

## **PENILAIAN KERENTANAN ZON PINGGIR PANTAI TERHADAP PERUBAHAN IKLIM MENGGUNAKAN GIS DAN PENDERIAAN JAUH: SATU KAJIAN LITERATUR**

<sup>1</sup>Leslie Anak Gerut

<sup>2</sup>Oliver Valentine Eboy

<sup>1&2</sup>Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Malaysia Sabah

<sup>1</sup>lesliegerut37@gmail.com

Tarikh dihantar: 13 Julai 2023 / Tarikh diterima: 1 Ogos 2023

**Abstrak** Sejak kebelakangan ini, perubahan iklim telah mendapat perhatian di seluruh dunia. Perubahan iklim bukan sahaja memberi impak negatif terhadap alam sekitar tetapi juga kepada aspek sosial dan ekonomi masyarakat, terutamanya kepada negara yang ingin mencapai pembangunan yang mampan. Kawasan pantai diklasifikasikan sebagai salah satu kawasan yang terdedah terutamanya kepada risiko semasa dan unjuran yang berkaitan dengan perubahan iklim. Oleh itu, berdasarkan kajian-kajian lepas, kertas kerja ini meneliti aplikasi GIS dan Penderiaan Jauh dalam menilai kesan perubahan iklim dan menggambarkan kawasan yang terdedah di zon pinggir pantai. Dalam hal ini, indikator khusus diperlukan untuk mengesan kawasan terdedah kepada impak perubahan iklim seperti Peningkatan Paras Laut, Purata Julat Pasang Surut, Ketinggian Ombak, Suhu, Halaju Angin, Ketinggian Zon Pantai, Cerun pantai, Perubahan Garis Pantai, Geomorfologi dan Jenis Guna Tanah dan Litupan Tanah. Sistem Maklumat Geografi atau dikenali sebagai *Geographic Information System* (GIS) merupakan sistem yang mampu menangkap, menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan memaparkan data yang berkaitan dengan spatial atau ruang yang merujuk kepada bumi. Aplikasi GIS merupakan sebuah aplikasi yang mampu untuk digunakan dalam penilaian kawasan berisiko dan penilaian kesan bencana alam seperti perubahan iklim. Peta-peta risiko dan kerentanan yang dihasilkan boleh menjadi suatu penilaian yang cepat membantu para pembuat keputusan terhadap kesan potensi bencana alam agar segera memulakan langkah-langkah yang sesuai bagi mengatasi kesan bencana alam yang sedang berlangsung, juga membantu setelah berlangsungnya proses bencana alam bagi menganggarkan jumlah kerugian dan kehilangan yang tidak dapat dielakkan. Akhir sekali, kertas kerja ini mencadangkan langkah-langkah mitigasi bagi mengatasi kesan perubahan iklim di kawasan pinggir pantai.

**Kata Kunci:** Perubahan Iklim, Zon Pinggir Pantai, Kerentanan, Sistem Maklumat Geografi, Penderiaan Jauh

### **PENDAHULUAN**

Perubahan iklim ialah sebarang perubahan iklim yang dikaitkan secara langsung atau tidak langsung kepada aktiviti manusia yang mengubah komposisi atmosfera global dan sebagai tambahan kepada kebolehubahan iklim semula jadi yang diperhatikan dalam tempoh yang boleh dibandingkan (Haliza Abdul Rahman, 2018). Perubahan iklim telah menjadi isu alam sekitar global yang mendominasi agenda antarabangsa dan salah satu isu paling mencabar bagi umat manusia. Malaysia boleh dianggap sebagai zon bebas daripada bencana berkaitan iklim. Bagaimanapun, bencana berkaitan iklim yang sederhana agak kerap berlaku akhir-akhir ini. Kesan potensi perubahan iklim dalam konteks Malaysia termasuk kenaikan paras laut, pengurangan hasil tanaman, penyakit yang lebih besar di kalangan spesies hutan dan kehilangan biodiversiti, hakisan pantai, peningkatan intensiti banjir, kemusnahan terumbu

karang, peningkatan kejadian penyakit, banjir air laut di kawasan pantai, penurunan ketersediaan air, kehilangan biodiversiti, dan fenomena kemarau yang lebih kerap (Haliza Abdul Rahman, 2018). Untuk menangani senario itu, Malaysia mengguna pakai 'prinsip berjaga-jaga' untuk mengurangkan dan menyesuaikan diri dengan perubahan iklim. Walau bagaimanapun, tindakan penting dan segera yang diperlukan dalam mengurangkan kesan perubahan iklim adalah seperti mengambil bahagian secara aktif dan melibatkan orang ramai dalam isu perubahan iklim.

Kesan ancaman berbeza daripada kejadian cuaca ekstrem, banjir, dan hujan kepada gelombang haba dan kemarau yang lebih melampau (Kumar et al., 2016). Peralihan ke arah tenaga yang boleh diperbaharui dan pengurusan perubahan iklim merupakan pemacu terpenting bagi perubahan dalam revolusi industri ke-3 yang bermula pada akhir abad ke-20. Walau bagaimanapun, langkah-langkah yang diambil untuk menangani perubahan iklim kurang daripada apa yang diperlukan bagi mengelakkan bencana besar akibat daripada perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia (Ciais et al., 2013). Kebanyakan negara membangun mengalami cabaran besar disebabkan oleh iklim yang ekstrem dan terutamanya bagi negara yang mempunyai penduduk yang sangat padat, sumber yang terhad, dan pergantungan kepada tenaga dan sumber yang tidak boleh diperbaharui, dan mempunyai kapasiti yang sangat sedikit untuk menghadapi ancaman alam sekitar ini (Rahman, 2018 dalam M. Marzouk et, at. 2021).

