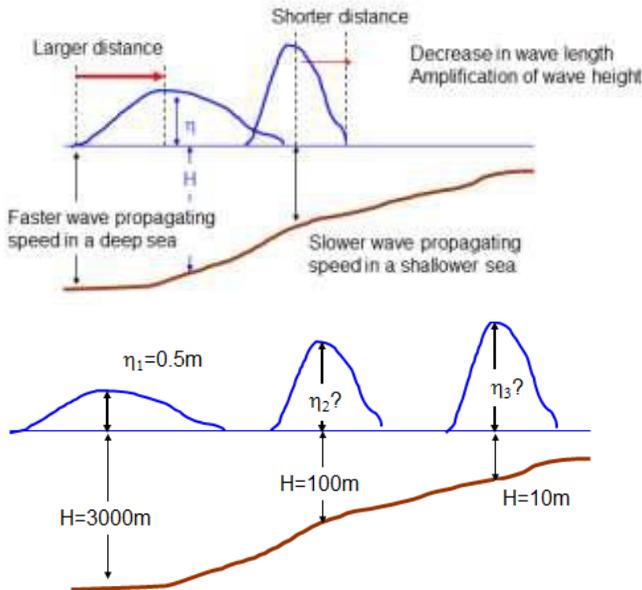
$$\eta H^{3/4} = const.$$

$$\eta \rightarrow \left( \frac{H_1}{H_2} \right)^{4/3}$$

Keterangan :

$H$ : Kedalaman (m)

$\eta$  : Tinggi gelombang (m)



Gambar 1 Propagasi Gelombang Tsunami ( Setyonegoro, 2011)

Propagasi Gelombang tsunami dari pusat gangguan (Sumber Gempabumi) sampai ke garis pantai yang di pengaruhi oleh kondisi batrimetri bawah permukaan air laut. Propagasi gelombang tsunami akan memiliki puncak gelombang yang rendah di pusat gangguan (dalam hal ini gempabumi) di tengah samudra dan akan mengalami kenaikan amplitude puncak gelombang saat mencapai daratan. Hal ini di sebabkan propagasi gelombang yang di pengaruhi oleh struktur batrimetri dasar laut dari pusat gempa bumi ke daratan. (Gambar 1)

### **3) Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Tinggi Tsunami**

Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ketinggian tsunami yakni (Natawidjaja, 2007) :

#### **a. Bentuk Pantai atau Morfometri Pantai**

Refraksi adalah transformasi gelombang akibat adanya perubahan geometri dasar laut. Di tempat dimana terjadi penyempitan maka akan terjadi konsentrasi yang lebih, sehingga timbul gelombang di tempat itu akan membesar.

#### **b. Kelandaian Pantai**

Jarak jangkauan terjadinya tsunami ke daratan juga ditentukan oleh terjal dan landainya morfologi pantai dimana pada pantai terjal tsunami tak akan terlalu jauh mencapai daratan karena tertahan dan dipantulkan kembali oleh tebing pantai, sementara dipantai landai, tsunami menerjang sampai beberapa kilometer masuk ke daratan. Bila tsunami menjalar ke pantai maka ia akan mengalami perubahan kecepatan, tinggi dan arah, suatu proses yang sangat kompleks meliputi shoaling, refraksi, difraksi, dan lain-lain. Shoaling adalah proses pembesaran tinggi gelombang karena pendangkalan dasar laut. Gempa bumi biasanya terjadi di dekat pertemuan lempeng benua dan samudera di laut dalam, lalu menjalar ke pantai yang lebih dangkal. Aliran ini akan teramplifikasi ketika mendekati daratan akibat efek shoaling. Sedangkan difraksi merupakan perubahan gelombang akibat ada struktur penghalang atau bangunan. Ini terjadi bila gelombang terintang sehingga dipantulkan kembali. Suatu bangunan tegak dan padat akan lebih mampu memecah daripada yang miring dan tembus air. Bangunan tembok laut (breakwater) seperti di Jepang, memang efektif menghalangi terjangan tsunami.

