



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA**

Jalan Padang Selasa Nomor 524, Bukit Besar Palembang Kode Pos 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: pps@unsri.ac.id

**KEPUTUSAN
DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOMOR : 028/UN9.2/DT/2021**

tentang

**PENGANGKATAN PROMOTOR DAN CO-PROMOTOR MAHASISWA
PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

- Menimbang :**
- bahwa sehubungan dengan surat Kelua Program Doktor Ilmu Lingkungan nomor: 018/UN9.2.2/KM/2021 tanggal 11 Januari 2021 perihal permohonan pembuatan SK pembimbing disertasi, dinyatakan bahwa **sdri. Yulifa Handayani, NIM 20013682025006** telah memenuhi syarat akademik untuk melakukan penyusunan tugas akhir;
 - bahwa dalam rangka penyusunan tugas akhir berupa kegiatan pembelajaran dan pembimbingan mahasiswa perlu dibimbing dan diarahkan sesuai dengan bidang ilmu, sehubungan dengan itu maka perlu ditetapkan dan ditugaskan dosen untuk pembimbingnya;
 - Bahwa sehubungan dengan butir a dan b diatas perlu diterbitkan keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat :**
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 - Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 - Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 - Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia;
 - Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
 - Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 32031/M/KP/2019, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya Periode 2019-2023;
 - Surat Dirjen Dikti Nomor 720/D/T/2007 tentang Ijin Penyelenggaraan Program Studi Ilmu Lingkungan (S3) pada Universitas Sriwijaya;
 - Keputusan Rektor Unsri Nomor 0927/UN9/SK.BUK.KP/2020, tentang Pengangkatan Kembali Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Masa Jabatan Tahun 2020-2024.

MEMUTUSKAN

Menetapkan : **KEPUTUSAN DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA TENTANG PENGANGKATAN PROMOTOR DAN CO-PROMOTOR MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA;**

KESATU : Menunjuk Promotor dan Co-Promotor mahasiswa Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan sebagai berikut:

| NAMA/NIM | NAMA DOSEN |
|------------------------------------|---|
| Yulifa Handayani 20013682025006 | Promotor : Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S. |
| | Co-Promotor I : Dr. Muhammad Hendri Gumay, ST., M.Si. |
| | Co-Promotor II : Dr. Ngudiantoro, M.Si. |

KEDUA : Segala biaya yang mungkin timbul sebagai akibat dari penetapan keputusan ini, dibebankan kepada anggaran yang disediakan oleh PPs Unsri.

KETIGA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.



Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 15 Januari 2021
Direktur,

Prof. Dr. Ir. H. Amin Rejo, M.P.
NIP 19610114 199001 1 001

Tembusan :

- Rektor (sebagai laporan)
- Wadir I & Wadir II
- Ketua Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan
- Promotor dan Co-Promotor
- Yang bersangkutan



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA**

Jalan Padang Selasa Nomor 524 Bukit Besar Palembang Kode Pos 30139

Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310

Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: pps@unsri.ac.id

**KEPUTUSAN
DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor: 222/UN9.2/DT/2021**

Tentang

**TIM PENGUJI UJIAN KUALIFIKASI KANDIDAT DOKTOR (UKKD)
MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Menimbang :**
- bahwa sehubungan dengan surat permohonan Koordinator Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya nomor: 160/UN9.2.2/KM/2021 tanggal 19 Mei 2021 perihal Permohonan Izin Pelaksanaan dan Penerbitan SK UKKD, dinyatakan bahwa mahasiswa yang telah memenuhi syarat akademik dapat melakukan penyusunan tugas akhir;
 - bahwa mahasiswa Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dalam penyusunan tugas akhir harus menempuh Ujian Kualifikasi Kandidat Doktor (UKKD);
 - bahwa untuk ujian tersebut perlu ditetapkan dan diangkat para penguji Ujian Kualifikasi Kandidat Doktor (UKKD) mahasiswa Program Pendidikan Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya;
 - bahwa sehubungan dengan huruf a, b, dan c, diatas perlu diterbitkan surat keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat :**
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 - Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 - Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 - Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia;
 - Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia nomor 03 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
 - Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia nomor 32031/M/K/2019 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya Periode 2019-2023;
 - Surat Dirjen Dikti Nomor 720/D/T/2007 tentang Ijin Penyelenggaraan Program Studi Ilmu Lingkungan (S3) pada Universitas Sriwijaya;
 - Keputusan Rektor Unsri No. 0927/UN9/SK.BUK.KP/2020, tentang Pengangkatan Kembali Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Masa Jabatan Tahun 2020—2024.
 - Keputusan Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya nomor 201/UN9.2/DT/2014 tentang Standar Operasional Prosedur Ujian Kualifikasi Kandidat Doktor (UKKD) Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :** **KEPUTUSAN DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA TENTANG TIM PENGUJI UJIAN KUALIFIKASI KANDIDAT DOKTOR (UKKD) MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA;**
- Pertama :** Membentuk tim penguji Ujian Kualifikasi Kandidat Doktor (UKKD) mahasiswa Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dan menetapkan personalianya seperti tertera dalam lampiran keputusan ini;
- Kedua :** Tim Penguji tersebut pada butir pertama bertanggung jawab kepada Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya;
- Ketiga :** Keputusan ini berlaku terhitung tanggal ujian dengan ketentuan segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.



Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 20 Mei 2021

Direktur

Prof. Dr. Ir. H. Amin Rejo, M.P.
NIP 196101141990011001

Tembusan:

1. Rektor (sebagai laporan)
2. Wadir Bidang Akademik dan Kemahasiswaan
3. Wadir Bidang Umum, Kepegawaian, dan Keuangan
4. KPS Doktor Ilmu Lingkungan
5. Yang bersangkutan



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA**

Jalan Padang Selasa Nomor 524 Bukit Besar Palembang Kode Pos 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: pps@unsri.ac.id

Lampiran Keputusan Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya
Nomor: 222/UN9.2/DT/2021

**TIM PENGUJI UJIAN KUALIFIKASI KANDIDAT DOKTOR (UKKD)
MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Promotor : Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
Co-Promotor I : Dr. Muhammad Hendri Gumay, S.T., M.Si.
Co-Promotor II : Dr. Ngudiantoro, M.Si.

Penguji : 1. Prof. Dr. Dinar Dwi Anugerah Putranto, MSPJ.
2. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Si.

Untuk menguji mahasiswa:

Nama : **Yulifa Handayani**
NIM : **20013682025006**
BKU : **Lahan Basah**
Topik/Judul : **Analisis Faktor Kerentanan terhadap Kenaikan Muka Air Laut (Studi Kasus Wilayah Pesisir Banyuwasin Sumatera Selatan).**
Disertasi



Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 20 Mei 2021
Direktur,

Prof. Dr. Ir. H. Amin Rejo, M.P.
NIP. 196101141990011001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA**

Jalan Padang Selasa 524 Bukit Besar Palembang 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 320310, 317202
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: pps@unsri.ac.id

Nomor : 082/UN9.2.2/KM/2022
Lampiran : 1 (satu) berkas
Hal : Undangan & SK Seminar Proposal Penelitian
Mahasiswa an. Yulifa Handayani

Palembang, 16 Maret 2022

Yth. Bapak Promotor/Co-Promotor/ Penguji

- 1. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.**
- 2. Dr. Muhammad Hendri, ST., M.Si.**
- 3. Dr. Ngudiantoro, M.Si**
- 4. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc.**
- 5. Dr. Ir. Dwi Setyawan, M.Sc.**

Dengan hormat,

Kami sangat mengharapkan kehadiran Bapak pada Seminar Proposal Penelitian mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya:

Nama : Yulifa Handayani
NIM : 20013682025006
Program Studi : Ilmu Lingkungan
BKU : Lahan Basah
Judul Disertasi : Analisis Spasial Kerentanan Wilayah Pesisir Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.
Promotor : Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
Co-Promotor I : Dr. Muhammad Hendri, ST., M.Si.
Co-Promotor II : Dr. Ngudiantoro, M.Si.

yang akan diadakan pada:

Hari/ Tanggal : Senin, 21 Maret 2022
Pukul : 10.00 WIB s.d 11.30 WIB
Tempat : zoom.us/join
Meeting ID: 824 5612 9681, Passcode: seminar

Demikianlah, atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Koordinator Program Studi S3
Ilmu Lingkungan PPs Unsri,

Prof. Dr. Ir. Nurhayati, M.Si.
NIP. 196202021991032001

Tembusan :

1. Direktur PPs Unsri
2. Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan PPs Unsri
3. Wakil Direktur Bidang Umum, Kepegawaian dan Keuangan PPs Unsri



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA**

Jalan Padang Selasa Nomor 524, Bukit Besar Palembang Kode Pos 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: pps@unsri.ac.id

**KEPUTUSAN
DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOMOR: 074/UN9.2/DT/2022**

tentang

**TIM PENGUJI SEMINAR PROPOSAL PENELITIAN MAHASISWA
PADA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Menimbang** :
- bahwa sehubungan dengan surat Koordinator Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya nomor 078/UN9.2.2/KM/2022 tanggal 14 Maret 2022 hal permohonan izin pelaksanaan seminar proposal dan penerbitan SK, dinyatakan bahwa Sdr. Yulifa Handayani, NIM 20013682025006 telah memenuhi syarat akademik untuk melakukan penyusunan tugas akhir;
 - bahwa mahasiswa Pendidikan Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya yang sedang melakukan penyusunan tugas akhir, harus menempuh seminar proposal penelitian;
 - bahwa untuk seminar tersebut perlu ditetapkan dan diangkat tim penguji seminar proposal penelitian mahasiswa Program Pendidikan Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya;
 - bahwa sehubungan dengan butir a, b dan c di atas perlu diterbitkan keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat** :
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 - Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 - Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 - Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia;
 - Keputusan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
 - Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 32031/M/KP/2019 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya periode 2019-2023;
 - Surat Dirjen Dikti Nomor 720/D/T/2007 tentang Ijin Penyelenggaraan Program Studi Ilmu Lingkungan (S3) pada Universitas Sriwijaya;
 - Keputusan Rektor Unsri Nomor 0927/UN9/SK.BUK.KP/2020, tentang Pengangkatan Kembali Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Masa Jabatan Tahun 2020-2024.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan** : **KEPUTUSAN DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA TENTANG TIM PENGUJI SEMINAR PROPOSAL PENELITIAN MAHASISWA PADA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**
- KESATU** :
- Membentuk tim penguji seminar proposal penelitian mahasiswa Program Pendidikan Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dan menetapkan personalianya sebagai berikut:
- Promotor** : Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
Co-Promotor I : Dr. Muhammad Hendri, ST., M.Si.
Co-Promotor II : Dr. Ngudiantoro, M.Si
Anggota : 1. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc.
2. Dr. Ir. Dwi Setyawan, M.Sc.
- Untuk menguji mahasiswa
- Nama** : Yulifa Handayani
NIM : 20013682025006
BKU : Lahan Basah
Judul Disertasi : Analisis Spasial Kerentanan Wilayah Pesisir Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.
Tanggal Seminar : 21 Maret 2022
- KEDUA** : Tim penguji yg tersebut pada butir pertama bertanggung jawab kepada Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
- KETIGA** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 16 Maret 2022
Direktur

Prof. Dr. Ir. H. Amin Rejo, M.P.
NIP 19610114 199001 1 001

Tembusan:

- Rektor (sebagai laporan)
- Wadir 1 & Wadir 2
- KPS Doktor Ilmu Lingkungan
- Tim Penguji
- yang bersangkutan

PROPOSAL DISERTASI

ANALISIS MODEL SEDIMENTASI UNTUK MENGETAHUI KERENTANAN WILAYAH PESISIR BANYUASIN TERKAIT PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN BANJIR PASANG (STUDI KASUS WILAYAH PESISIR BANYUASIN SUMATERA SELATAN)

**Diajukan untuk memenuhi salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Doktor
Ilmu Lingkungan pada UNIVERSITAS SRIWIJAYA**



Oleh :

**Yulifa Handayani G., S.Si., M.Si.
NIM. 20013682025006**

**BIDANG KAJIAN UTAMA LAHAN BASAH
PROGRAM S3 ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN
USULAN PROPOSAL DISERTASI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

Seminar Proposal

**ANALISIS MODEL SEDIMENTASI UNTUK MENGETAHUI
KERENTANAN WILAYAH PESISIR BANYUASIN TERKAIT
PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN BANJIR PASANG (STUDI
KASUS WILAYAH PESISIR BANYUASIN SUMATERA SELATAN)**

Oleh

**Yulifa Handayani
NIM. 20013682025006**

Menyetujui :

Promotor

Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S

NIP. 196211221991021001

Co-Promotor I

Co-Promotor II,

Dr. Muhammad Hendri Gumay, ST., M.Si.