Menurut R.D. Arnott (2010) sebilangan besar penduduk dunia tertumpu di zon pantai, termasuk hampir semua bandar utama. Beliau juga menyatakan zon pantai digunakan untuk menangkap ikan, pengangkutan, rekreasi, pelupusan sampah, menyejukkan dan meminum air dan berpotensi menjadi sumber tenaga daripada kuasa pasang surut dan ombak. Banyak aktiviti ini menimbulkan persekitaran ancaman kepada sistem pantai, baik fizikal dan biologi, melalui pencemaran, pengelodakan, pengorekan, pengisian dan pelbagai aktiviti lain yang mengubah cara sistem semula jadi beroperasi (R. D. Arnott, 2010). Dalam beberapa tahun kebelakangan ini terdapat tekanan yang semakin meningkat daripada aktiviti riadah yang tertumpu kepada sukan air, dan rekreasi di pantai (R. D. Arnott, 2010). Di samping itu, proses semula jadi sering menimbulkan bahaya kepada manusia dan penggunaan zon pantai melalui tindakan ombak, banjir, lonjakan ribut, dan melalui hakisan pantai dan pemendapan (R. D. Arnott, 2010). Oleh kerana ancaman kepada kehidupan manusia dan aktiviti yang ditimbulkan oleh kesan alam sekitar dan bahaya semula jadi, terdapat insentif ekonomi yang kuat untuk meningkatkan pemahaman kita tentang proses yang beroperasi di zon pantai supaya kita dapat meminimumkan kesannya, dan menggunakan pengetahuan ini dalam pembangunan perancangan pengurusan zon pantai yang komprehensif (R.D. Arnott, 2010). Setiap negara maritim mempunyai perspektif unik tentang garis pantai mereka, dibentuk oleh sejarah dan budaya, dan oleh sifat fizikal dan biologi pantai itu sendiri. Terdapat persamaan di antara perbezaan yang besar sebagai contoh, rakyat Belanda dan Maldives kedua-duanya menghadapi ancaman yang sama yang ditimbulkan oleh populasi pantai yang padat dan paras laut yang meningkat (R.D. Arnott, 2010).

Kawasan pantai dianggap sebagai salah satu sistem alam sekitar yang terdedah terutamanya kepada risiko semasa dan unjuran yang berkaitan dengan perubahan iklim (Torresan et al., 2008). Walaupun daripada kawasan pantai membentuk kira-kira 2% sahaja daripada jumlah keluasan tanah di sekeliling dunia, kira-kira 10% daripada jumlah penduduk dunia tinggal di kawasan 10 meter ketinggian paras laut (Neumann et al., 2015). Perubahan iklim akan menyebabkan ancaman dalam komponen kawasan pantai yang berbeza. Satu daripada ancaman paling serius yang ditimbulkan oleh perubahan iklim di kawasan ini ialah kenaikan aras laut. Di mana, kira-kira 2.2 bilion orang, 29% daripada penduduk dunia, tinggal di kawasan yang mudah dinaiki banjir (Rentschler dan Salhab, 2020). Peningkatan aras laut akan membawa kepada kemasukan air masin ke darat, hakisan pantai, dan memburukkan lagi

kesan ribut pantai (Woodruff dan Ben Dor, 2018). Kawasan ini sensitif terhadap kenaikan aras laut, meningkatkan paras banjir dan jumlah pemendapan, meningkatkan suhu permukaan laut, mempercepatkan hakisan pantai, dan pencerobohan air laut, yang membawa kepada kesan sosio-ekonomi seperti perpindahan penduduk, kehilangan hartanah, kemelesetan aktiviti ekonomi dan perindustrian, kehilangan habitat pantai dan kehilangan pelancongan, rekreasi, dan fungsi pengangkutan (Torresan et al., 2008).

Sistem Maklumat Geografi atau dikenali sebagai *Geographic Information System* (GIS) adalah merujuk kepada sistem yang mampu menangkap, menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan memaparkan data yang berkaitan dengan spatial atau ruang yang merujuk kepada bumi (Ang Kean Hua, 2015). Youssef et al. (2009) menerangkan bahawa aplikasi GIS merupakan sebuah aplikasi yang mampu untuk digunakan dalam penilaian daerah berisiko dan penilaian bahaya-bahaya alam. Peta-peta risiko dan kerentanan yang dihasilkan boleh menjadi suatu penilaian cepat yang membantu para pengambil keputusan terhadap kesan potensi bahaya-bahaya alam sehingga dapat segera memulakan langkah-langkah yang sesuai bagi mengatasi kesan bahaya yang sedang berlangsung, juga membantu setelah berlangsungnya proses bahaya bagi menganggarkan jumlah kerugian dan kehilangan yang tidak dapat dielakkan oleh proses bahaya. Remote Sensing (RS) adalah bahagian utama sistem pemantauan untuk kebolehubahan dan perubahan iklim (Latifovic dan Pouliot, 2007). Pengintegrasian teknik RS dan GIS adalah pendekatan yang sesuai untuk mencapai tujuan tersebut. Pendekatan ini mengoptimalkan pengumpulan data dan menyelesaikan masalah aplikasi yang semakin kompleks dengan cekap. Selain itu, ia mempunyai potensi yang besar untuk menangkap, meneroka, mengurus dan memodelkan semua bentuk data yang dirujuk secara geografi (Mesev, 2008).

### ***Takrifan Zon Pinggir Pantai dan Garis Pantai***

Garis pantai atau pantai adalah kawasan di mana daratan bertemu dengan laut atau lautan, atau garis yang membentuk sempadan antara daratan dengan lautan atau tasik. Persekitaran pantai adalah salah satu sistem yang paling dinamik terletak di sempadan antara darat dan laut (Akshaya B. J., 2017).