Tabel 1 Indikator kelerengan pantai (Van Zuidam ,1983)

Satuan	Sudut (%)
Datar	0 - 2
Miring Landai	3 - 7
Miring	8 - 13
Miring Sedang	14 - 20
Miring Terjal	21- 55
Miring Sangat Terjal	55 - 140
Pegunungan Miring sangat Terjal	> 140

c. Vegetasi dan Struktur Penghalang Di Sekitar Pantai

Kekuatan hutan pantai meredam tsunami makin terbukti jika hutan semakin tebal, misalnya hutan dengan lebar 400 meter dihantam tsunami dengan ketinggian 3 meter maka jangkauan Run up tinggal 57%, tinggi genangan setelah melewati hutan pantai tersisa 18%, arus tinggal 2%.

d. Arah Gelombang Tsunami

Gelombang tsunami yang datang dengan arah tegak lurus dengan pantai tentu akan menyebabkan tinggi gelombang tsunami lebih tinggi jika dibandingkan tinggi gelombang tsunami dengan arah sejajar atau dengan sudut tertentu. Seperti datang dari arah barat, timur, barat daya ataupun dari arah tenggara.

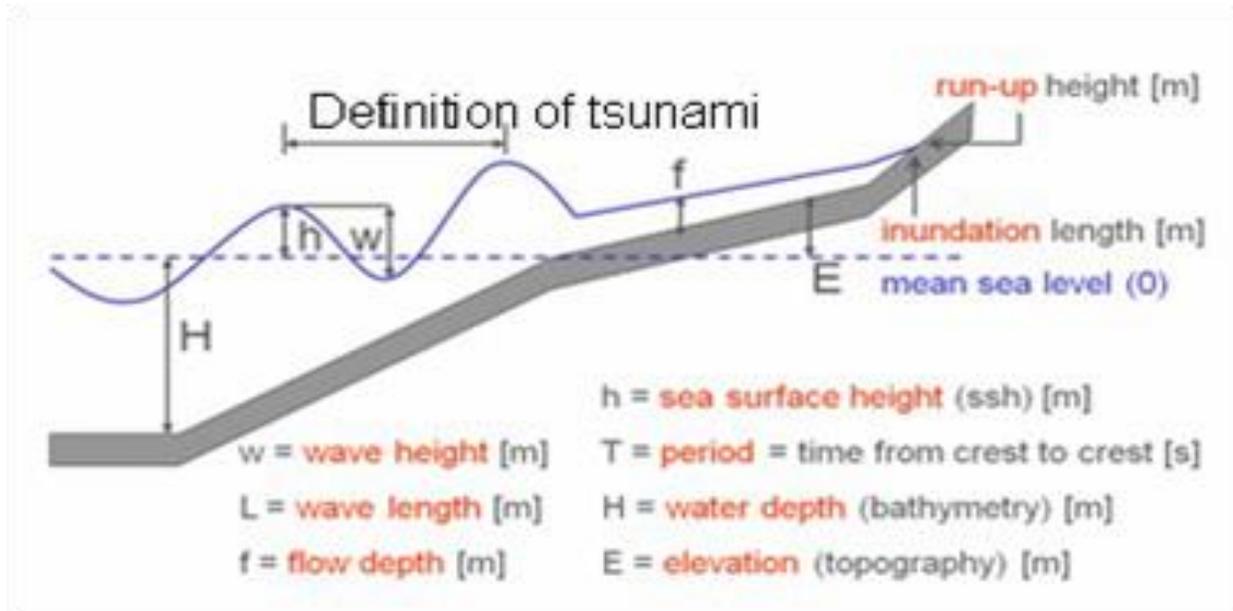
e. Efek Pemantulan Dari Pulau Lain

Gelombang tsunami yang terjadi tidak langsung berasal dari sumbernya, akan tetapi terjadi karena akibat adanya pemantulan gelombang dari sekitar pulau yang terkena dampak gelombang tsunami.