NIP. 19751009 2001121004

Dr. Ngudiantoro, M.Si

NIP. 197110101997021004

Mengetahui :

**Koordinator Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya**

Prof. Dr. Ir. Nurhayati, M.Si.

NIP 196202021991032001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Sumatera Selatan Indonesia memiliki sumberdaya alam (SDA) yang sangat potensial untuk dikembangkan untuk kesejahteraan masyarakat. SDA wilayah pesisir merupakan salah satu potensi yang saat ini banyak dikembangkan, pemanfaatan SDA secara optimal dilakukan untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat akan tetapi pemanfaatan SDA tersebut haruslah memperhatikan kelestarian ekosistem yang ada (Huxham *et al.*, 2017)(Perillo *et al.*, 2018). Ekosistem yang tersebar di wilayah pesisir yaitu ekosistem terumbu karang, ekosistem padang lamun, ekosistem rumput laut (McKenzie *et al.*, 2021)(Collier *et al.*, 2020) dan ekosistem mangrove (Brooks *et al.*, 2020)(Fanning *et al.*, 2021)(Luom *et al.*, 2021)(Huxham *et al.*, 2017). Ekosistem mangrove adalah komunitas vegetasi pantai tropis yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove yang tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur (Bengen, 2000); (Haya, Zamani and Soedharma, 2015)(Karimah, 2017). Taman Nasional Sembilang (TNS) merupakan salah satu ekosistem mangrove dunia yang terdapat di wilayah pesisir Banyuasin (WPB) provinsi Sumatera Selatan Indonesia (Febriansyah, Agustriani and Agussalim, 2019)(Lita Sumiyati, 2017), dengan luasan hutan mangrove sebesar 202.896,31 hektar, kurang lebih 87.000 hektar di antaranya merupakan kawasan hutan mangrove (GWI, 2016)(Sutasoit, . and ., 2017)(Theresia, Boer and Pratiwi, 2016). Ekosistem mangrove memiliki potensi sebagai daerah pemijahan (Eddy S, Ridho MR, Iskandar saya, 2019), daerah mencari makan dan sebagai sumber bahan bakar (Eddy *et al.*, 2021)(Sukristijiono Sukristijiono, 2016). TNS merupakan merupakan kawasan konservasi dan tempat bermigrasinya burung dari Siberia, selain itu TNS juga diakui dunia sebagai megabiodiversitas (Syahrial, Karsim and Lubis, 2018) dengan 50% jenis tanaman mangrove dunia terdapat di TNS.

Keberadaan TNS di WPB ini memiliki fungsi sebagai ekosistem produktif dan penyedia bahan makanan, sebagai habitat pembibitan dan tempat bertelur biota perairan (Marlianingrum *et al.*, 2019) (Loganimoce *et.al.*, 2019)(Lita Sumiyati, 2017). Selain itu juga ekosistem mangrove juga dimanfaatkan manusia sebagai penghasil kayu bakar, hal ini didukung oleh (Scales and Friess, 2019) umumnya tekanan yang terjadi di ekosistem mangrove terkait dengan pemanfaatan ekosistem mangrove dan penggunaan pohon mangrove yaitu pembangunan kawasan kota pesisir (Tien Dat Pham, Junshi Xia, Nam Thang Ha, Dieu Tien Bui, 2019)(Dat Pham *et al.*, 2019), pertanian (aquakultur),

penggunaan kayu bakar arang dan bahan untuk konstruksi, perubahan siklus hidrologi, kenaikan muka air laut dan sedimentasi (Mustafa Kamal *et al.*, 2020)(Kathiresan, 2012).

Ekosistem mangrove yang ada di WPB merupakan perlindungan sistem alami dari ancaman terjadinya abrasi, yang disebabkan oleh gelombang pantai selain itu ekosistem mangrove ini dapat mengikat sedimen karena perakarannya yang rapat dan kuat (Tien Dat Pham, Junshi Xia, Nam Thang Ha, Dieu Tien Bui, 2019) . Dengan banyaknya manfaat dari ekosistem ini semakin banyak juga tekanan terhadap ekosistem, baik ancaman/tekanan yang berasal dari laut maupun dari daratan. Tekanan dari daratan sendiri disebabkan dari aktifitas yang dilakukan manusia seperti pertumbuhan penduduk, kegiatan industri, pemukiman (Mustafa Kamal *et al.*, 2020)(Kathiresan, 2012). Pertambahan penduduk di kawasan pesisir yang semakin meningkat menyebabkan berbagai permasalahan salah satunya adalah meningkatnya kebutuhan akan ruang/tempat untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup masyarakat meliputi tempat tinggal, lahan usaha, industri dan Pertambahan jumlah penduduk di WPB mengalami peningkatan dan menimbulkan permasalahan salah satunya adalah meningkatnya kebutuhan akan lahan untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup masyarakat meliputi tempat tinggal, lahan usaha, industri yang menimbulkan ancaman pada ruang dan sumberdaya alam di kawasan pesisir.

Perubahan lahan pada WPB memiliki potensi menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap kelangsungan sumberdaya di wilayah tersebut. Luas lahan mangrove di WPB semakin berkurang. Hal ini disebabkan adanya kegiatan reklamasi dan alih fungsi lahan mangrove menjadi daerah pemukiman, kawasan industri perdagangan dan jasa, pertanian dan perkebunan di beberapa kawasan. Rusaknya beberapa lahan mangrove menyebabkan sebagian wilayah pesisir mengalami abrasi dan akresi, sehingga luas daratan dan pantai menjadi berkurang. Penurunan luasan ekosistem hutan mangrove yang semula seluas 91.679.45 ha dan tahun 2009 berkurang menjadi 83.447.23 ha atau sekitar 9,80 % (Sutasoit, . and ., 2017)(Theresia, Boer and Pratiwi, 2016) (Ahyar, 2016), penurunan ini disebabkan adanya alih fungsi lahan hutan menjadi lahan perkebunan, urbanisasi, dan budidaya perairan yang kemudian berdampak pada peningkatan erosi dan sedimentasi di WPB (Febriansyah, Agustriani and Agussalim, 2019)(Sutasoit, . and ., 2017)(Theresia, Boer and Pratiwi, 2016)(Wu and Qin, 2020)(R.Oh, Friess and Brown, 2017), dimana sedimentasi dapat menimbulkan terjadinya perubahan morfologi wilayah pesisir dan batimetri perairan (Febriyanti, Purnomo and A'in, 2017)(Wang *et al.*, 2018)(Darmiati, Nurjaya and Atmadipoera, 2020)(Hamzah and Ndojali, 2008). Bertambahnya luasan lahan sebagai akibat dari peningkatan sedimentasi yang mengganggu navigasi dan alur pelayaran kapal,

selain itu dapat menimbulkan terjadinya banjir pasang (banjir rob) di WPB (Bomer *et al.*, 2020)(Prokop *et al.*, 2020)(W.Halla, 2020)(Eslami *et al.*, 2019)(Asp *et al.*, 2018).

Topografi WPB Provinsi Sumatera Selatan terdiri dari rawa dan payau yang dipengaruhi oleh kondisi pasut (pasang surut) (Handayani *et al.*, 2021). Lokasi ini dianggap memiliki keragaman kelas pengendapan yang berasal dari proses fluvial dan marin, WPB merupakan wilayah pengendapan sedimen (sedimentasi) yang memiliki interaksi dua massa air berbeda yang berasal dari sungai besar dan lautan (selat Bangka), yang kemudian membentuk lingkungan delta dan tanjung, hal ini kemudian akan mempengaruhi penyebaran ukuran partikel sedimen yang mencerminkan faktor fluiditas dan energi pengendapan (Thao Nguyen, Park and Ahn, 2019) (Sklar *et al.*, 2017).

Peningkatan akumulasi sedimentasi di WPB didominasi oleh adanya keberadaan sungai-sungai besar yaitu sungai Musi, Telang, Lalan, dan Banyuasin yang membawa partikel-partikel sedimen yang kemudian terakumulasi di wilayah pesisir dan terendapkan di lokasi ini, jika hal ini terus berlanjut akan berakibat terganggunya alur pelayaran, sebagaimana kita ketahui jika WPB merupakan kawasan ekonomi khusus (KEK) yang saat ini sedang berkembang mulai dari kawasan pelabuhan, kawasan pemukiman, kawasan ekonomi. Luas KEK di kawasan pesisir Banyuasin seluas 2030 hektar yang bertujuan untuk peningkatan pendapatan bagi masyarakat sekitar dan pendapatan daerah. Pemanfaatan kawasan pesisir ini selain memiliki dampak positif bagi peningkatan ekonomi masyarakat, juga memiliki dampak negatif yaitu terjadinya perubahan tata guna lahan yang ada, yang akan menimbulkan tekanan bagi ekosistem yang ada disekitarnya, seperti terjadinya peningkatan sedimentasi yang ada di wilayah pesisir, karena adanya asupan partikel-partikel sedimen yang berasal dari hulu yang kemudian mengalami pengendapan di hilir, jika hal ini dibiarkan akan menimbulkan dampak terjadinya pendangkalan di wilayah perairan, yang akan menimbulkan terganggunya jalur navigasi di lokasi ini, sedangkan pada lokasi ini juga terdapat pelabuhan yaitu pelabuhan Tg Api-api (TAA). Hal ini berkaitan dengan bertambahnya jumlah penduduk di kawasan tersebut sehingga kebutuhan akan lahan menjadi meningkat. Dampaknya wilayah pemukiman tersebut sering dilanda oleh banjir rob, atau pada saat pasang tertinggi rumah penduduk selalu tergenang (Amindoni and Adzkia, 2021)(Hayati, 2017). Selain peningkatan sedimentasi di WPB juga mengalami peningkatan volume dan debit aliran, hal ini diprediksi sebagai akibat peningkatan sedimentasi dan juga sebagai dampak terjadinya kenaikan subu permukaan bumi yang umumnya dikenal dengan peristiwa SLR (*sea level rise*), yang kemudian menimbulkan terjadinya banjir pasang pada lokasi ini yang mana hal ini akan berdampak negatif bagi semua yang ada di WPB seperti rusaknya pemukiman

masyarakat yang ada di wilayah pesisir, kawasan infrastruktur, dan sosial ekonomi masyarakat yang ada di wilayah tersebut. Hal ini tentunya akan menimbulkan kerugian yang sangat besar selain itu diduga akan mempengaruhi berbagai aspek ekologi lingkungan WPB.

Salah satu pengaruh aspek oseanografi fisik akibat perubahan tersebut dilihat dari perubahan pola sirkulasi arusnya, yang akan mempengaruhi pergerakan gelombang dan pergerakan partikel sedimentasi. Pergerakan arus laut di WPB perlu diketahui baik secara spasial maupun temporal. Hal ini dapat diperoleh dengan bantuan *software* pemodelan numerik, yang merupakan salah satu solusi yang paling efektif, untuk memenuhi informasi arus secara spasial dan temporal disuatu perairan (Crespo *et al.* 2008; Cummins *et al.* 2012 *dalam* Wisha *et al.* 2018). Simulasi model dilakukan dengan mendesain beberapa skenario model sesuai kebutuhan, yang dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya. Hasil interpretasi dari model tersebut dapat menjadi informasi pergerakan arus laut, gelombang, pergerakan sedimentasi dan tracking partikel sedimen. Untuk menghasilkan analisis lebih detil dengan lokasi yang lebih luas dilakukan juga analisis menggunakan indraja yang digunakan untuk melakukan analisis perubahan tata guna lahan dan morfologi di wilayah pesisir. Yang kemudian akan digunakan untuk mengetahui wilayah atau lokasi mana yang diduga memiliki kerentanan yang tinggi sampai rendah.

Penelitian ini memanfaatkan perangkat *MIKE 2.1* dengan sistem berbasis pemodelan dan tampilan antar muka (*User-Interface*) untuk mendapatkan hasil simulasi terkait pergerakan arus, gelombang, sedimentasi dan tracking partikel. *MIKE 2.1* dapat digunakan pada daerah estuaria, pesisir, dan laut. *MIKE 21* memiliki modul untuk beberapa pengolahan model, salah satu modul yang digunakan untuk pemodelan arus laut adalah *MIKE 21 Flow Model FM (Hydrodynamic Module)*. *MIKE 21 Flow Model FM* telah banyak digunakan dalam beberapa penelitian untuk perencanaan dan pengembangan pelabuhan, analisis pergerakan arus, pergerakan tumpahan minyak dan beberapa aplikasi lainnya.