Menurut Ditton et al. (1971) dalam Zaitul Zahira Ghazali et al. (2001), Zon pinggir pantai merupakan zon pertemuan antara darat dan laut iaitu satu jaluran lurus daratan dan ruang lautan yang terdapat berhampiran (meliputi air dan juga bahagian daratan yang tenggelam) dan saling bergantung. Zon pinggir pantai juga ditakrifkan sebagai kawasan dengan jarak tertentu mengarah ke daratan sehingga pelantar benua tetapi tiada had mengarah ke daratan. Di dalam jangkauan zon ini, kegiatan manusia boleh mengganggu atau memusnahkan ekosistem. Proses tabiinya merangkumi proses biologi, kimia dan fizikal. Takrifan kawasan pinggir pantai adalah lebih luas dan meliputi kawasan pinggir sebarang jasad air seperti pulau, pantai, sungai atau tasik yang mempunyai beberapa kepentingan asas seperti kawasan yang sensitif terhadap hakisan dan umumnya mengandungi ekosistem rapuh serta kaya dengan kepelbagaian biologi (Zaitul Zahira Ghazali et al., 2001).

Menurut Guariglia et al. 2006 garis pantai ditakrifkan sebagai sempadan antara daratan dan permukaan air. Ia merupakan bahagian landskap laut yang paling dinamik kerana bentuknya terjejas oleh faktor yang berbeza, seperti hidrografi, geologi, iklim, dan tumbuh-tumbuhan. Kesemua faktor ini menyumbang kepada perubahan bentuk garis pantai dalam keseimbangan dinamik. Selain fenomena alam, aktiviti antropik mempunyai peranan yang penting dalam mengubahsuai keseimbangan tersebut. Oleh itu, kemas kini peta zon pinggir pantai diperlukan untuk memahami faktor pendorong dan untuk menyediakan maklumat yang relevan untuk pengurusan sumber pantai dan perlindungan alam sekitar dan untuk merancang pembangunan mampan di kawasan pantai.

### ***Takrifan Peningkatan Paras Air Laut dan Kestabilan Pantai***

Perubahan dalam paras laut pada skala masa beberapa jam hingga beberapa tahun atau dekad boleh disebabkan oleh perubahan suhu permukaan laut, yang mencerminkan corak pemanasan dan penyejukan bermusim, serta perubahan skala dekad dalam tekanan global dan sistem angin seperti peristiwa ENSO. Perubahan dalam kekuatan atau kedudukan arus laut utama boleh mengubah kedudukan kawasan paras laut tinggi. Akhirnya, proses meteorologi seperti angin dan perubahan tekanan boleh menghasilkan paras air yang tinggi atau tekanan tinggi di sepanjang pantai. Perubahan paras laut yang berhampiran dengan garis pantai juga berpunca daripada kesan ombak (R. Davidson-Arnott et al., 1985). Hakisan pantai adalah disebabkan oleh sebab semula jadi akibat tindak balas pantai terhadap keadaan pantai semula jadi yang didorong oleh keadaan meteorologi lautan seperti angin, ombak, pasang surut dan arus. Hakisan pantai berlaku di kawasan aktif morfologi dan kawasan yang bersebelahan dengan muara sungai yang tertakluk kepada perubahan morfologi jangka pendek yang agak besar (Isfarita Ismail et al., 2018).

Menurut Zhang et al. (2004) kesan kenaikan paras laut akibat hakisan pantai, sekurang-kurangnya 70 peratus pantai berpasir dunia diketahui mengalami hakisan sehingga menjadi masalah global. Pada dasarnya, tiga faktor utama hakisan global yang berlaku di seluruh dunia ialah, kenaikan aras laut, ribut akibat perubahan iklim, dan gangguan alam sekitar daripada manusia. Walau bagaimanapun, tidak terdapat petunjuk jelas tentang peningkatan berterusan taufan sejak seratus tahun yang lalu. Begitu juga, gangguan manusia terhadap alam sekitar adalah tidak sama rata di seluruh dunia dan berbeza mengikut wilayah. Oleh itu, satu-satunya kemungkinan faktor perubahan garis pantai adalah kenaikan paras laut. Jadi penentuan sama ada kenaikan paras laut meningkat atau tidak menjadi sangat penting.

### ***Metod Dalam Menganalisis Kerentanan Pantai***

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), (2007) kerentanan boleh ditakrifkan sebagai tahap di mana sistem terdedah kepada, atau tidak dapat mengatasi, kesan buruk perubahan iklim, termasuk kebolehubahan iklim. Penilaian kerentanan digunakan untuk menganggarkan jumlah kerosakan kepada komuniti yang disebabkan oleh mana-mana kejadian bahaya yang mempunyai tahap kemusnahan tertentu ini mungkin termasuk kerosakan kepada struktur yang utuh, kecederaan kepada orang ramai dan gangguan kepada kehidupan manusia biasa (Wisner et al. 2004). Untuk menilai kerentanan pantai, banyak alat dan teknik seperti *Synthesis and Upscaling of Sea level Rise Vulnerability Assessment Studies* (SURVAS), *Coastal Vulnerability Index* (CVI), metodologi biasa IPCC, model BRUUN, *Coastal Zone Simulation Model* (CZSM), *Dynamic Interactive Vulnerability Assessment* (DIVA), *Fiscal Coastal Vulnerability Index* (FCVI), *Simulator of Climate Change Risks and Adaptation Initiatives* (SimCLIM), Min Geometri Sebenar, *Community Vulnerability Assessment Tool* (CVAT) dan *Coastal Social Vulnerability Index*. Di mana, CVI ialah model yang paling biasa digunakan (Sudha Rani et al. 2015).