**4) Parameter Gelombang Tsunami**

Bencana tsunami biasanya dibangkitkan di perairan yang dalam kemudian menjalar ke perairan yang lebih dangkal. Saat telah memasuki perairan yang dangkal tsunami kemudian akan

mengalami transformasi gelombang, sehingga akan menghasilkan beberapa parameter. Parameter-parameter akibat transformasi tersebut adalah:



Gambar 2 Parameter Tsunami (behren, 2007)

a. Tinggi Tsunami

Didefinisikan sebagai jarak vertikal antara puncak gelombang dengan titik nol muka laut (mean sea level) yang membesar pada saat tsunami menjalar dari pusat tsunami ke garis pantai. Tinggi tsunami akan mencapai nilai maksimum di pantai-pantai yang berbentuk seperti huruf U atau V, misalnya di teluk atau di muara sungai. Pantai yang terbentuk seperti pelabuhan, teluk atau muara sungai tergolong sebagai pantai yang rawan terhadap bencana tsunami

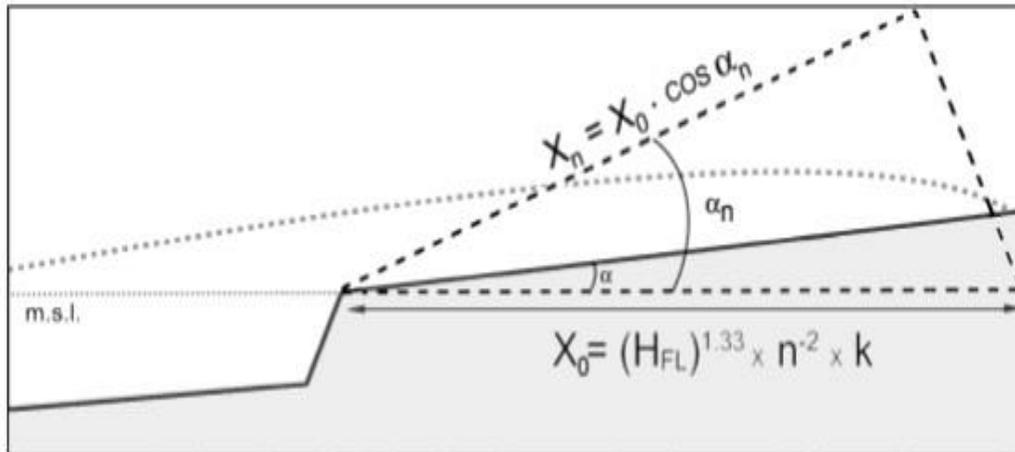
b. Run up Tsunami

Merupakan jarak vertikal antara ujung tsunami di pantai dengan titik nol muka laut atau mean sea level. Tinggi run up dan tinggi tsunami bergantung pada magnitude gempa, morfologi dasar laut, dan bentuk pantai. Limit atas run up merupakan parameter yang sangat penting untuk menentukan profil pantai.

c. Genangan (Inundation)

Inundasi atau genangan adalah hasil tsunami yang menempuh jarak jauh ke pedalaman dan merupakan pengukuran horizontal jalur tsunami. Genangan bisa terjadi hingga 300 meter

atau lebih menutupi daerah dengan puing-puing. Saat tsunami tiba di garis pantai, gelombang pecah dan menjalar ke daratan. Efek tsunami ditentukan oleh beberapa faktor: tinggi gelombang Tsunami, tinggi run-up dan jarak run-up. Luasan inundasi bergantung pada struktur topografi daratan dekat pantai, Gambar 3



Gambar 4 Estimasi perembesan daratan untuk sektor pesisir ( Pignatelli et. al, 2009).

melalui perumusan inundasi berdasarkan run-up tsunami dihitung oleh Hills, J. G. & Mader, C. L. 1997, dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_{\max} = (H_s)^{1.33} n^{-2} k \cos S$$

Keterangan :