(Lugo and Londoño, 2020)(Hidayat, 2015) memaparkan secara lengkap metode yang dikembangkan saat ini terkait penilaian kerentanan pantai, Berbagai metode tersebut mencakup pendekatan-berbasis indeks, Sistem Informasi Geografis (SIG), serta keragaan komputer. Di antara pendekatan tersebut, *Coastal Vulnerability Index* merupakan salah satu metode berbasis indeks yang digunakan untuk melakukan penilaian kerentanan pantai terhadap dampak kenaikan muka laut, terutama terkait dengan dampak genangan (*inundation*). *Coastal Vulnerability Index (CVI)* merupakan metode yang paling sederhana

dan umum digunakan untuk menilai kerentanan pantai terkait erosi sedimentasi dan/atau genangan yang didorong oleh kenaikan permukaan laut (sea-level rise/SLR) (Sekovski, Del Río and Armadori, 2020)(Aysun Koroglu *et al.*, 2019). Pemanfaatan CVI juga dimanfaatkan dalam melakukan analisis indeks kerentanan terpadu (ICVI) yang merupakan analisis untuk diterapkan menggunakan analisis semi-kuantitatif dan GIS yang diintegrasikan juga antara faktor fisik lingkungan, dan aspek sosial ekonomi yang juga dilakukan oleh (Ng *et al.*, 2019a)(Francesca De Serio *ORCID, Elvira Armenio, 2018)(Oloyede, Benson and Williams, 2021).

Berdasarkan hal inilah yang melatar belakangi dalam penelitian ini, sejauh manakah perubahan tata guna lahan yang terjadi di lokasi penelitian menimbulkan terjadi peningkatan sedimentasi, peningkatan sedimentasi ini dapat di tinjau dari perubahan morfologi wilayah pesisir seperti perubahan garis pantai menggunakan aplikasi indraja dan GIS, sedangkan untuk mengetahui pergerakan sedimentasi dan tracking partikel sedimen di WPB dilakukan simulasi bagaimana proses pergerakan sedimentasi nya dan lokasi manakah yang akan diidentifikasi memiliki kerentanan tinggi, yang akhirnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi sebaran sedimentasi di WPB kedepannya dan dapat dilakukan strategi adaptasi dan mitigasi terkait kerentanan yang terjadi di WPB

1.2. Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu :

1. Untuk menganalisis kondisi hidrodinamika (arus, gelombang, sedimentasi dan tracking sediment) di WPB.
2. Untuk membuat simulasi arus laut terkait pergerakan gelombang, sedimentasi dan tracking sedimen
3. Untuk memvalidasi hasil simulasi dengan kondisi real dilapangan dan melihat variabel mana yang paling rentan terjadi di WPB berdasarkan hasil simulasi
4. Untuk mencari strategi adaptasi dan mitigasi dari daya dukung dan daya tampung lingkungan.

1.3. Perumusan Masalah

WPB merupakan lokasi yang diidentifikasi memiliki tingkat perubahan morfologi pantai yang cukup signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis citra data satelit, dimana beberapa lokasi memiliki perubahan morfologi lahan baik akresi maupun ekresi. Perubahan garis pantai dalam hal ini terjadinya erosi maupun sedimentasi yang merupakan salah satu aspek penilaian dari parameter fisik lingkungan yang akan dilakukan dalam

penentuan tingkat kerentanan pantai. Metode CVI biasanya banyak digunakan dalam melakukan analisis terkait parameter fisik lingkungan terkait dengan dampak kenaikan muka laut (*Sea Level Rise/SLR*).

Lokasi penelitian ini memiliki karakteristik wilayah yang dominan terjadinya peningkatan sedimentasi yang sangat tinggi, sehingga faktor sedimentasi berupa laju sedimentasi, sedimen dasar perairan, serta bentuk topografi perairan dapat menjadi landasan dalam penentuan kerentanan pesisir terutama dalam aspek parameter fisik lingkungan. *Coastal Vulnerability Index* (CVI) merupakan metode yang paling sederhana dan umum digunakan untuk menilai kerentanan pantai terkait erosi sedimentasi dan/atau genangan yang didorong oleh kenaikan permukaan laut (*sea-level rise/SLR*) (Sekovski, Del Río and Armaroli, 2020)(Aysun Koroglu *et al.*, 2019).

Selain faktor fisik lingkungan faktor sosial ekonomi masyarakat pesisir juga berkontribusi dalam penentuan tingkat kerentanan pesisir yang ada di wilayah penelitian. Pemanfaatan CVI juga dimanfaatkan dalam melakukan analisis indeks kerentanan terpadu (ICVI) yang merupakan analisis untuk diterapkan menggunakan analisis semi-kuantitatif dan GIS yang diintegrasikan juga antara faktor fisik lingkungan, dan aspek sosial ekonomi yang juga dilakukan oleh (Ng *et al.*, 2019a)(Francesca De Serio *ORCID, Elvira Armenio, 2018)(Oloyede, Benson and Williams, 2021) Analisis faktor sosial ekonomi dalam penelitian ini yaitu dilakukan dengan melakukan FGD (*focus group discussion*) dengan beberapa narasumber atau tim ahli yang berkompeten terkait dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat. Wawancara juga dilakukan pada masyarakat yang diidentifikasi memiliki nilai kerentanan tinggi seperti mengetahui jumlah masyarakat miskin di lokasi tersebut yang berhubungan dengan mata pencaharian yang memiliki tingkat kerentanan tinggi. Selain itu juga di ambil juga data terkait jumlah penduduk berjenis kelamin perempuan, anak-anak dan manula. Data terkait jaringan infrastruktur lokasi juga dilakukan analisis untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang akan ditimbulkan sebagai akibat dari perubahan garis pantai dan banjir pasang. Kesemua data tersebut akan dilakukan tabulasi dan analisis untuk mendapatkan nilai Indeks kerentanan sosial. Indeks kerentanan Ekonomi pesisir diperoleh dengan cara melakukan analisis perubahan tata guna lahan yang ada di lokasi penelitian. Berdasarkan hal tersebut dibuatlah perumusan masalah yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

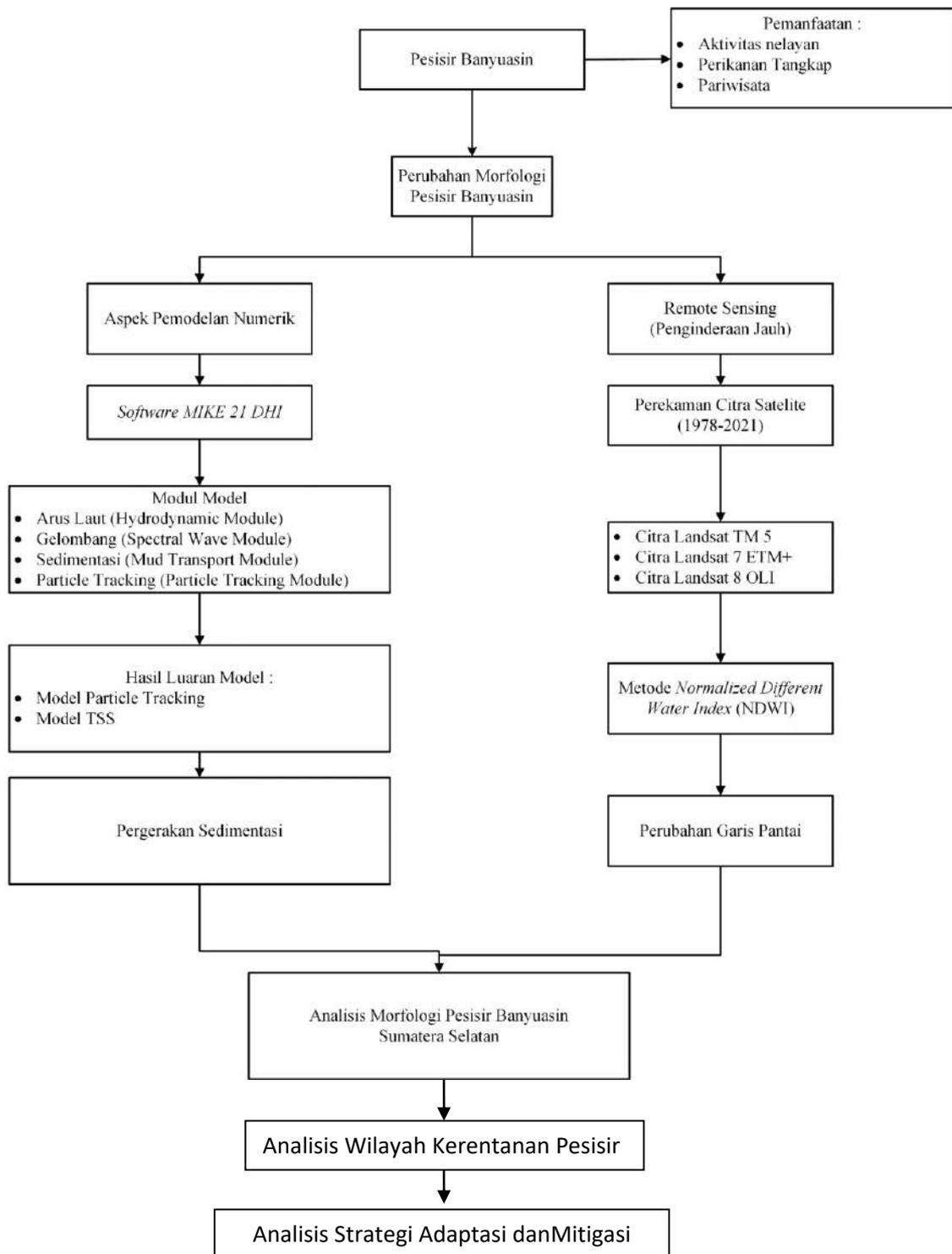
1. Bagaimanakah kondisi hidrodinamika (arus, gelombang, sedimentasi dan tracking sediment) di WPB.
2. Bagaimanakah simulasi arus laut terkait pergerakan gelombang, sedimentasi dan tracking sediment ?

3. Bagaimanakah hasil validasi hasil simulasi yang didapatkan dengan kondisi real dilapangan dan melihat variabel mana yang paling rentan terjadi di WPB?
4. Apa sajakah strategi adaptasi dan mitigasi dari daya dukung dan daya tampung lingkungan yang dapat diterapkan di WPB?

Beberapa alasan mendasari pemilihan daerah kajian untuk penilaian ini diataranya, adalah : jenis profil kemiringan pantainya yang terkenal landai (Bapeda-Banyuasin, 2019);(Niu, 2020), laju erosi dan akresi sepanjang garis pantai ini cukup signifikan(Bera and Maiti, 2019)(Cham *et al.*, 2020)(Din Hashmi and Ahmad, 2018)(Selvan *et al.*, 2020), ancaman bahaya dampak primer kenaikan muka laut (banjir *rob*) yang telah berlangsung (McAlpine and Porter, 2018)(Pickering *et al.*, 2017), merupakan suatu kawasan strategis dari aspek pembangunan daerah karena merupakan kawasan ekonomi khusus dan lokasi ini terletak di wilayah pesisir dan terdapat lokasi pemukiman masyarakat, infrastruktur dan adanya kawasan taman nasional (Clark, 1996)(Carlos Mestanza-Ramón 1, 2, 3, 4,*ORCID, Maritza Sanchez Capa 2, 3, 2019)(Nitivattananon and Srinonil, 2019),

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat yaitu : Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu data dapat dijadikan sumber data untuk kondisi hidrodinamika WPB (arus, gelombang, sedimentasi dan traking sediment) di WPB. Didapatkannya simulasi arus laut terkait pergerakan gelombang, sedimentasi dan traking sedimen. Didapatkannya hasil validasi simulasi yang tepat dengan kondisi real dilapangan dan didapatkannya variabel yang paling rentan terjadi di WPB berdasarkan hasil simulasi. Didapatkannya strategi adaptasi dan mitigasi dari daya dukung dan daya tampung lingkungan. Data-data hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai masukan dalam pengelolaan lingkungan di WPB seperti untuk *progress* pembangunan pelabuhan yang sudah direncanakan.