Joevivek et al. (2013) menggunakan kaedah *Coastal Vulnerable Index* (CVI) dan pengintegrasian GIS dan *Remote Sensing* dalam menilai kerentanan pantai dan perubahan garis pantai untuk hujung selatan India. Kajian ini adalah percubaan untuk membangunkan CVI untuk hujung Selatan India menggunakan enam pemboleh ubah risiko relatif. Dalam kajian ini, perubahan garis pantai dan tahap kerentanan di sepanjang pantai selatan Tamil Nadu telah dinilai menggunakan penderiaan jauh dan GIS. Hakisan dan pertambahan yang dibuat di bahagian berlainan kawasan kajian telah diukur dan dianalisis. Indeks kerentanan pantai (CVI) telah digunakan untuk memetakan kelemahan relatif kawasan kajian dan juga mencirikan kerentanan pantai akibat proses pantai dan aktiviti manusia seperti memahami kesan

perlombongan di kawasan pantai. Perlombongan pasir pantai juga giat dijalankan di sepanjang pantai. Aktiviti manusia, terutamanya yang menimbun pasir, boleh menyebabkan pantai berubah. Ini termasuk pasir yang terhalang daripada sampai ke pantai dengan membendung sungai, serta struktur kejuruteraan pantai contohnya, groin dan jeti yang boleh memerangkap pasir yang bergerak di sepanjang garis pantai, menghalang kawasan lain daripada menerima pasir. Aktiviti antropogenik seperti pembinaan bangunan, beting pasir dimusnahkan untuk pembangunan pelancongan dan aktiviti perlombongan pasir. Populasi padat berhampiran pantai juga memberi kesan terhadap hakisan, pengurangan lebar pantai. Kaedah kajian yang digunakan dalam kajian ini adalah CVI dan dikira berdasarkan enam parameter iaitu kadar perubahan garis pantai, cerun pantai, perubahan aras laut relatif, purata ketinggian ombak dan purata julat pasang surut. Oleh itu, tahap risiko parameter dan indeks CVI seperti dalam Gambar Rajah 2. Proses ini diterangkan secara matematik seperti di bawah:

$$CVI = \sqrt[2]{\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f}{6}}$$

**Gambar Rajah 1:** Formula CVI  
Sumber: Jovivek et al. (2013)

Di mana, a=Geomorfologi, b=Kadar perubahan garis pantai (m/thn), c=Kecerunan pantai (deg), d=Perubahan paras laut Relatif (mm/thn), e=Purata ketinggian gelombang v (m), f=Min julat pasang surut (m). Berdasarkan Gambar Rajah 3, nilai CVI yang dikira dibahagikan kepada lima kelas untuk menunjukkan kerentanan yang berbeza. Berdasarkan kepada setiap nilai parameter yang berbeza.

Variables	Rank for risk Level <sup>f</sup>				
	1	2	3	4	5
Geomorphology (GEO)	Rocky cliffs	Medium cliffs	Low cliffs, Alluvial plains	Cobble Beaches, Estuary	Sand beaches, Salt marsh, Mud flats
Shoreline change rate (SHL) (m/yr)	>3.0	1.0 to 3.0	-1.0 to 1.0	-1.0 to -3.0	<-3.0
Coastal slope (SLO) (deg)	>4.5	4.0 to 4.5	3.5 to 4.0	3.0 to 3.5	<3
Relative Sea level change (SLR) (mm/yr)	<1.8	1.8 to 2.5	2.5 to 3.0	3.0 to 3.4	>3.4
Mean wave height (MWH) (m)	<0.30	0.30 to 0.60	0.60 to 0.90	0.90 to 1.20	>1.20
Mean Tide range (MTR) (m)	>6.0	4.0 to 6.0	2.0 to 4.0	1.0 to 2.0	<1.0

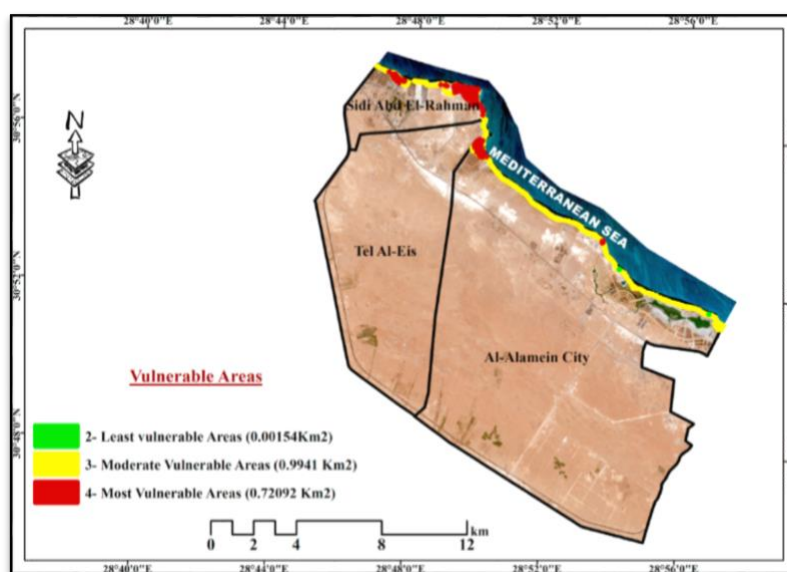
**Gambar Rajah 2:** Kedudukan bagi pembolehubah Kerentanan dan indeks CVI  
Sumber: Jovivek et al. (2013)

### ***Perbincangan Berdasarkan Kajian Kerentanan Pantai***

Aplikasi penderiaan jauh memainkan peranan penting dalam pemantauan garis pantai dan aktiviti berkaitan pantai yang lain secara sementara. Sebarang perubahan kecil di pantai boleh dianalisis menggunakan imej satelit kerana jalur spektrumnya yang sangat panjang dan resolusi spatial yang baik. (Thomas et al. 2007). Sistem Maklumat Geografi atau dikenali sebagai *Geographic Information System* (GIS) adalah merujuk kepada sistem yang mampu menangkap, menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan memaparkan data yang berkaitan dengan spatial atau ruang yang merujuk kepada bumi (Ang

Kean Hua, 2015). Terdapat beberapa kajian lepas yang menggunakan aplikasi GIS dan Penderiaan Jauh dalam menilai kerentanan pantai.