$X_{\max}$  : Inundasi maksimum (m),

$H_s$  : Run-up tsunami maksimum (m)

$k$  : konstanta (0,06 selama bertahun-tahun tsunami)

$S$  : Kemiringan Pantai

$n$  : Koefisien Manning

Tabel 2 nilai koefisien Manning/kekasaran (Berryman,2006)

Jenis Penggunaan/ Penutupan Lahan	Nilai Koefisien Manning
Badan Air	0,007
Belukar / Semak	0,040
Hutan	0,070
Perkebunan	0,035
Lahan Kosong	0,015
Lahan Pertanian	0,025
Permukiman	0,045
Mangrove	0,025
Tambak /empang	0,010

### 5) Cara Penanggulangan Tsunami

Adapun cara yang dilakukan untuk penanggulangan bencana tsunami adalah :

- a. Melaksanakan evakuasi secara intensif.
- b. Melaksanakan pengelolaan pengungsi.
- c. Melakukan terus pencarian orang hilang, dan pengumpulan jenazah.
- d. Membuka dan hidupkan jalur logistik dan lakukan resuplay serta pendistribusian logistik yang diperlukan.
- e. Membuka dan memulihkan jaringan komunikasi antar daerah atau kota.
- f. Melakukan pembersihan kota yang hancur dan penuh puing dan lumpur.
- g. Menggunakan dana pemerintah untuk penanggulangan bencana dan gunakan pula dengan tepat sumbangan dana baik dari dalam maupun luar negeri.
- h. Menyambut dengan baik dan libatkan unsur civil society.

### 6) Historis Tsunami di Indonesia

- a. Tsunami Sumatra Tahun 1964
- b. Tsunami Seram – Maluku Tahun 1965.
- c. Tsunami Tinabung – Sulawesi Tahun 1967.

- d. Tsunami Tambu – Sulawesi Tahun 1968
- e. Tsunami Majene – Sulawesi Tahun 1969
- f. Tsunami Sumba Tahun 1977
- g. Tsunami NTB, Bali, Lombok, Sumbawa Tahun 1979
- h. Tsunami Banggai, Sulawesi Tengah Tahun 2000.
- i. Tsunami Aceh Tahun 2004
- j. Tsunami Nias Tahun 2005
- k. Tsunami Mentawai Tahun 2010.

### **C. ABRASI SEBAGAI BENCANA NASIONAL.**

#### **1) Pengertian Abrasi dan Penyebabnya**

Abrasi merupakan permasalahan yang sering muncul di daerah pesisir yang diakibatkan oleh aktivitas gelombang. Abrasi atau pengikisan pada pantai antara lain disebabkan karena berkurangnya atau hilangnya struktur penahan gelombang alami, seperti bukit pasir (sand dunes), terumbu karang dan vegetasi pantai. Gelombang laut yang memiliki energi besar, yang seharusnya pecah atau direfleksikan kembali ke laut oleh penahan gelombang alami, menggempur bibir pantai, lalu membawa material pantai ke laut lepas. Akibatnya adalah garis pantai dari tahun ke tahun akan berkurang dan pada akhirnya akan mengancam prasarana di pesisir. Apabila abrasi seperti ini tidak ditangani secara efektif, kedepan akan merusak prasarana yang ada seperti jalan dan pemukiman yang dapat membahayakan masyarakat di sepanjang pantai. Survey membuktikan setidaknya ada 5 penyebab abrasi yang disebabkan oleh manusia, yaitu (Diposaptono, 2011):

1. Terperangkapnya angkutan sedimen sejajar pantai akibat bangunan buatan seperti groin, jetty, breakwater pelabuhan dan reklamasi yang sejajar garis pantai.
2. Timbulnya perubahan arus akibat adanya bangunan di pantai / maritime.
3. Berkurangnya suplai sedimen dari sungai akibat penambangan pasir, dibangunnya dam disebelah hulu sungai dan sudetan (pemindahan arus sungai).
4. Penambangan terumbu karang dan pasir pantai.
5. Penebangan dan Penggundulan hutan mangrove