Gambar 1.1 .Alur pemikiran penelitian

1.5. State of the Art

Penelitian terkait kerentanan pesisir sudah banyak dilakukan akan tetapi ada beberapa kekhasan yang memiliki perbedaan penelitian ini dari penelitian-penelitian sebelumnya terkait kerentanan pesisir yaitu :

Tabel 1.1. Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

| Aspek | A | B | C | D | E |
|----------------|---|--|---|--|---|
| Latar Belakang | Lokasi penelitian merupakan kawasan pesisir dataran rendah. | Lokasi penelitian merupakan wilayah pesisir pantai yang dimanfaatkan sebagai kawasan pariwisata dan tambang pasir, yang kerap terjadi erosi pantai | Daerah pesisir kota berpenduduk padat dan memiliki arus perdagangan dan jasa yang besar. Wilayah ini mengalami kemajuan laut yang menyebabkan perubahan garis pantai dan menyebabkan berkurangnya luas pantai serta rusaknya berbagai fasilitas perkotaan | Lokasi penelitian merupakan kawasan pesisir pantai yang dipengaruhi oleh keberadaan pemukiman dan aktifitas ekonomi lainnya, selain itu adanya hubungan bebas antara laut dan aliran sungai yang ada di lokasi ini. Kondisi rata-rata dicirikan oleh erosi dengan nilai rata-rata perubahan garis pantai | Lokasi penelitian merupakan kawasan pesisir pantai yang dipengaruhi oleh keberadaan pemukiman dan aktifitas ekonomi lainnya, selain itu adanya hubungan bebas antara laut dan aliran sungai yang ada di lokasi ini. Kondisi rata-rata dicirikan oleh erosi dan sedimentasi dilihat dari perubahan morfologi WPB |
| Tujuan | Menganalisis dan memahami dinamika pantai apa yang terjadi di wilayah pesisir menggunakan data satelit selama 37 tahun, dan Perubahan historis pada posisi garis pantai dan genangan berdasarkan skenario proyeksi permukaan laut 0,5 dan 1 m | Menganalisis dan memahami variabilitas dan dinamika garis pantai penting bagi para ilmuwan dan pembuat kebijakan. | menganalisis jangka pendek untuk mengidentifikasi pola siklus erosi dan akresi | menganalisis perubahan garis pantai jangka panjang skala cekungan untuk garis pantai selama kurun waktu 40 tahun | Untuk mengetahui variabel-variabel apa sajakah yang mempengaruhi perubahan garis pantai di WPB. Membuat simulasi arus laut terkait pergerakan gelombang, sedimentasi dan traking sedimen Untuk memvalidasi hasil simulasi dengan kondisi real dilapangan dan melihat variabel mana yang paling rentan terjadi di WPB berdasarkan hasil simulasi Untuk mencari strategi adaptasi dan mitigasi dari |

| | | | | | |
|----------------|--|---|--|---|--|
| | | | | | <p>daya dukung dan daya tampung lingkungan.</p> |
| <p>Manfaat</p> | <p>Diketuainya perubahan dinamika pantai yang terjadi dan diketahuinya perubahan historis dan perubahan garis pantai dan SLR</p> | <p>Diketuainya proses jangka panjang perubahan garis pantai di sepanjang pantai Tetouan (44 km) dengan periode 60 tahun</p> | <p>Diketuainya pola siklus erosi dan akresi jangka panjang dan jangka pendek.</p> | <p><u>diketuainya perubahan garis pantai</u> jangka panjang skala cekungan untuk garis pantai</p> | <p>Diketuainya variabel-variabel apa sajakah yang mempengaruhi perubahan garis pantai di WPB. Didapatkannya simulasi arus laut terkait pergerakan gelombang, sedimentasi dan traking sedimen. Didapatkannya hasil validasi simulasi yang tepat dengan kondisi real dilapangan dan didapatkannya variabel yang paling rentan terjadi di WPB berdasarkan hasil simulasi Didapatkannya strategi adaptasi dan mitigasi dari daya dukung dan daya tampung lingkungan.</p> |
| <p>Metode</p> | <p>Metode pengolahan citra, sistem informasi geografis, dan sistem analisis garis pantai digital</p> | <p>Menggunakan analisis Gis dengan menggunakan analisis DSAS (Digital Shoreline Analysis System)</p> | <p>Analisis perubahan garis pantai menggunakan penginderaan jauh dan teknik statistic dengan analisis DSAS</p> | <p>Analisis perubahan garis pantai menggunakan penginderaan jauh</p> | <p>Penelitian ini menggunakan pendekatan dengan memanfaatkan MIKE 2.1 dalam memodelkan kondisi fisik oseanografi di WPB dan di sandongkan dengan indraja serta GIS untuk menghasilkan kerentanan yang terjadi di WPB.</p> |

| | | | | | |
|-------------------|--|---|---|---|--|
| <p>Hasil</p> | <p>Variasi garis pantai menunjukkan bahwa laju erosi bervariasi pada skala waktu yang berbeda. Laju titik akhir menunjukkan rata-rata erosi tertinggi 3,12 m/tahun, terjadi di 73% pantai antara tahun 1978 dan 1991</p> | <p>Analisis terhadap hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pantai tersebut bersifat progresif dan regresif, dengan laju rata-rata 2,81 m/tahun dan 3,91 m/tahun. Luas permukaan keseluruhan dari tanah yang tererosi adalah sekitar 4900.000 m²</p> | <p>Perubahan jangka panjang dari tahun 1985 hingga 2019 menunjukkan akresi terutama di garis pantai kota João Pessoa, dengan laju 0,55 m/tahun (metode WLR); 282 transek menunjukkan akresi</p> | <p>Hasilnya menggambarkan bahwa mekanisme dan proses yang berbeda didorong oleh beban sedimen sungai (misalnya Delta Danube dan Kızılırmak), efek antropogenik (misalnya pantai Laut Hitam Tenggara Turki), dan jebakan sedimen pantai aktif di sepanjang garis pantai dan mempengaruhi dinamika garis pantai jangka panjang.</p> | <p>Didapatkannya model yang tepat untuk memprediksi pergerakan sedimentasi yang terjadi di WPB. Selain itu dengan memanfaatkan indraja dan GIS didapatkan lokasi yang memiliki perubahan secara signifikan baik erosi maupun akresi yang terjadi di WPB, kemudian dari pendekatan ini diketahui lokasi mana yang memiliki kerentanan pesisir tinggi. Yang kemudian didapatkan strateginya adaptasi dan mitigasi yang tepat untuk WPB</p> |
| <p>Kesimpulan</p> | <p>Dampak kenaikan muka air laut (sea level rise/SLR) menunjukkan bahwa wilayah pesisir sekitar 14.122 ha dari 225 desa dan 31.318 ha dari 272 desa akan tergenang permanen untuk SLR masing-masing 0,5 dan 1 m, yang meliputi pertanian, mangrove, lahan basah, akuakultur, dan lahan</p> | <p>aksi gabungan dari efek kumulatif dari proses alam dan berbagai kegiatan antropogenik (penambangan pasir, infrastruktur pariwisata, pembangunan marina dan bendungan) sangat mengurangi stok sedimen dan berdampak negatif pada dinamika pesisir.</p> | <p>faktor pengendali utama yang mempengaruhi perubahan garis pantai di zona ini, seperti permukaan laut, kisaran pasang surut, tinggi gelombang, morfologi pantai, dan arus laut</p> | <p>21% pantai terluas di Laut Hitam terkikis selama lebih dari 1 m/tahun dalam 40+ tahun terakhir.</p> | <p>Model simulasi yang tepat yang dapat digunakan untuk memprediksi tingkat sedimentasi di WPB dan lokasi mana saja yang mengalami akresi dan erosi pantai serta kerentanan yang seperti apa terjadi di WPB. dan strategi mitigasi yang tepat di terapkan di lokasi WPB.</p> |

hutan
Langkah-langkah
adaptasi dalam mode
partisipatif
masyarakat, yang
diintegrasikan ke
dalam pengelolaan
wilayah pesisir dengan
fokus pada kegiatan
pesisir sub-regional,
diperlukan untuk
merespon konsekuensi
dari perubahan iklim

1. Penelitian A : Comparison of Coastal Vulnerability Index applications for Barcelona Province
2. (Jayanthi *et al.*, 2018)
3. (Benkhatab *et al.*, 2020)
4. (Santos *et al.*, 2021)
5. (Görmüş *et al.*, 2021)
6. Rencana Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Wilayah Pesisir

2.1.1. Pengertian Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir merupakan kawasan yang senantiasa tergenang air dan masih terpengaruh oleh proses laut seperti pasang surut (pasut), angin laut, dan intrusi garam. Batasan wilayah ke arah lautan adalah daerah yang terpengaruhi oleh proses-proses alami yang ada di wilayah daratan seperti proses sedimentasi serta adanya aliran air tawar menuju ke arah laut dan semakin ke arah laut akan dipengaruhi juga oleh kegiatan manusia yang ada di daratan. Menurut Kay Alder 1998 dalam (Pagán *et al.*, 2016) wilayah pesisir merupakan wilayah yang memiliki ciri dan batas wilayah antara darat dan perairan dimana proses kegiatan atau aktivitas bumi dan penggunaan lahan masih mempengaruhi proses dan fungsi dari laut dan dari darat dalam hal ini kegiatan-kegiatan yang dilakukan manusia dalam memenuhi kebutuhannya.

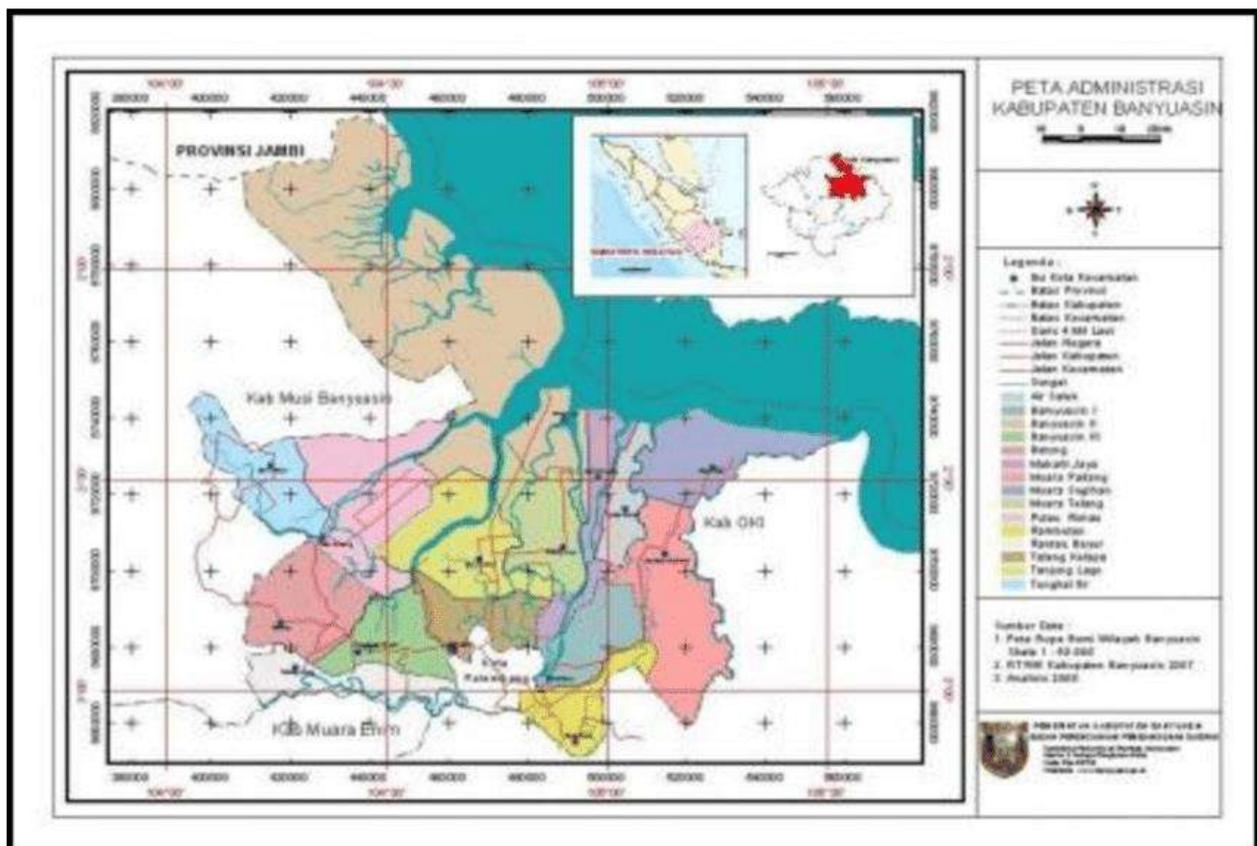
Wilayah pesisir merupakan kawasan peralihan ekosistem antara darat dan laut yang saling mempengaruhi satu sama lain, dengan batas luasan wilayah 12 mil dari garis pantai untuk provinsi dan sepertiga luas wilayah laut untuk kabupaten. Sedangkan semakin ke arah darat pada batas wilayah administrasi baik kabupaten ataupun kota dengan ciri khas ekosistemnya yang meliputi wilayah darat yang kering maupun terendam air masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut. Sementara ke arah laut kawasan pesisir masih mendapatkan pengaruh dari proses-proses yang terjadi berasal dari darat (Crawford, 2019)(Naping, Safriadi and Musywirah, 2019).