M. Marzouk et, at. (2021) menggunakan teknik *Remote Sensing* (RS) dan *Geographic Information System* (GIS) untuk membangunkan model data GIS (Model Iklim-Pinggir Pantai) untuk menilai kesan jangka panjang perubahan iklim dan menggambarkan kawasan yang paling terdedah di zon pantai. Dalam hal ini, petunjuk khusus diperlukan untuk mengesan kawasan yang terdedah. Empat parameter utama kesan perubahan iklim telah dipilih, iaitu parameter meteorologi, parameter struktur topografi (Bentuk Bumi), parameter kejuruteraan geologi, dan parameter garis pantai. Kertas ini menganggap semua penunjuk dalam empat parameter mempunyai pemberat yang sama, di mana keputusan bergantung kepada perubahan nilai petunjuk model semasa tempoh kajian, iaitu 30 tahun. Keputusan model yang dibangunkan mengikut tempoh kajian selama 30 tahun mendedahkan bahawa kawasan yang terjejas akibat kesan perubahan iklim adalah kawasan yang terletak di sepanjang garis pantai. Keterdedahan di sepanjang pantai terbahagi kepada tiga kategori. Pertama mewakili kawasan paling sedikit terdedah, yang terletak di bandar Al-Alamein dan merangkumi kira-kira 0.00154 km<sup>2</sup> daripada jumlah kawasan (227.65 km<sup>2</sup>). Ini disebabkan oleh nilai rendah petunjuk meteorologi dan proses hakisan dan pertambahan kecil berbanding bahagian lain. Kedua mewakili kawasan sederhana terdedah, yang tersebar di semua bahagian kajian kes: Bandar Al-Alamein, Tel Al-Eis dan Sidi Abd El-Rahman. Ia membentuk kira-kira 0.9941 km<sup>2</sup> daripada jumlah kawasan. Ketiga mewakili kawasan yang paling terdedah, yang terletak juga di semua bahagian kawasan kajian dan membentuk kira-kira 0.72092 km<sup>2</sup> daripada jumlah kawasan yang mempunyai ketinggian rendah di bawah purata purata paras air laut yang bermakna ia paling terdedah kepada sebarang senario perubahan iklim.



**Gambar Rajah 3:** Peta Kawasan Terdedah di Bandar Baru Al-Alamein.

Sumber: M. Marzouk et, at. (2021)

Addo (2013) menyatakan zon pantai berada di bawah ancaman teruk akibat perubahan iklim dan kenaikan paras laut. Kawasan yang mempunyai ketinggian yang agak rendah akan mengalami sama ada banjir sementara atau kekal, manakala kawasan lain akan mengalami peningkatan hakisan pantai. Beberapa faktor seperti faktor pendorong utama dalam persekitaran pantai seperti trend penurunan tanah, geologi dan ketinggian dalam persekitaran pantai bergabung yang mendorong kepada hakisan pantai. Mengenal pasti pemboleh ubah ini

dan mengukur tahap risikonya membolehkan indeks kerentanan lokasi tertentu dianggarkan. Kajian ini membahagikan pantai Accra kepada tiga bahagian berdasarkan geomorfologi. Indeks kerentanan dianggarkan untuk ketiga-tiganya bahagian dengan menentukan faktor risiko relatifnya. Bahagian barat lebih terdedah kepada kenaikan paras laut diikuti oleh bahagian timur dan tengah. Peneggelaman di bahagian barat akan mengakibatkan perpindahan penduduk tempatan, memusnahkan sumber mata pencarian mereka dan membanjiri tanah lembap.

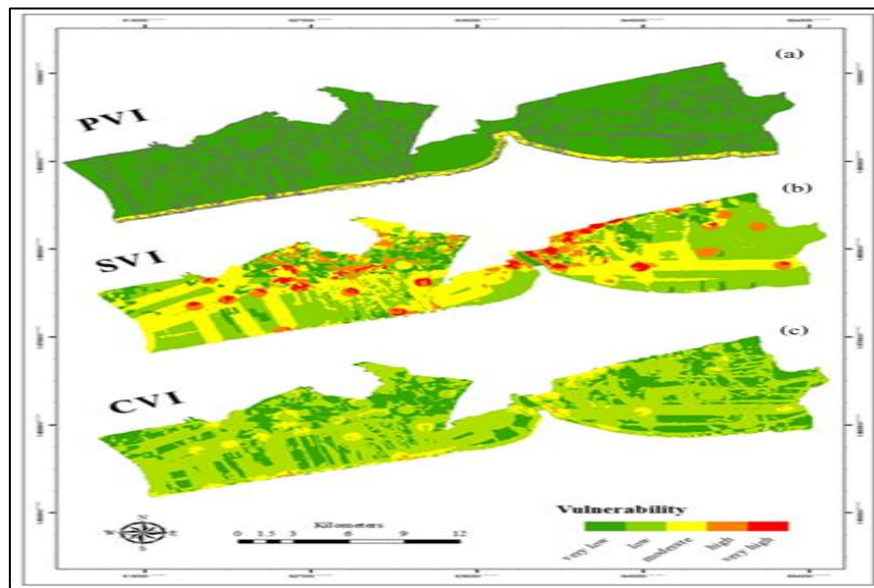
Ahamed et al. (2016) menyatakan berkaitan dengan kerentanan fizikal timur pantai India, Andhra Pradesh. Ia adalah salah satu negeri India yang mempunyai garis pantai yang sangat luas. Andhra Pradesh sangat penting kepada keseluruhan ekonomi, Vishakhapatnam ialah pelabuhan utama yang terletak di pantai timur India. Garis pantai Andhra Pradesh sepanjang kira-kira 972 Km, terjejas oleh gelombang ribut, Siklon, Kenaikan Paras Laut dan Tsunami dan sebagainya. Kaedah yang digunakan untuk mengenal pasti kerentanan pantai ialah CVI. Tujuh parameter digunakan untuk mengenal pasti Kerentanan Pantai iaitu perubahan garis pantai, purata aras laut, kepentingan ketinggian ombak, purata julat pasang surut, ketinggian wilayah pantai, cerun pantai dan geomorfologi. Hasil akhir kajian ini adalah dalam bentuk peta kerentanan pantai yang menunjukkan kawasan yang terdedah kepada bahaya alam sekitar. Peta ini akan memberi gambaran umum tentang kebarangkalian sesuatu kawasan mengalami bahaya pantai akibat hakisan pantai atau kenaikan paras laut. Menurut kajian ini kira-kira 16% kawasan pantai Andhra Pradesh dikenal pasti mempunyai kerentanan yang tinggi yang boleh membahayakan alam sekitar dan manusia.