## 2) **Dampak Abrasi**

Abrasi merupakan proses pengikisan pantai yang dikarenakan kekuatan gelombang laut dan arus laut yang kuat dan bersifat merusak, kerusakan atau abrasi pantai disebabkan oleh factor alam dan factor manusia, seperti pengambilan batu dan pasir di pesisir pantai, atau penebangan pohon di sekitar pantai, kurang diperhatikannya hutan mangrove. Manusia mengambil kayu dari hutan mangrove dan hutan pantai untuk kehidupan sehari-hari, seperti untuk kebutuhan bahan bakar dan bahan bangunan rumah. Apabila pengambilan kayu dilakukan secara terus-menerus maka pohon-pohon di pesisir pantai akan berkurang dan habis. Kerapatan pohon yang rendah pada pesisir pantai memperbesar peluang terjadinya abrasi.

Membuat rencana detail tata ruang daerah pesisir adalah salah satu langkah dalam meminimalisir dampak abrasi, di daerah pesisir pantai yang rawan abrasi sangat penting untuk mengatur penggunaan lahan. Rencana detail tata ruang ini digunakan untuk membuat zoning kawasan lindung dan budidaya. Setiap persil seharusnya ditentukan guna lahan, KDB, KLB, jumlah lantai agar pembangunan daerah pesisir dapat terarah. (Rahtama, 2014)

Hal – hal yang menjadi tantangan dalam upaya penanggulangan bencana abrasi dan gelombang ekstrim ini adalah diantaranya (A. Hakam, dkk, 2013) :

- a. Sosialisasi perubahan pola penanggulangan bencana
- b. Perlunya penanganan yang mengacu pada tata ruang dan wilayah agar dampak abrasi tidak semakin meluas.
- c. Besarnya kebutuhan pengembangan kapasitas dalam penanggulangan bencana.
- d. Perlu peningkatan komitmen pemerintah daerah sebagaimana tertuang dalam porsi APBD untuk penanggulangan bencana yang saat ini masih tergolong kecil (NAR 2013).
- e. Perlunya meninjau parameter penentuan bahaya dan resiko bencana abrasi.
- f. Tantangan terbesar dalam penanggulangan bencana abrasi adalah menjadikan penanggulangan bencana sebagai investasi dimasa depan.

## 3) **Penanggulangan Bencana Abrasi dan Gelombang Ekstrim**

- a. Sosialisasi perubahan pola penanggulangan bencana. Perubahan paradigma penanggulangan bencana dari responsif ke preventif yang terkandung dalam Undang-undang No. 24 tahun 2007 perlu dijabarkan menjadi kebijakan, peraturan-peraturan dan prosedur-prosedur tetap (protap) kebencanaan sampai ke tingkat pemerintahan yang paling rendah. Perlunya

perpaduan pengurangan risiko bencana ke dalam program-program pembangunan demi terbangun mekanisme penanggulangan bencana yang terpadu, efektif, efisien dan handal.