2.1.2. Gambaran Lokasi Penelitian

2.1.2.1. Wilayah Administrasi

Salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Selatan yang merupakan hasil pemekaran dari kabupaten MUBA (UU Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2002) dan memiliki kawasan pesisir dan lautan yaitu kabupaten Banyuasin, dengan luas wilayah 1.183.299 Ha. Kabupaten Banyuasin secara geografis berada pada 1° 37'32.12"- 3° 09'15.03"LS dan 104° 02'21.79"-105° 33'38.5"BT, dengan jumlah kecamatan sebanyak 19 kecamatan. Kecamatan Banyuasin II merupakan kecamatan terluas di kabupaten ini dengan wilayah seluas 3.632,4 Km² (30,70 % dari luas total wilayah kabupaten) (Darmawan *et al.*, 2020) (Nn, 2019).

Kawasan kabupaten Banyuasin terdiri dari 80%nya merupakan kawasan lahan basah (*lowland*) yang terdiri dari rendah rawa lebak, lahan gambut, serta kawasan pasang surut (pasut) dan 20% luasnya berupa lahan kering yang dimanfaatkan untuk pekarangan dan permukiman, perkebunan, ladang dan penggunaan lahan lainnya (Surahman *et al.*, 2018). Kawasan ekosistem rawa pasut di Kabupaten Banyuasin terbentuk daratan berupa delta-delta yang dipisahkan oleh aliran sungai membentuk dataran rendah bergambut yang tersebar di sepanjang wilayah pesisir timur.



Gambar 2.1. Peta batas administrasi Banyuasin, 2020 *dalam* (BPS Kabupaten Banyuasin, 2021)

Kecamatan-kecamatan yang berbatasan langsung dengan perairan laut dan 4 mil ke arah laut sesuai dengan kewenangan kabupaten/kota yaitu Banyuasin II, Muara Sugihan, Air Salek, Makarti Jaya, dan Tanjung lago serta terdapat 22 pulau-pulau kecil baik yang berada di wilayah laut maupun sungai. Adanya kawasan perairan diini memberikan keuntungan bagi pendapatan kabupaten seperti dengan adanya perairan dimanfaatkan sebagai jalur transportasi yang strategis, dimana kawasan ini merupakan pintu gerbang penghubung Sumatera Selatan dan Bangka Belitung. Selain itu kawasan ini juga menyimpan potensi sumberdaya perikanan dan lautan yang berlimpah, baik hasil perikanan tawar maupun laut serta potensi wisata juga berkontribusi meningkatkan pendapatan daerah (Ratmoko *et al.*,

2021). Kawasan pesisir Banyuasin dimanfaatkan sebagai kawasan konservasi dan wisata yaitu adanya kawasan konservasi Taman Nasional Sembilang (TNS) yang memiliki hutan mangrove dengan ketebalan sekitar 35 km (Nn, 2019)

2.1.2.2. Geomorfologi dan Jenis Pantai

WPB memiliki garis pantai yang berbentuk tidak teratur membentuk teluk dan tanjung, dengan relief pantai datar berbentuk lereng cekung dan landai. WPB merupakan bagian dataran rendah Sumatera bagian timur yang termasuk dataran lahan basah (*lowland*) (WH Diemont, G Toi, S Wulffraat, CD Field, 1369). Berdasarkan proses terjadinya, bentuk lahan pada daerah penelitian terdiri dari tiga kelompok yaitu :

- a. Aluvial yaitu bentuk lahan yang terjadi karena adanya proses fluvial (aktivitas sungai). Kelompok alluvial ini terdiri dari bentuk lahan rawa belakang (*Back swam*), lagun (*estuaria*) yang umumnya tersebar hampir seluruh daerah wilayah pesisir terutama daerah yang mempunyai sungai-sungai besar.
- b. Marin yaitu lahan yang terbentuk karena aktivitas laut. Kelompok ini terdiri dari bentuk lahan gisik, rata-rata pasang surut yang lokasinya berada dekat dengan garis pantai.
- c. Kubah Gambut yaitu proses pembentukan bahan organik, kelompok ini umumnya terdapat pada daerah rawa-rawa pedalaman.

Tekstur tanah pada WPB pada umumnya adalah bertekstur halus dan sangat halus bahkan pada daerah cekungan berlumpur dan selalu tergenang Hakim (2001) dalam (Eddy *et al.*, 2017)(Putranto, Fitriani and Andriani, 2020).

2.1.2.3. Hidrologi

A. Sifat-sifat Fisik Muara Sungai

WPB merupakan perairan campuran antara air laut dari Selat Bangka dengan air permukaan yang berasal dari sungai-sungai besar yang bermuara ke laut yaitu Musi, Sembilang, Terusan dalam dan Sungai-sungai Kecil lainnya. WPB memiliki karakteristik perairan yang berwarna coklat/keruh hal ini dikarenakan adanya kandungan partikel-partikel tanah/endapan lumpur di badan perairan yang terakumulasi dan tersebar di WPB (M *et al.*, 2014).

Muara sungai atau estuaria merupakan suatu daerah dimana terjadi pertemuan antara air tawar dan air laut (Aris, Butudoka and Pristianto, 2018). Menurut Nybakken (1992) ; (Meidji *et al.*, 2020) muara sungai atau estuaria merupakan bentuk teluk di pantai yang semi-tertutup, dimana air tawar dan air laut bertemu dan bercampur. Estuaria (muara sungai) juga dapat berarti sebagai perairan semi tertutup yang mempunyai hubungan bebas

dengan laut terbuka dan menerima masukan air tawar dari daratan yang didominasi oleh substrat berlumpur yang membawa endapan yang berasal dari laut dan daratan (Soegianto, 2019).

Proses utama yang terjadi di WPB adalah kombinasi dari pertemuan air tawar dari aliran sungai dan proses masuknya air laut oleh aktivitas pasang surut. Proses lainnya yaitu adanya sedimentasi karena pengendapan dari partikel-partikel sedimen yang kemudian akan mempengaruhi perubahan morfologi di daerah WPB (Randa Kurniawan, Sigit Sutikno, 2017; Afidyah Vicky Antari, Agus Anugroho Dwi Suryoputro, Setiyono¹ and Maslukah, 2020).

Substrat

Sebagian besar muara sungai didominasi oleh substrat lumpur. Lumpur ini berasal dari sedimen yang terangkut, baik yang berasal dari daratan atau aktivitas mekanik air laut seperti pengadukan karena gelombang ataupun pasang surut. Partikel yang mengendap di daerah estuaria terangkut oleh aliran air tawar yang berasal dari daratan oleh sungai (GilsbA.A.MarkusbA.D.VethaakbcJ.M.Pankoa, 2019).

Bentang Lingkungan

Dominasi yang terjadi akibat jumlah sedimen lumpur yang terdeposisi di daerah estuaria menjadikan daerah ini memiliki bentang lingkungan berupa rawa-rawa atau daerah payau. Biasanya daerah payau memiliki vegetasi yang khas berupa hutan mangrove ataupun bakau, yang merupakan tumbuhan yang khas di daerah pantai rawa (Diego Andrés Villate Daza, Hernando Sánchez Moreno², Luana Portz³,*ORCID, Rogério Portantiolo Manzolli³ORCID, Hernando José Bolívar-Anillo², 2020)

Rawa yang terbentuk di daerah estuaria memiliki arti penting sebagai tempat penampungan sementara untuk luapan air laut karena proses pasang surut, dan berfungsi menampung air tawar pada saat terjadi pasang surut dari hulu, sebelum aliran air tawar masuk ke lautan. Bentangan alam di daerah dekat muara sungai (estuaria) merupakan daerah lingkungan pengendapan sedimen (Kanga *et al.*, 2020)(Hoitink *et al.*, 2017).

Kekeruhan

Kekeruhan merupakan parameter untuk menyatakan bagian dari cahaya matahari yang menembus ke dalam perairan. Kekeruhan ini berhubungan erat dengan keberadaan muatan material yang terkandung di dalam badan perairan. (Davies *et al.*, 2020).

mengakibatkan kondisi perairan di daerah estuaria (muara sungai) memiliki kekeruhan yang tinggi. Tingkat kekeruhan tertinggi terjadi di daerah mulut sungai karena pada daerah

ini terjadi pertemuan lapisan air tawar dan air laut, yang menimbulkan *front*. Selanjutnya *front* yang terbentuk meningkatkan konsentrasi elektrolit karena terjadi proses interaksi antara air tawar dan air laut sehingga sedimen tersuspensi akan mengendap di mulut sungai. Peningkatan pengendapan sedimen tersuspensi akan meningkat pada saat terjadi pasang air laut (Dicky Prasetya, Bagaskara Sugeng Widada, 2017). Partikel yang masuk ke daerah estuaria (muara sungai) dalam jumlah besar biasanya

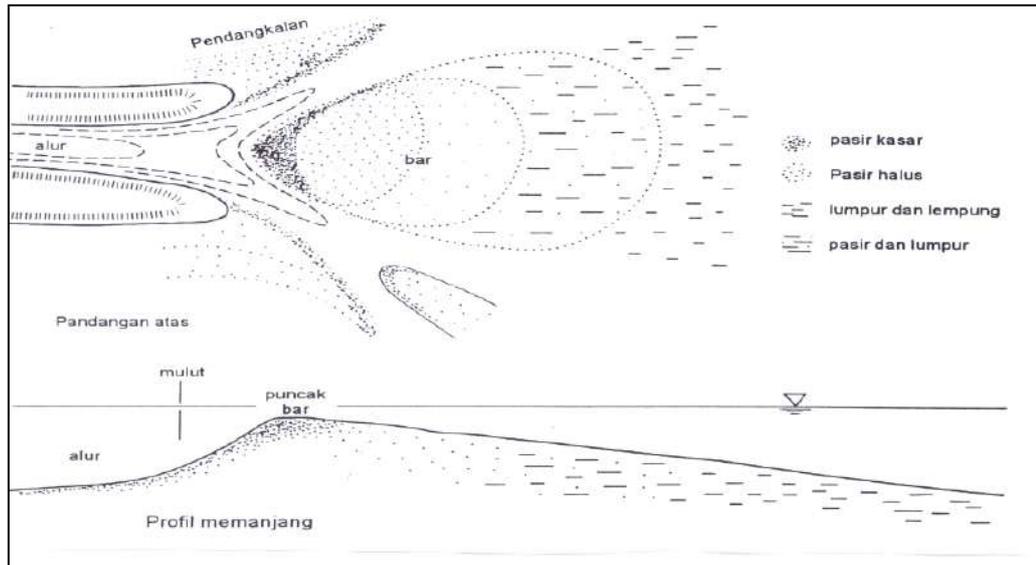
Kecepatan arus

Arus permukaan dapat terjadi karena adanya pergerakan massa air yang ditimbulkan karena adanya gerakan angin sehingga air dibagian permukaan menjadi bergerak. Nontji (2002) ; (Felice Rubino 1, Antonio Nisticò 2, Fausto Tucci 3 ORCID and Pierpaolo Carlone 3, 2020) menyatakan bahwa arus permukaan terjadi karena adanya perbedaan dalam densitas air laut dan gerakan bergelombang panjang dan oleh pergerakan benda angkasa yang mempengaruhi massa air yang ada di bumi (pasang-surut).