Yu-Chen Lin dan Tzong-Yeang Lee (2012) menilai kerentanan dan risiko kawasan pantai Taijiang terhadap fenomena oseanografi yang tidak normal. Di samping itu, kajian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengumpulkan data mengenai kehilangan harta benda disebabkan bencana, penggunaan tanah, dan isu sosial, ekonomi dan alam sekitar lain di kawasan pantai ini untuk membina kerentanan pantai dan peta risiko berdasarkan hasil penilaian risiko perubahan iklim yang diperolehi. Dengan mengambil kira indeks tiga dimensi kerentanan pantai iaitu kemudahan buatan manusia, geografi alam sekitar dan sosioekonomi, kajian ini menggunakan proses pemberat yang sama dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menganalisis kerentanan kawasan pantai ini kepada bencana yang disebabkan oleh perubahan iklim. Kawasan yang mempunyai risiko bencana yang lebih rendah didapati semakin terdedah kepada bencana yang disebabkan oleh perubahan iklim mengikut peredaran masa.

Duriyapong, F. dan Nakhapakorn, K. (2011) menjalankan kajian di zon pantai Samut Sakhon (41.8 km), yang dipilih sebagai kawasan kajian kerana bentuk muka buminya yang rendah, semakin terjejas oleh perubahan iklim dan proses hakisan yang menjejaskan masyarakat setempat. Kajian ini mengkaji kerentanan di kawasan ini dengan menggabungkan *Physical Process Vulnerability Index* (PVI) dan *Socio-Economic Vulnerability Index* (SVI). Empat pembolehubah fizikal iaitu cerun pantai, kadar hakisan pantai, purata julat pasang surut, dan purata ketinggian ombak dan empat pembolehubah sosio-ekonomi iaitu guna tanah, kepadatan penduduk, warisan budaya, dan jalan raya/kereta api telah digunakan. Hasilnya ialah petunjuk kerentanan tunggal indeks kerentanan pantai (CVI) yang menunjukkan bahawa kawasan kerentanan tinggi, meliputi kawasan seluas 1.3 km<sup>2</sup> (0.45% daripada jumlah kawasan kajian), terletak di Ban Bo, Ka Long, Bangyaprak, Bangkrajao, Khok Kham, Na Kok, dan Puntainorasing. Kawasan kerentanan sederhana meliputi kawasan seluas 28 km<sup>2</sup> (9.5% daripada jumlah kawasan kajian), kawasan kerentanan rendah 180 km<sup>2</sup> (60.56% daripada jumlah kawasan kajian), dan kawasan kerentanan sangat rendah 88 km<sup>2</sup> (29.52% daripada jumlah kawasan kajian). Peta CVI menunjukkan bahawa ia sangat dibezakan dan dipengaruhi oleh petunjuk sosioekonomi, bukannya petunjuk fizikal. Walau bagaimanapun, perbandingan antara keputusan berbeza PVI dan SVI boleh menyumbang kepada pemahaman kebolehubahan



dan kekangan kelemahan. Hasil kajian ini menunjukkan kawasan kajian lebih berkorelasi dengan aspek berkaitan ciri sosioekonomi berbanding parameter fizikal.



**Gambar Rajah 4:** Kerentanan Pantai Samut Sakhon berdasarkan Gabungan PVI, SVI dan CVI

Sumber: Duriyapong, F. dan Nakhapakorn, K. (2011)

### ***Langkah-Langkah Mitigasi Bagi Mengatasi Kesan Perubahan Iklim di Kawasan Pinggir Pantai***

Menurut Nor Hisham M. Ghazali (2005), kerja perlindungan hanya tertumpu pada penyelesaian masalah setempat sahaja. Kerja-kerja perlindungan yang tidak menyeluruh tersebut kini diketahui menyumbang kepada hakisan garis pantai bersebelahan. Sebagai contoh, pemilihan kaedah perlindungan tertentu yang melibatkan struktur biasa pantai seperti groin mengganggu hanyutan pantai semula jadi yang mengurangkan bekalan sedimen ke pantai hanyut. Masalah yang sama timbul akibat pembinaan pemecah ombak muara sungai yang bertujuan untuk menambah baik pelayaran. Apabila mempertimbangkan pemulihan pantai, adalah berguna untuk membezakan antara melindungi pinggir pantai dan garis pantai. Perlindungan pinggir pantai menghentikan pengunduran garis pantai sambil menjaga, memelihara atau memulihkan pantai dan landskap pantai yang dinamik. Perlindungan pantai bertujuan untuk melindungi kawasan perumahan dan infrastruktur dan kawasan pedalaman dengan strategi walaupun dengan mengorbankan pantai dan landskap pantai yang dinamik. Pilihan yang dipilih untuk mengawal hakisan di kawasan tertentu sebenarnya boleh menentukan nasib keseluruhan pantai dan sumber semula jadinya. Pada masa kini, strategi perlindungan pantai boleh dirancang dengan lebih baik di bawah pelan pengurusan pantai yang mengambil kira tindak balas pantai yang bersebelahan dan potensi kesannya terhadap aktiviti ekonomi, habitat dan ekosistem. Lebih penting lagi, kajian pelan pengurusan pantai telah memainkan peranan penting dalam membawa jurutera dan saintis bersama-sama untuk menyelesaikan perlindungan pantai, pengurusan sumber dan strategi pembangunan.