- b. Perlunya penanganan yang mengacu pada tata ruang dan wilayah agar dampak abrasi tidak semakin meluas. Kawasan pesisir memerlukan pola perencanaan tata ruang pesisir yang dipengaruhi oleh pembagian zona-zona perlindungan yang sangat ketat. Hal ini disebabkan karakter pesisir yang sangat dinamis tetapi rentan terhadap perubahan yang terjadi. Kondisi dinamis inilah yang menyebabkan perlunya dicari model pendekatan yang sesuai untuk penataan ruang wilayah pesisir.
- c. Perlunya pengembangan kapasitas dalam penanggulangan bencana yang melibatkan masyarakat sebagai subjek. Masyarakat bukan hanya diposisi sebagai objek melainkan juga sebagai pelaku yang harus berperan aktif untuk melindungi diri sendiri jika terjadi bencana.
- d. Besarnya kebutuhan pengembangan kapasitas dalam penanggulangan bencana. Jumlah penduduk yang besar tinggal di daerah rawan bahaya, akan melibatkan banyak komunitas yang perlu menerima gladi, simulasi dan pelatihan kebencanaan. Banyak tim siaga bencana komunitas yang perlu dibentuk dan diberi sumber daya yang memadai. Selain itu, di pihak pemerintah sendiri masih banyak daerah yang perlu ditingkatkan dalam hal kelembagaan penanggulangan bencana dan kelengkapannya, masih banyak aparat pemerintah yang perlu diberi pendidikan dan pelatihan kebencanaan agar dapat melaksanakan pembangunan yang berperspektif pengurangan risiko dan menyelenggarakan tanggap serta pemulihan bencana dengan baik.
- e. Perlunya sinkronisasi regulasi dan kewenangan penanganan bencana pada saat pra, selama, dan pasca bencana.
- f. Perlu peningkatan komitmen pemerintah daerah sebagaimana tertuang dalam porsi APBD untuk penanggulangan bencana yang saat ini masih tergolong kecil. Disamping itu baru sedikit daerah yang menjadikan bencana sebagai prioritas pembangunan, baik pra, saat, maupun pasca bencana (NAR 2013).
- g. Perlunya meninjau parameter penentuan bahaya dan resiko bencana abrasi. Besaran beberapa parameter (misal, kecepatan arus, gelombang ekstrim) masih perlu diteliti dengan melibatkan peran akademisi.
- h. Tantangan terberat dalam penanggulangan bencana abrasi adalah menjadikan penanggulangan bencana sebagai investasi dimasa depan. Dimana bila saat ini tidak

dilakukan penanggulangan, maka kerugian yang diderita akan timbul dimasa yang akan datang.

#### **4) Abrasi yang Pernah Terjadi di Wilayah Pesisir Indonesia**

##### **1. Semarang**

Abrasi pernah dilaporkan dalam Studi Perencanaan Tata Ruang Pesisir Kota Semarang (DKP Prov. Jateng, 2011)

Berdasarkan penelitian (A. Hakim,dkk, 2012) penyebab abrasi di pantai Kota Semarang adalah sebagai berikut :

- a. Terjadinya abrasi di lokasi penelitian dipengaruhi oleh morfologi pantai lokasi penelitian, kecepatan dan arah angin, serta intervensi manusia yang berupa pembangunan bangunan bangunan yang menjorok ke laut.
- b. Proyeksi luasan abrasi dilokasi penelitian pada tahun 2015 diperkirakan seluas 116.307 m<sup>2</sup> dan meningkat pada tahun 2020 seluas 174.593 m<sup>2</sup>.
- c. Penambahan bangunan pelindung pantai berupa Groin dan Seawall mampu mengurangi laju abrasi dan akresi, sedangkan bangunan pantai yang paling efektif untuk mengurangi laju abrasi di lokasi penelitian adalah Seawall.

##### **2. Pontianak**

Hutan mangrove di Kalimantan Barat mencapai areal seluas 40.000 hektar yang berlokasi di sepanjang pantai muara Sanguiduri, pantai Singkawang, Pemangkat, delta Sungai Kapuas bagian selatan, muara Sungai Ambawang, daerah Pulau Padang Tikar dan Pulau Maya, daerah muara Sungai Kualam serta pantai Katapang (Abdul Syukur, 1984).

Permasalahan yang dihadapi sampai saat ini adalah pertambahan jumlah penduduk yang sangat pesat terutama di daerah pantai sepanjang jalan Pontianak-Singkawang-Sambas. Hal ini menyebabkan banyak hutan mangrove yang rusak ditebang oleh penduduk untuk memenuhi kayu bakar dan bahan bangunan. Rusaknya mangrove ini diperkirakan salah satu penyebab erosi pantai makin cepat. Salah satu alternative untuk mengurangi terjadinya erosi tersebut adalah reboisasi mangrove, sekalipun merupakan upaya jangka panjang. (Soeroyo, 1992)