B. Tipe Morfologi Muara Sungai

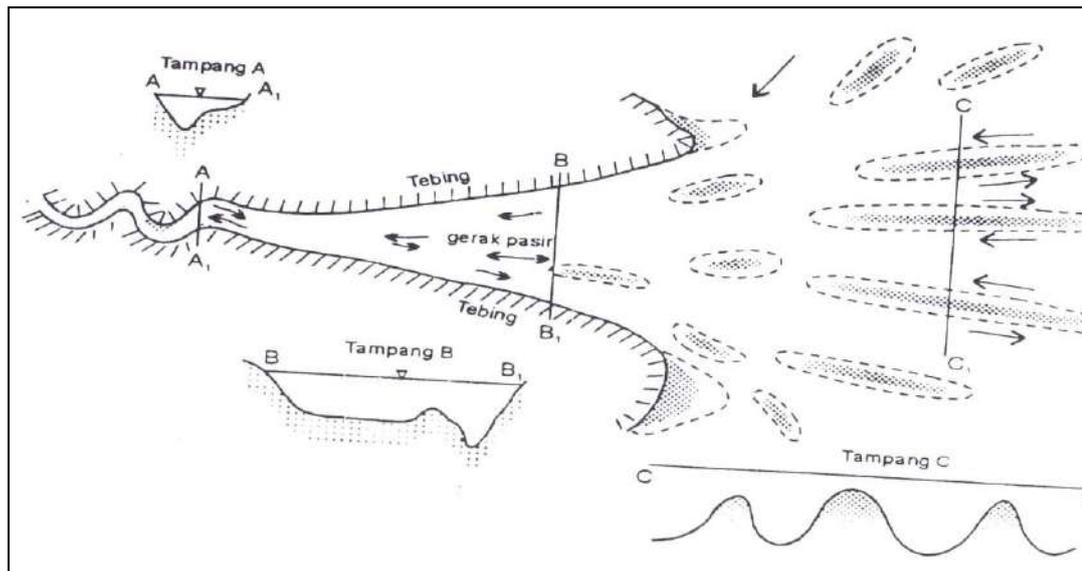
Tipe morfologi muara sungai yang didominasi oleh debit sungai dan pasut, memiliki ciri khas berupa debit sungai yang terjadi sepanjang tahun cukup besar dengan aksi gelombang relatif kecil. Aliran sungai yang terbentuk cukup panjang, sehingga partikel-partikel sedimen yang terbawa ke hilir berupa sedimen tersuspensi dengan ukuran diameter butir yang sangat kecil dalam jumlah besar (Triatmodjo, 1999 dalam (Taredja and Nugroho, 2018)), sehingga pada waktu terjadi pergerakan air surut sedimen ini terdorong ke muara dan menyebar di laut.

Sedimen akan mengendap saat surut dan saat air laut pasang akan terjadi pergerakan massa air menuju ke hulu muara sehingga sedimen suspensi yang berasal dari laut akan bertemu dengan sedimen suspensi yang berasal dari hulu. Selama periode titik balik ke air pasang dan air surut, kecepatan aliran air akan bertambah hingga mencapai maksimum dan kemudian berkurang lagi pada titik tertentu. Kondisi sungai saat surut kecepatan aliran air akan bertambah sehingga sebagian partikel sedimen tersuspensi yang telah mulai mengendap akan mengalami erosi kembali. Akan tetapi di depan mulut muara dimana pola aliran menyebar, kecepatan aliran berkurang sehingga tidak mampu mengerosi semua sedimen yang telah diendapkan (satu siklus pasut jumlah sedimen terendapkan lebih banyak daripada erosi) dan membentuk delta sungai (Gambar 2.1).



Gambar 2.2. Pola Sedimentasi di Muara yang Didominasi Debit Sungai (Triatmodjo, 1999 dalam (Taredja and Nugroho, 2018))

Morfologi muara sungai yang dominan pasang surut biasanya memiliki *bar* di depan muara sungai (Gambar 2.3).



Gambar 2.3. Pola Sedimentasi di Muara yang Didominasi Pasang Surut (Triatmodjo, 1999 dalam (Taredja and Nugroho, 2018))

Air laut yang masuk ke sungai akan bertambah volumenya seiring dengan peningkatan ketinggian pasang, dan pada periode tertentu bergantung pada tipe pasang. Air laut yang masuk akan terakumulasi dengan air yang berasal dari hulu sungai, dan pada saat surut akan terjadi peningkatan kecepatan aliran air sampai menyebar ketika bertemu dengan air laut, sehingga cukup potensial untuk mengerosi sedimen yang terakumulasi di mulut muara (Triatmodjo, 1999 dalam (Taredja and Nugroho, 2018)).

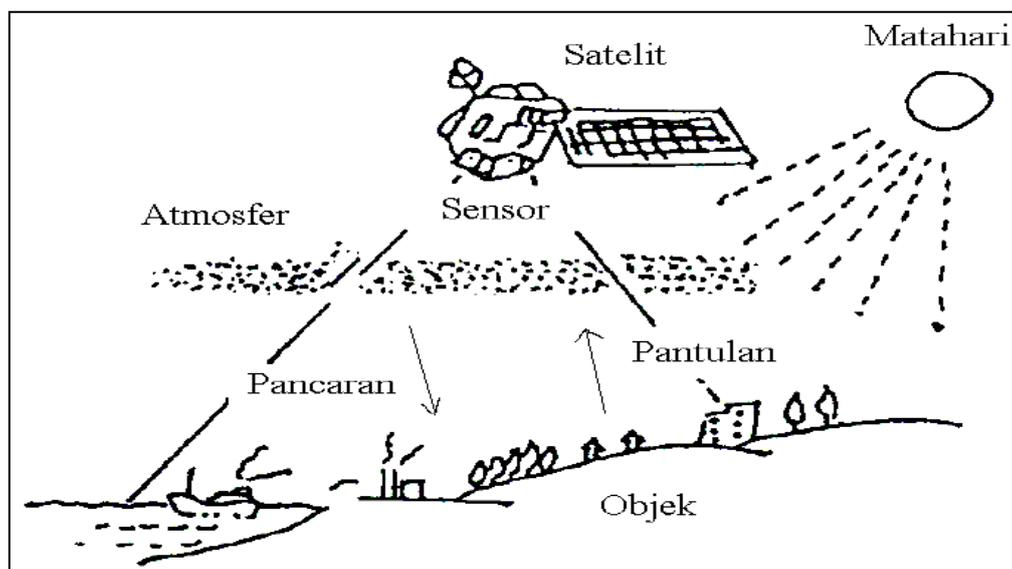
2.2. Teknologi Penginderaan Jauh (Indraja) dan Pengolahan Citra Digital

2.2.1. Satelit Indraja

Lillesand dan Kiefer (1990) *dalam* (Yuwanto, 2019) menyatakan bahwa penginderaan jauh (inderaja) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena. Alat ataupun wahana yang banyak digunakan dalam mengekstraksi dan mencandra kenampakan yang ada di bumi yaitu pesawat terbang dan pemanfaatan satelit.

Menurut JARS *dalam* Budhiman (2001) *dalam* (UGM, 2017), inderaja adalah ilmu dan teknologi yang digunakan dalam mengekstrak informasi dengan cara mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis karakteristik dengan kondisi yang real dilapangan. Informasi tentang obyek, daerah dan fenomena yang diteliti didapatkan dari analisis data yang dikumpulkan oleh sensor. Sensor ini memperoleh data melalui energi elektromagnetik yang dipancarkan dan dipantulkan obyek. Sensor dibedakan menjadi dua yaitu pasif dan aktif. Sensor pasif menggunakan sumber energi matahari (inderaja sistem pasif). Sensor aktif menggunakan sumber energi buatan yang dihasilkan sensor itu sendiri (inderaja sistem aktif), seperti RADAR (*Radio Detecting and Ranging*) (Swain *dalam* Hutauruk, 2004) *dalam* (Zamroh, 2014).

Sumber energi dalam inderaja adalah radiasi elektromagnetik yang berasal dari energi matahari. Gelombang eletromagnetik dibentuk dari dua komponen yaitu listrik dan magnetik kedua komponen ini berjalan dengan fase sama, tegak lurus satu sama lain dan tegak lurus pula dengan arah rambatannya. Bentuk gelombang ini dapat diamati dari interaksinya dengan suatu benda (Butler *et al.* 1988) *dalam* (Susilo, 2017)



Gambar 2.4. Komponen Penginderaan Jauh (JARS *dalam* Nugroho, 2005) *dalam* (Zamroh, 2014)

Menurut Donoedoro (1996) *dalam* (Zamroh, 2014), terdapat empat komponen dalam indraja, yaitu : 1) Sumber energi yang berupa radiasi elektromagnetik, 2) Atmosfer yang merupakan media lintasan dari radiasi elektromagnetik, 3) Sasaran atau obyek, yaitu fenomena yang respon terhadap radiasi elektromagnetik, dan 4) Sensor, yaitu alat yang mendeteksi radiasi elektromagnetik dari suatu obyek. Komponen-komponen indera terlihat pada Gambar 2.4.

Pengamatan tanpa kontak langsung yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek di permukaan bumi dapat dimanfaatkan untuk memperoleh data yang bersifat *multispektral* (dari berbagai spektrum panjang gelombang), *multilevel* (dari berbagai ketinggian) dan *multitemporal* (pengulangan secara periodik) dan aplikasinya bersifat *multidisipliner*, karena data yang diperoleh dapat digunakan untuk berbagai kegiatan disiplin ilmu dan teknologi (Hasyim, 1995) (Hartono, 2016).

Menurut Sutanto *dalam* (Pradipti, Widyantara and Hartati, 2017) pemanfaatan citra semakin banyak digunakan karena,

1. Citra menggambarkan obyek secara lengkap, permanen dan meliputi daerah yang luas dengan format yang memungkinkan untuk mengkaji obyek-obyek beserta hubungannya.
2. Jenis citra tertentu, tampak tiga dimensi bila pengamatan dilakukan dengan stereoskop.
3. Karakteristik obyek yang tidak tampak mata dapat diwujudkan dalam bentuk citra, sehingga obyeknya dapat dikenali.
4. Citra dapat dibuat dengan cepat, meskipun untuk daerah yang sulit didatangi atau diteliti secara teresterial. Interpretasi citra dapat dilakukan siang ataupun malam.

2.2.2. Satelit Landsat

Citra Landsat saat ini banyak digunakan untuk kegiatan survei maupun penelitian diberbagai bidang seperti geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi, serta kehutanan. Perekamannya citra Landsat mempunyai cakupan area 185 km x 185 km, sehingga objek tertentu dapat diidentifikasi tanpa harus menjelajah semua daerah yang diteliti. Hal ini dapat menghemat waktu, biaya dibanding melakukan survei langsung. Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter, berlaku untuk Landsat TM, ETM+, dan OLI/TiRS. Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TiRS saat ini memiliki band/kanal pankromatik yang memiliki resolusi 15 meter (Oktaviani and Johan, 2016) .

Landsat (*Land Satellite*) merupakan program sipil observasi bumi yang paling tua. Landsat memulai peluncuran perdananya pada tahun 1972 dengan satelit Landsat-1 yang membawa sensor multispektral MSS. Pada tahun 1982, *Thematic Mapper* (TM)

menggantikan sensor MSS. Keduanya merupakan scanner atau sensor pemindai. Pada April 1999 Landsat-7 telah diluncurkan dan membawa sensor pemindai ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*). Saat ini satelit Landsat yang masih beroperasi adalah Landsat-7 dan Landsat-8 yang diluncurkan pada 2013 silam. Sensor Landsat ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) mempunyai resolusi spasial 30 x 30 m dan memiliki 8 kanal, yaitu 3 kanal pada spektrum sinar tampak, 1 kanal pada daerah infra-merah dekat, 2 kanal pada daerah infra-merah tengah, 1 kanal pada infra merah thermal, dan 1 kanal pankromatik, pada Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah (Planologipcd, 2017). Karakteristik dari sensor Landsat ETM+ disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Landsat-7 ETM dan Landsat-8

| Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) | | |
|---|-------------------------|--|
| No Band | UM (Wave Length) | Kegunaan Untuk Peta |
| Band 1 - Ultra Blue (coastal/aerosol) | 0.43 - 0.45 | coastal and aerosol studies |
| Band 2 - Blue | 0.45 - 0.51 | Pemetaan batimetrik, membedakan tanah dari vegetasi dan berganti daun dari tumbuh-tumbuhan yang termasuk jenis pohon jarum |
| Band 3 - Green | 0.53 - 0.59 | Menekankan puncak vegetasi, yang berguna untuk menilai tumbuh tanaman. |
| Band 4 - Red | 0.64 - 0.67 | Discriminates vegetation slopes |
| Band 5 - Near Infrared (NIR) | 0.85 - 0.88 | Menekankan pada garis pantai |
| Band 6 - Shortwave Infrared (SWIR) 1 | 1.57 - 1.65 | Membedakan kadar air tanah dan tumbuh-tumbuhan, menembus awan tipis |
| Band 7 - Shortwave Infrared (SWIR) 2 | 2.11 - 2.29 | eningkatan kadar air tanah dan vegetasi dan penetrasi sedikit awan |
| Band 8 - Panchromatic | 0.50 - 0.68 | Resolusi 15 meter, gambar semakin tajam |
| Band 9 - Cirrus | 1.36 - 1.38 | Mendeteksi peningkatan awan cirrus |
| Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1 | 10.60 - 11.19 | resolusi 100 meter, perkiraan pemetaan panas dan kelembaban tanah |
| Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2 | 11.50 - 12.51 | resolusi 100 meter, ditingkatkan thermal pemetaan dan diperkirakan kelembaban tanah |

Sumber : Lillesand dan Kiefer, 1990 ; (Planologipcd, 2017).