Menurut Nor Hisham M. Ghazali (2005), perlindungan pantai secara amnya boleh dibahagikan kepada kejuruteraan keras dan kejuruteraan lembut. Struktur kejuruteraan keras seperti revetment, tembok laut, sekatan dan groin dianggap sebagai struktur perlindungan hakisan tradisional dengan fungsi yang berbeza. Ini biasanya dibina daripada batu kuari atau unit konkrit. Tembok laut dan revetment dibina selari dengan garis pantai dan membentuk



penghalang antara ombak dan pantai. Sambil menghalang sebarang kehilangan bahan terus ke darat, ombak yang dipantulkan oleh tembok laut menyebabkan kerak di dasar di hadapan tembok laut dan akhirnya merendahkan pantai. Oleh itu, dalam ruang rekreasi, penggunaan tembok laut dan revetment tidak memberi manfaat dalam jangka masa panjang kerana hasil akhirnya adalah pendalaman atau menyebabkan dasar laut menjadi curam di hadapan struktur yang mengakibatkan kehilangan ruang pantai.

Menurut Nor Hisham M. Ghazali (2005), istilah 'kejuruteraan lembut' biasanya digunakan untuk menerangkan kaedah selain daripada struktur perlindungan keras yang menggunakan batu kuari atau blok konkrit sebagai komponen struktur utama. Penggunaan pasir sama ada sebagai bahan pengisi yang diletakkan terus di pantai yang terhakis atau dibungkus dalam geotekstil adalah antara kaedah yang sesuai sebagai kejuruteraan lembut. Dalam pengisian pantai, sedimen diimport dan diletakkan di pantai sasaran untuk membentuk tanggul pantai yang lebih luas sebagai penampungan ombak. Pantai 'baru' kemudiannya akan terus dibentuk oleh kuasa semula jadi iaitu angin, ombak dan arus pasang surut, kepada bentuk keseimbangan. Pengisian pantai kini menjadi perkara biasa dan merupakan kaedah pilihan untuk melindungi atau memulihkan pantai rekreasi yang terhakis. Proses pembinaan bagaimanapun melibatkan pengorekan, pengangkutan dan penempatan pasir dalam persekitaran marin yang menyebabkan masalah kualiti air, anjakan habitat dan tekanan kepada hidupan marin. Pengisian pantai juga dianggap separa kekal dan memerlukan pengisian semula mengikut peredaran masa.

## KESIMPULAN

Zon Pinggir pantai adalah persekitaran yang rapuh dan kesan bahaya marin seperti tsunami, taufan dan lonjakan ribut yang berkaitan adalah ketara. Bahaya ini tertakluk kepada tahap kerentanan pantai yang berbeza-beza. Kajian ini menerangkan bilangan model yang digunakan untuk menilai kerentanan pantai, garis pantai dan kaedah CVI dengan beberapa bilangan tinjauan literatur. Hasil perbincangan, jelas bahawa fenomena kenaikan paras laut membawa kepada perubahan garis pantai dan menjadikan zon pantai lebih terdedah. Kesan air masin ke atas air tawar juga harus diambil kira di kawasan muara apabila melibatkan kenaikan paras laut. Pendekatan GIS harus dilaksanakan dalam membuat keputusan yang melibatkan penyertaan pihak berkepentingan untuk pembangunan mampan di kawasan pantai. Untuk mengelakkan kemalangan dan kerugian ekonomi, pihak yang bertanggungjawab harus mengetahui tentang sensitiviti pantai yang boleh ditentukan oleh ciri-ciri pantai fizikal dan ekologi, arah aliran pantai, dan lain-lain. Walaupun peraturan yang ketat dilaksanakan, namun menjadi tanggungjawab individu biasa untuk hidup harmoni dengan pantai demi pembangunan mampan pantai dan memeliharanya untuk generasi akan datang. Oleh itu, usaha adalah diambil oleh penyelidik untuk memberi kesedaran tentang kelemahan kawasan pantai dan hakisan pantai yang terhasil ialah ancaman kepada masyarakat.

Hasil yang diperoleh perlu dipertimbangkan untuk membangunkan pembangunan jangka panjang pantai yang kukuh dan mampan. Pantai yang semakin maju sangat berguna untuk tujuan yang berfaedah dengan pertimbangan sewajarnya diberikan untuk memelihara tanah lembap pantai dan aktiviti rekreasi lain. Daripada sorotan literatur yang telah dikaji, kita boleh membuat kesimpulan bahawa pembangunan mampan pantai sangat dipengaruhi oleh pembinaan struktur keras seperti benteng hakisan ombak dan tembok laut. Struktur ini mengganggu fenomena yang berlaku secara semula jadi di mana struktur lembut contohnya pembinaan semula bukit pasir makanan pantai, tumbuh-tumbuhan semula pantai adalah yang paling sesuai untuk pembangunan ekonomi serta jangka panjang yang mampan. Oleh itu,

kajian ini dibuat kerana terdapat keperluan untuk semakan menyeluruh tentang CVI serta aplikasi perubahan garis pantai yang membantu keputusan dan penggubal dasar serta untuk tujuan akademik untuk memberi gambaran tentang proses pantai dan interaksi dinamikanya.