##### **3. Bali**

Salah satu contoh kerusakan pantai di Indonesia adalah kerusakan pantai yang terjadi di Tanah Lot Bali. Menurut Bali Beach Concervation Project (2005), Bali memiliki panjang pantai

± 430 km, sekitar 18 % nya merupakan pantai karang dengan pasir putih. Sekitar 16 % atau 70 km dari panjang pantai yang ada telah mengalami erosi/abrasi akibat faktor alam maupun akibat ulah manusia. Beberapa daerah pantai Bali yang telah mengalami kerusakan antara lain Pantai Kuta, Sanur, dan Tanah Lot. Abrasi pantai yang terjadi di Tanah Lot telah mencapai 1,5 cm sampai 2 cm per tahunnya. Apabila abrasi yang terjadi tidak segera ditangani maka dapat mengakibatkan rusaknya Pure yang berada di Tanah Lot tersebut. (Surenddro, 2012)

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disampaikan kesimpulan dan saran sebagai berikut (Surenddro, 2012) :

- a. Pemecah gelombang bawah air sangat cocok untuk keperluan penanggulangan abrasi yang diakibatkan oleh gelombang, terutama untuk kawasan wisata pantai.
- b. Karena konstruksinya tidak terlihat, maka pemecah gelombang bawah air tidak akan mengurangi keindahan panorama pantai.
- c. Pemecah gelombang bawah air dapat menghancurkan energi gelombang berkisar antara 32 s.d 60 %.

#### 4. Tanah Laut Kalimantan Selatan

Abrasi kian mengancam wilayah pesisir. Keganasan alam mendesak kehidupan nelayan. Garis pantai di pesisir Tabunio terkikis hingga lebih dari 50 meter dalam lima tahun terakhir. Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan memperkirakan kerusakan pantai akibat abrasi telah mencapai ratusan kilometer. Panjang garis pantai wilayah ini mencapai 1.330 kilometer (Media Indonesia, 2011).

Kondisi itu mengharuskan pemerintah daerah, baik provinsi maupun kabupaten dan kota, harus merogoh anggaran sangat dalam. Dana dibutuhkan untuk membangun jalan layang, beronjong, dan menanam kembali pohon penahan abrasi. Kepala Dinas Pekerjaan Umum Kalimantan Selatan Arsyadi mengatakan abrasi terparah terjadi di sepanjang pesisir Kabupaten Tanah Laut dan Tanah Bumbu.

Untuk merehabilitasi dibutuhkan pembangunan jalan layang. Dananya diperkirakan mencapai Rp170 miliar. Pembangunan beronjong atau dam penahan gelombang juga terus dilakukan. Hanya saja, progresnya kalah cepat ketimbang perluasan dampak abrasi. Menanam bakau pun menjadi program lain. Untuk yang satu ini.

## **D. FENOMENA EL NINO DAN LA NINA.**

### **1. Latar Belakang Terjadinya El Nino dan La Nina.**

Fenomena El Nino adalah peristiwa memanasnya suhu air permukaan laut di pantai barat Peru Equador (Amerika Selatan), yang mengakibatkan gangguan iklim secara global. Biasanya suhu air permukaan laut di daerah dingin, karena adanya "up welling" arus dari dasar laut menuju permukaan.

Proses Terjadinya El Nino, Pada saat-saat tertentu air laut yang panas dari perairan Indonesia bergerak ke arah timur menyusuri equator, hingga sampai ke pantai barat Amerika Selatan (Peru-Bolivia). Pada saat yang bersamaan, air laut yang panas dari pantai Amerika Tengah bergerak ke arah selatan, hingga sampai ke pantai barat Peru Equador. Akhirnya akan terjadilah pertemuan antara air laut yang panas dari Indonesia dengan air laut yang panas dari Amerika Tengah di pantai barat Peru-Ecuador, dan berkumpul massa air laut panas dalam jumlah yang besar dan menempati daerah yang luas.