2.2.3. Pengolahan Data Citra Digital

Analisis dan interpretasi citra digital pada citra satelit Landsat-7 ETM dapat dikelompokkan dalam tiga prosedur operasional, yaitu prapengolahan data (koreksi radiometrik dan koreksi geometrik), pembuatan citra komposit warna, dan penajaman citra. Koreksi geometrik diperlukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai *pixel* yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral obyek yang sebenarnya (Planologipcd, 2017).

Koreksi geometrik bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra yang mengalami distorsi atau gangguan geometrik. Menurut Purwadhi (2001) dalam (Lukiawan, Purwanto and Ayundyahrini, 2019) berdasarkan sumbernya, distorsi atau kesalahan geometrik dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu kesalahan internal (*internal distortion*) dan kesalahan eksternal (*external distortion*). Kesalahan internal disebabkan oleh konfigurasi sensornya yaitu :

- a. Pembelokan arah penyinaran menyebabkan distorsi panoramik (*look angle*)
- b. Abrasi sub-sistem optik karena kemiringan cermin penyiam (*scan mirror*) sehingga cakupan menjadi tidak lurus.
- c. Sistem penyiam (*scanning system*) yang tidak linier karena kecepatan cermin penyiam (*scan*) berubah yang mengakibatkan pergeseran lokasi setiap *pixel*.

Menurut (Hakim, 2015) kesalahan geometrik yang disebabkan karena kesalahan eksternal (*external distortion*) yaitu :

- a. Perubahan ketinggian dan kecepatan wahana yang menyebabkan perubahan cakupan dan perubahan luas yang menyebabkan perubahan skala pada arah orbit.
- b. Perubahan posisi wahana terhadap obyek karena gerakan berputar (*roll*), menggelinding (*pith*) dan berbelok (*yow*), yang menyebabkan terjadinya distorsi atau bising acak (*random*)
- c. Rotasi bumi karena gerakan putaran bumi saat pengambilan data, sehingga mengakibatkan obyek miring ke arah barat.
- d. Kelengkungan bumi mengakibatkan ukuran *pixel* yang direkam menjadi berubah, karena terjadinya sudut pada arah perekaman (*accros track*) yaitu antara *pixel* yang direkam di titik nadir dengan *pixel* pada saat sensor *scanner* melakukan penyiaman.

Menurut Donoedoro ; Widyowati dalam (Sulaiman Hakim Sinaga, Andri Suprayogi, 2018), koreksi geometrik ini mempunyai tiga tujuan yaitu :

- a. Melakukan rektifikasi (pembetulan) agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
- b. Registrasi atau mencocokkan posisi citra dengan citra lain

c. Registrasi citra atau transformasi koordinat citra ke peta yang menghasilkan citra dengan proyeksi tertentu.

Pembuatan citra komposit warna bertujuan untuk memperjelas tampilan obyek yang diinginkan. Citra komposit warna adalah kombinasi band-band yang dipakai dalam pemrosesan data citra, dimana pemilihan data citra disesuaikan dengan obyek yang akan diamati dengan jalan memainkan citra komposit warna. Citra komposit warna dilakukan dengan cara meletakkan 3 buah filter yaitu *red*, *green*, dan *blue* secara tumpang tindih. Tampilan natural digunakan kombinasi RGB 542, untuk pemukiman RGB 453 dan kombinasi RGB 543 digunakan untuk mendeteksi keberadaan mangrove, kombinasi RGB 321 digunakan untuk sedimen (Planologipcd, 2017).

Tabel 2.2 Penggunaan kombinasi band pada Landsat TM & Landsat 8

| Pemanfaatan | Kombinasi Band (R-G-B) |
|----------------------------------|------------------------|
| 1. Landsat TM & ETM+ | |
| True Colour (alami) | 3-2-1 |
| False Colour (vegetasi) | 4-3-2 |
| Soil Moisture | 4-5-3 |
| Soil and Vegetation Moisture | 7-4-2 |
| Cloud, Snow, Ice | 4-5-7 |
| Urban and Rural Land Uses | 5-4-3 |
| 2. Landsat 8 OLI/TIRS | |
| True Colour (alami) | 4-3-2 |
| False Colour (pemukiman) | 7-6-4 |
| Colour Infrared (vegetasi) | 5-4-3 |
| Agriculture | 6-5-2 |
| Atmospheric Penetration | 7-6-5 |
| Healthy Vegetation | 5-6-2 |
| Land/Water | 5-6-4 |
| Natural with Atmospheric Removal | 7-5-3 |
| Vegetation Analysis | 6-5-4 |
| Thermal Variation | 10-7-3 |

Sumber: (Planologipcd, 2017).

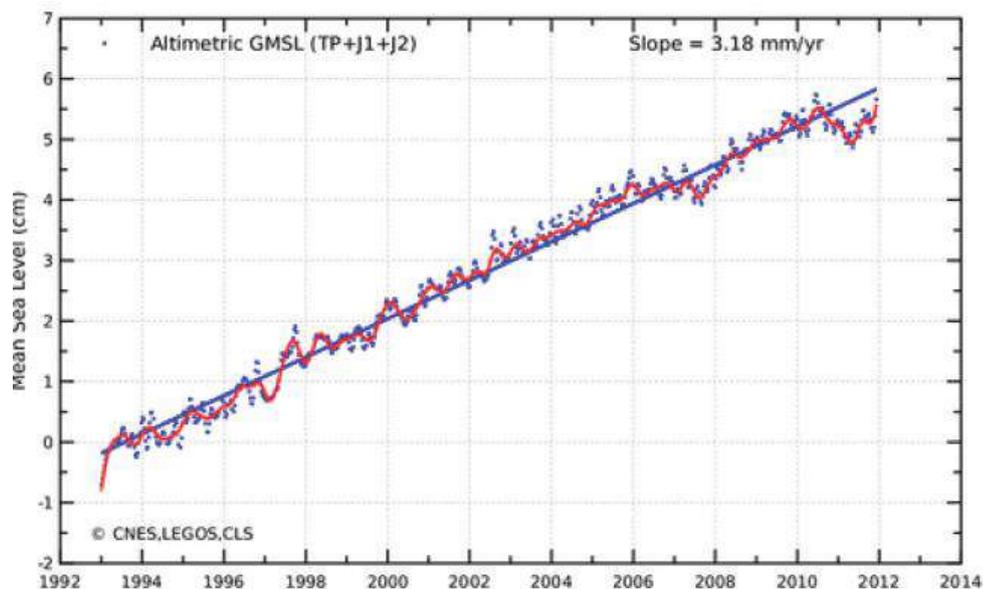
Seluruh band yang ada didapatkan pada lokasi dan waktu yang sama, semua band dapat digunakan secara bersama-sama. Membiarkan warna buatan ke dalam bentuk data band spektral yang berbeda untuk membantu para ilmuwan dalam membedakan berbagai fitur permukaan bumi sesuai dengan intensitas pantulannya. Acharya dan Yang (2015) dalam (Maria Octarina, Dewa Nyoman Nurweda Putra and Kadek Ayu Wirdiani, 2019) menerangkan bahwa umumnya kombinasi band yang diterapkan pada citra dari Landsat 8 ditampilkan sebagai warna merah, hijau, dan biru

(RGB). Hasil yang didapat dari band RGB tersebut menghasilkan warna alami citra yang lebih jelas. Penggunaan berbagai variasi kombinasi band Landsat 8 (Tabel 2.2).

2.3. Kenaikan Muka Air Laut (SLR) dan Pasang Surut

2.3.1. Kenaikan Muka Air Laut (SLR)

Perubahan iklim dunia akibat dari pemanasan global menyebabkan kenaikan muka laut (*sea level rise*). Kenaikan muka laut ini akan berdampak pada keberadaan daerah pesisir dan pulau-pulau kecil di dunia. Kenaikan muka laut yang terjadi saat ini rata-rata (*global mean sea level rise*) menurut data hasil perekaman satelit altimeter Topex/Poseidon (T/P), JASON 1 dan JASON 2 sekitar 3,18 mm/tahun. Kecenderungan (*trend*) kenaikan muka laut global rata-rata (Gambar 2.5.). Kenaikan muka laut relatif mengindikasikan bagaimana pengaruh kenaikan muka air laut terhadap suatu bagian dari garis pantai. Menurut Gornitz (1991) kenaikan muka laut relatif lebih dari 4,0 mm/tahun akan sangat berbahaya bagi wilayah pesisir, sedangkan kenaikan muka laut relatif kurang dari (-1,0) mm/tahun memiliki kerentanan sangat rendah bagi wilayah pesisir.



Gambar 2.5. Tren Kenaikan Muka Laut Global

Kenaikan muka laut secara global tentu saja akan mempengaruhi wilayah pesisir baik di Indonesia maupun di dunia. Dampak dari kenaikan muka laut ini akan sangat dirasakan oleh negara-negara kepulauan seperti Indonesia. Dampak kenaikan muka laut dapat dibagi menjadi empat macam kemungkinan, yaitu (Noronha, 1991 dalam Soegiarto, 1991) :

1) Dampak fisik

- ✓ Berkurangnya luas daratan sebagai akibat dari invasi air laut terhadap
- ✓ daratan

- ✓ Invasi air laut ke daratan menyebabkan terjadinya abrasi sepanjang tepi
 - ✓ pantai
 - ✓ Abrasi pantai yang terjadi dapat diikuti oleh gejala longsor sepanjang tebing pantai dan menyebabkan peningkatan sedimentasi □ Invasi muka laut ke arah daratan akan memperpendek aliran sungai dan mengakibatkan gradien sungai menjadi lebih besar, karena sungai menjadi lebih pendek. Hal tersebut akan mengakibatkan sedimentasi yang besar di muara sungai
 - ✓ Invasi air laut ke daratan akan mengakibatkan kenaikan muka air tanah sekaligus menyebabkan intrusi air laut lebih mengarah ke daratan
 - ✓ Peningkatan kerusakan karena banjir dan gelombang pasang
 - ✓ Meningkatkan gelombang laut
 - ✓ Meningkatkan penurunan permukaan tanah
 - ✓ Perubahan kecepatan aliran sungai
- 2) Dampak ekologis (lingkungan)
- ✓ Habitat terumbu karang di pantai akan tenggelam lebih dalam di bawah permukaan laut
 - ✓ Intrusi air laut
 - ✓ Hilangnya habitat pesisir
 - ✓ Berkurangnya lahan yang dapat ditanami
 - ✓ Berkurangnya tanaman pesisir
 - ✓ Hilangnya biomassa non-perdagangan
- 3) Dampak sosial-ekonomi
- ✓ Perubahan kegiatan ekonomi di wilayah pesisir
 - ✓ Peningkatan kerusakan pesisir, korban manusia dan harta benda
 - ✓ Hilang/berkurangnya daerah rekreasi pesisir
 - ✓ Meningkatnya biaya penanggulangan banjir
- 4) Dampak kelembagaan/hukum
- ✓ Perubahan batas-batas maritim sehingga menyebabkan adanya penyesuaian peraturan perundangan
 - ✓ Perubahan praktek-praktek pengelolaan wilayah pesisir
 - ✓ Peningkatan pajak
 - ✓ Pembentukan lembaga baru untuk menangani kenaikan muka laut

2.3.2. Pasang Surut (Pasut)

Pasang surut (disingkat pasut) adalah fluktuasi muka air laut secara berkala karena adanya gaya tarik menarik dari benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap

massa air laut di bumi. Periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Apabila suatu perairan mempunyai periode pasut 12 jam 25 menit, maka perairan tersebut mengalami dua kali pasang dan dua kali surut selama satu hari. Sedangkan perairan yang mempunyai periode pasut 24 jam 50 menit, maka perairan tersebut dalam satu hari mengalami satu kali pasang dan satu kali surut. Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut pasang rendah, sedangkan perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut tunggang pasang surut (*tidal range*) (U. S. Army Corps of Engineers, 2008). Tipe pasut dapat diketahui dengan cara mendapatkan bilangan atau konstanta pasut (*Tidal Constant/Formzhal*) yang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Wyrski, 1961):

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

- F = Indeks Formzhal
- AK1 = amplitudo komponen pasang surut harian tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari
- AO1 = amplitudo komponen pasang surut harian tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- AM2 = amplitudo komponen pasang surut harian ganda yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- AS1 = amplitudo komponen pasang surut harian ganda yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Dengan ketentuan:

- $F \leq 0,25$: Pasang surut tipe harian ganda (*semidiurnal tides*)
- $0,25 < F \leq 1,5$: Pasang surut tipe campuran dominasi ganda (*mixed tide, prevailing semi diurnal*)
- $1,50 < F \leq 3,0$: Pasang surut tipe campuran dominasi tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*)
- $F > 3,0$: Pasang surut tipe harian tunggal (*diurnal tides*)

Untuk mengetahui nilai rata-rata tunggang pasang surut dengan metode *least square*, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Mean High Water Level (MHWL) = Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1) \dots\dots\dots (2. 2)$$

$$Mean Low Water Level (MLWL) = Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1) \dots\dots\dots (2. 3)$$

Rata- rata tunggang pasang surut = MHWL- MLWL (2. 4)

dimana Z0 adalah elevasi muka air rata- rata

Suatu perairan yang dalam sehari mengalami satu kali pasang dan satu kali surut, maka perairan tersebut dikatakan bertipe pasut harian tunggal (*diurnal tides*), namun jika dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, maka tipe pasutnya disebut tipe harian ganda (*semidiurnal tides*). Tipe pasut lainnya merupakan peralihan antara tipe tunggal dan ganda disebut dengan tipe campuran rata-rata berkontribusi dalam bahaya penggenangan pantai dimana pasut menghasilkan perubahan permukaan secara rutin sepanjang pantai. Oleh karena itu, pasang surut mempunyai arti penting dalam kerentanan pantai. Konsentrasi dan posisi sedimen tersuspensi sangat tergantung pada variasi tinggi pasang surut dan debit sungai. Selain itu, pasang surut juga dapat menyebabkan intrusi air asin sampai ke daratan (Triatmodjo, 1999).