## RUJUKAN

- Addo, K.A. (2013). "Assessing coastal vulnerability index to climate change: The case of Accra – Ghana." *J. Coastal Res.*, 165, April, 1892–1897. doi:10.2112/SI65-320.1.
- Akshaya B. J. and Arkal Vittal Hegde. 2017. "Assessment of Coastal Vulnerability to combined effects of Socio-Economical Factors and Erosion on Karnataka Coast with the aid of Integrated Remote Sensing and GIS Techniques" *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, Vol. 10 (02), 313-320, DOI:10.21276/ijese.2017.10.0224.
- Ahammed, K.B., Mahendra, R.C., and Pandey, A.C. 2016. "Coastal vulnerability assessment for Eastern Coast of India, Andhra Pradesh by using geo-spatial technique geostatistics: An overview coastal vulnerability assessment for Eastern Coast of India, Andhra Pradesh by using geo-spatial technique." *Geoinformatics & Geostatistics*, June, 4(3) 2–8.
- Ang Kean Hua. 2015. Sistem Informasi Geografi (GIS): Pengenalan kepada perspektif computer. 11(1): Malaysian Journal of Society and Space.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., & Thornton, P. 2013. Carbon and other biogeochemical cycles. Climate change 2013: the physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Comput. Geom.*, 18, 95-123.
- Davidson-Arnott, R. G. D. and Amin, S. M. N. 1985. An Approach to the problem of coastal erosion in Quaternary sediments. *Applied Geography*, 5, 9910.
- Duriyapong, F., and Nakhapakorn, K. 2011. "Coastal vulnerability assessment: A case study of Samut Sakhon coastal zone." *Sonklanakar J. Sci.*, 33(4), 469–476.
- Guariglia A, Arcangela B, Angela L, Rocco S, Maria LT, Angelo Z, Antonio C 2006. A Multisource Approach for Coastline Mapping and Identification of Shoreline Changes. *Annals of Geophys* 49 (1):295-3 04
- Haliza Abdul Rahman. 2018. Climate Change Scenarios In Malaysia: Engaging The Public. *International Journal of Malay-Nusantara Studies*, Vol. 1, No. 2, Nov. 2018.
- IPCC. (2007). Climate change 2007 : *The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovenemental panel on climate change. Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Isfarita Ismail1, Wan Salihin Wong Abdullah, Mohamed Shawal M. Muslim, Rozaimi Zakaria. 2018. Physical Impact Of Sea Level Rise To The Coastal Zone Along The East Coast Of Peninsular Malaysia. *Malaysian Journal of Geosciences (MJG)* 2(2) (2018) 33-38. <https://doi.org/10.26480/mjg.02.2018.33.38>.
- V. Jovivek, S. Saravanan dan N. Chandrasekar. 2013. Coastal Vulnerability and Shoreline Changes for Southern Tip of India-Remote Sensing and GIS Approach. *Journal of Earth Science & Climatic Change* 4: 144. Diakses di <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000144> pada 3 Dis 2022.
- Kumar, V., Kumar, S., Kumar, S., Singh, H., Singh, R.K., 2016. *Climate Change and its impact on environment. In: International Conference on Climate Change and its Implications on Crop Production and Food Security*. Diakses di <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35031.52647> pada 1 Disember 2022.
- Mesev, V., 2008. *Integration of GIS and Remote Sensing*, vol. 19. John Wiley & Sons.

- Mohamed Marzouk, Khalid Attia, Shimaa Azab, 2021. Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change Impacts using GIS and Remote Sensing: A Case Study of Al-Alamein New City. *Journal of Cleaner Production* 290 (2021) 125723.
- Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J., Nicholls, R.J., 2015. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding-a global assessment. *PloS One* 10 (3), e0118571.
- Nor Hisham M. Ghazali. 2005. New Innovations And Technologies In Coastal Rehabilitation. *International Conference on Innovations and Technologies in Oceanography for Sustainable Development. Kuala Lumpur 26-28 November 2005. Conference organised by University Malaya and Ministry of Science, Technology and Innovation Malaysia.*
- Rentschler, J.E., Salhab, M., 2020. 1.47 Billion People Face Flood Risk Worldwide: for over a Third, it Could Be Devastating. World Bank. Diakses pada 1 Dis. 2022 di <https://blogs.worldbank.org/climatechange/147-billion-people-face-flood-risk-worldwide-over-third-it-could-be-devastating>.
- Robin Davidson-Arnott. 2010. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge University Press, New York.
- Sudha Rani, N.N.V., Satyanarayana, A.N.V., and Bhaskaran, P.K. (2015). "Coastal vulnerability assessment studies over India: A review." *Nat. Hazards*, 77(1), 405–428.
- Thomas, D.S.K., Ertuğay, K., and Kemec, S., 2007. The Role of Geographic Information Systems/Remote Sensing in Disaster Management. *Springer, New York, NY*, 83–96. doi:10.1094/PDIS-91-4-0467
- Torresan, S., Critto, A., Dalla Valle, M., Harvey, N., Marcomini, A., 2008. Assessing coastal vulnerability to climate change: comparing segmentation at global and regional scales. *Sustain. Sci.* 3 (1), 45e65.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., and Davis, I. (2004). "At risk –natural hazards, people's vulnerability and disasters second edition:Routledge, London." *J. Homeland Secur. Emergency Manage.*, 2, 2.
- Woodruff, S., BenDor, T.K., 2018. GIS and Coastal Vulnerability to Climate Change, pp. 236e257.
- Yu-Chen Lin, Tzong-Yeang Lee. 2012. Assessment of Vulnerability and Risk of Taijiang Coastal Areas to Climatic Changes. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Geological and Environmental Engineering* Vol:6, No:7, 2012.
- Youssef A.M., Pradhan B, Gaber A.F.B, Buchroithner M.F., 2009. Geomorphological Hazard Analysis along the Egyptian Red Sea Coast Between Safaga and Quseir. *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.*, 9, 751-766, 2009.
- Zaitul Zahira Ghazali, Joy Jacqueline Pereir, dan Juhari Mat Akhir,. 2001. Perubahan zon pinggir pantai dan implikasinya di Kuala Selangor, Malaysia. *Geological Society of Malaysia Annual Geological Conference* 2001.
- Zhang K, Douglas B.C., Leatherman S.P., 2004, Global Warming and Coastal Erosion. *Climatic Change* 64:41-58