Permukaan air laut yang panas tersebut, kemudian menularkan panasnya pada udara di atasnya, sehingga udara di daerah itu memuai ke atas (konveksi), dan terbentuklah daerah bertekanan rendah, di pantai barat Peru Equador. Akibatnya angin yang menuju Indonesia hanya membawa sedikit uap air, sehingga terjadilah musim kemarau yang panjang.

Sedangkan Fenomena La Nina merupakan kebalikan El Nino. Peristiwa ini dimulai ketika El Nino mulai melemah, dan air laut yang panas di pantai Peru-Ecuador kembali bergerak ke arah barat, air laut di tempat itu suhunya kembali seperti semula (dingin), dan up-welling muncul kembali, atau kondisi cuaca menjadi normal kembali. Dengan kata lain La Nina adalah kondisi cuaca yang normal kembali setelah terjadinya El Nino.

Proses Terjadinya La Nina, Perjalanan air laut yang panas ke arah barat tersebut akhirnya akan sampai ke wilayah Indonesia. Akibatnya wilayah Indonesia akan berubah menjadi daerah bertekanan rendah (minimum) dan semua angin di sekitar Pasifik Selatan dan Sumatera Hindia akan bergerak menuju Indonesia. Angin tersebut banyak membawa uap air, sehingga di Indonesia akan sering terjadi hujan lebat. Itulah sebabnya penduduk Indonesia diminta untuk waspada, karena hujan yang lebat dapat menyebabkan banjir.

## DAFTAR PUSTAKA

A.Hakam & B. Istijono, dkk. 2013. Penanganan Abrasi Pantai di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Riset Kebencanaan Mataram. Mataram : Pusat Studi Bencana Universitas Andalas

A.Hakim & Suharyanto & Wahyu Krisna Hidajat. 2012. Efektifitas Penanggulangan Abrasi Menggunakan Bangunan Pantai di Pesisir kota Semarang. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Semarang. Semarang : Universitas Diponegoro

Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah Kab. Demak. 2006. Detail Engineering Penanganan Abrasi dan Rob.

Diposaptono, S. 2011. Mitigasi Bencana dan Adaptasi Perubahan Iklim. Kementerian Kelautan dan Perikanan, Direktorat Kelautan dan Pesisir dan Pulau – Pulau Kecil.Jakarta

Evans. Stewart M dan Sahala Hutabarat. 1985. Pengantar Oceanografi. Jakarta : Universitas Indonesia

Fadilah, Supirin, Dwi P Sasongko. 2013. Identifikasi Kerusakan Pantai Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu. Magister Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang. Indonesia

Hang Tuah, S. 2003. Hidraulika Pantai (coastal engineering). Diktat Kuliah. Institut Teknologi Bandung.

Soeroyo. 1992. Reboisasi mangrove merupakan salah satu cara penghambat erosi pantai di kal-bar. Pontianak : Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi - LIPI Jakarta

Suhendro, Bambang. 2012. Perlindungan Abrasi Pantai Akibat Gelombang di Tanah lot Bali. Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang

Sutikno, 1993. Karakteristik Bentuk dan Geologi di Indonesia. Yogyakarta: Diklat PU Wil III. Dirjen Pengairan DPU.

Yuwono, N. 1993. Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II. Yogyakarta : PAU Ilmu Teknik UGM

Bappeda Litbang Kabupaten Pekalongan. 2018. *Strategi, Kebijakan dan Program Penanganan Banjir dan Rob di Kabupaten Pekalongan.*

Dinas PU SDA TARU Provinsi Jawa Tengah, 2018. *Strategi, Kebijakan dan Program Penanganan Banjir dan Rob di Wilayah Pekalongan.*

DPUPR Kota Pekalongan. 2018. *Strategi, Program Penanganan Banjir Rob Kota Pekalongan.* Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. 2017. *DED sistem drainase Kecamatan Wonokerto dan Kecamatan Tirto.*

Siswanto. Agus Bambang, 2014, *Modul Kuliah Manajemen Konstruksi, Untag Semarang*