Rata-rata tunggang pasang surut lebih dari 6 meter (*macro tidal*) akan sangat berbahaya bagi wilayah pesisir karena semakin tinggi tunggang pasut maka bahaya penggenangan pantai akan semakin besar pula. Rata-rata tunggang pasut kurang dari 1 meter (*micro tidal*) sangat tidak rentan terhadap penggenangan di pantai (Gornitz, 1991).

2.4. Perubahan Lahan

Perubahan tata guna lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe tata guna lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (SURNI, 2015). Perubahan tata guna lahan ini lebih disebabkan karena adanya kebutuhan dan keinginan manusia. Faktor-faktor yang mendorong meliputi sisi politik, ekonomi, demografi, teknologi dan budaya. Perubahan tata guna lahan di suatu wilayah merupakan pencerminan upaya manusia memanfaatkan dan mengelola sumberdaya lahan. Perubahan tata guna lahan tersebut akan berdampak terhadap manusia dan kondisi lingkungannya (Warsilan, 2019).

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan atau penutupan lahan merupakan salah satu hal penting yang menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati . Penggunaan lahan sangat berkaitan dengan aktivitas yang dilakukan oleh manusia yang secara langsung berhubungan dengan lahan dimana terjadi penggunaan lahan maupun pemanfaatan lahan. Menurut (Sakti and Ikhwan, 2019) sumberdaya yang terdapat pada lahan menyebabkan dampak langsung terhadap lahan, sedangkan penutupan lahan sangat berhubungan dengan vegetasi (alami atau ditanam) atau konstruksi yang dibuat oleh manusia yang menutupi permukaan tanah.

Perubahan penggunaan lahan atau penutupan lahan dengan hubungan hilangnya habitat merupakan sebuah konsekuensi dari proses alami dan kegiatan manusia. Hal ini terkait dengan tingginya rata-rata perubahan penggunaan lahan atau penutupan lahan dengan tinggi rata-rata pertumbuhan populasi manusia (Kusumaningrat, Subiyanto and Yuwono, 2017).

(Pradipta, Widyantara and Hartati, 2019) menjelaskan bahwa dari data multispektral, diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengisolasi objek-objek tertentu. Proses pengerjaan dilakukan dengan cara yang halus dan sistematis, data yang diperlukan kemudian dipecah berdasarkan grup-grup pada kerangka yang sesuai. Kerangka tersebut seharusnya tidak hanya bersifat fleksibel dalam tata nama (*nomenclature*) dan definisinya, tetapi juga mampu menggabungkan berbagai informasi baru dari sumber yang sama maupun berbeda. Sehingga perlu digunakan klasifikasi level- 1, kategori tersebut diidentifikasi pada area penelitian sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------------------|---|
| a. Badan Air (<i>Water Bodies</i>) | 1. Tanah kosong (<i>Vacant</i>) |
| b. Hutan (<i>Forest</i>) | 2. Lahan komersil (<i>Commercial</i>) |
| c. Pertanian (<i>Agricultural</i>) | 3. Pemukiman (<i>Residential</i>) |

Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2010) dalam (Badan Standardisasi Nasional, 2010) menggunakan sistem klasifikasi penutup lahan UNFAO (*United Nations Food and Agriculture Organization*). Dalam sistem klasifikasi ini, UNFAO menetapkan kelas penutupan lahan dibagi menjadi dua yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori daerah bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi, dan distribusi spasialnya (Wanayumini, 2021). Sedangkan untuk daerah yang tak bervegetasi, lebih mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek. Kelas badan air merupakan seluruh wilayah yang kenampakannya adalah perairan yang meliputi sungai, waduk, laut, dsb. Kelas hutan termasuk ke dalam kawasan yang tidak diusahakan untuk budi daya tanaman pangan dan hortikultura. Kelas daerah pertanian merupakan kawasan yang diusahakan untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura. Sifatnya yang musiman menyebabkan kawasan ini terkadang tidak memiliki tutupan vegetasi. Kelas tanah kosong merupakan daerah tanpa tutupan yang belum tertutup bangunan ataupun vegetasi. Kelas lahan komersil biasanya dikaitkan dengan kawasan industri/lahan usaha, lahan tambak juga dapat dikategorikan sebagai lahan komersil dimana pada kawasan tersebut dilakukan aktivitas perikanan atau penggarapan pada lokasi yang tampak dengan pola pematang di kawasan sekitar pantai.

Kelas permukiman merupakan lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau huniandan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan (Nurfatimah, 2020).

2.5. Sedimentasi

2.5.1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi

Sedimen berasal dari bahasa Latin, yaitu *sedimentum* yang berarti pengendapan, sedangkan sedimentasi berarti proses pengendapan (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019). Jadi sedimen dapat diartikan sebagai material-material yang berasal dari perombakan batuan yang lebih tua yang terangkut oleh aliaran air, udara dan es atau material yang diendapkan oleh proses-proses yang terjadi secara alami seperti presipitasi secara kimia atau sekresi oleh organisme, yang kemudian membentuk suatu lapisan pada permukaan bumi (Nn, 2020)(Fatma, 2017). Menurut Pipkin (1977) dalam (Zuhdi, 2019), sedimen dapat didefinisikan sebagai pecahan batuan mineral atau mineral organik yang diangkut dari berbagai sumber dan dideposisikan oleh udara, angin, es dan air.

Klasifikasi sedimen umumnya didasarkan pada pemilahan ukuran butir pada pembacaan kurva gradasi ukuran butir, yang didasarkan pada kurva frekuensi persentase berat kumulatif dan berat tertahan (Zuhdi, 2019), menyatakan secara umum ukuran butir sedimen diklasifikasikan hanya menjadi tiga nama yaitu *sand* (pasir), *silt* (lanau) dan *clay* (lempung).

Tabel 2.4. Klasifikasi ukuran butir dalam skala astm

| No | Ukuran butir | Jenis sedimen |
|----|--------------------------------|--------------------|
| 1. | Bongkahan (<i>boulder</i>) | > 20 cm |
| 2. | Kerakal (<i>cobblestone</i>) | 8 cm – 20 cm |
| 3. | Kerikil (<i>gravel</i>) | 2 mm – 8 cm |
| 4. | Pasir (<i>sand</i>) | 0.6 mm – 0.2 mm |
| 5. | Lanau (<i>silt</i>) | 0.002 mm – 0.06 mm |
| 6. | Lempung (<i>clay</i>) | < 0.002 mm |

Sumber :Holme dan Mc Intyre (1984) dalam (Dr. Ir. Halim Akbar, 2016)

Penentuan ukuran butir standard untuk penamaan mengacu pada beberapa versi antara lain skala *American Society of Testing Material* (ASTM) seperti yang dikemukakan oleh Holme dan Intyre (1984) dalam (Dr. Ir. Halim Akbar, 2016), pada Tabel 2-4. Pettijohn (1975) dalam (Zuhdi, 2019) (Dr. Ir. Halim Akbar, 2016), mendefinisikan sedimentasi sebagai proses pengendapan sedimen atau proses terbentuknya sedimen. Sedangkan secara umum definisi sedimentasi merupakan kesatuan proses dari kondisi dan keberadaan material batuan di bumi yang tersubstitusi ke dalam fase liquid (Selley, 1988) dalam (Dr. Ir. Halim Akbar, 2016). Lebih lanjut Selley (1988) menyatakan kesatuan proses dan kondisi meliputi sumber sedimen atau material, media pengangkut, sedimen atau material terangkut, energi

pentranspor, arus yang terjadi (turbulen, dan laminar), lama waktu yang diperlukan material untuk mengendap serta kecepatan sedimentasi itu sendiri. (Hambali and Apriayanti, 2016) Sedimentasi didefinisikan sebagai pengangkutan, melayang (suspensi), atau mengendap dari material fragmental oleh air, yang merupakan akibat adanya erosi yang dapat mengakibatkan pengendapan sedimen di dasar perairan sehingga dasar perairan mengalami kenaikan.

Sedimentasi juga merupakan proses pembentukan sedimen (endapan) atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan atau akumulasi dari material pembentukan asalnya pada lingkungan pengendapan (delta, danau, muara sungai, pantai, laut dangkal sampai laut dalam) (Moechtar, 2021). Proses-proses yang berperan dalam sedimentasi adalah pelapukan, pengangkutan, pengendapan, pemampatan batuan serta proses keseluruhan yang meliputi Pengangkutan sedimen, deposit sedimen oleh air dan angin (Dr. Ir. Halim Akbar, 2016).

2.5.2. Pengangkutan Sedimen

Secara umum di daerah muara sungai sedimen bergerak sesuai dengan pola sirkulasi air. Apabila air laut pasang dan sungai dalam kondisi normal, maka sedimen relatif akan bergerak ke arah darat. Apabila air laut surut, maka sedimen akan bergerak ke arah laut. Proses ini berlangsung secara terus menerus sesuai dengan proses pasang surut dan tergantung pada kondisi energi sungai dan energi dari darat. Adanya aliran air dari daratan yang membawa partikel-partikel tersebut selanjutnya akan mengendap di muara sungai (Supriharyono, 1988) *dalam* (Kharisma Aji Winarto, Max Rudolf Muskananfola, 2016).

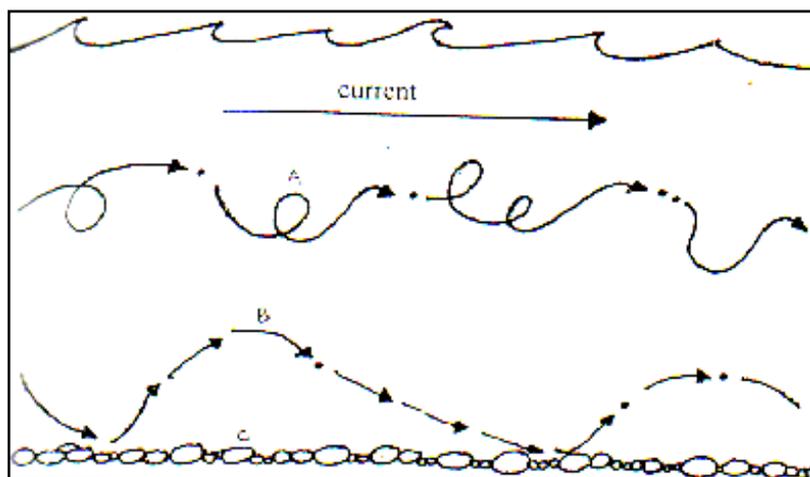
Pola sirkulasi arus di muara sungai sangat berperan dalam menentukan pergerakan sedimen. Materi yang halus akan bergerak dalam bentuk suspensi dan akan mengikuti aliran air, sedangkan butiran-butiran kasar akan bergerak di sepanjang perairan dan akan sangat terpengaruh oleh kecepatan air yang tinggi (Moechtar, 2021).

Kecepatan arus sungai juga mempengaruhi besarnya tingkat sedimentasi di muara sungai. Kecepatan arus yang besar akan membawa partikel sedimen lebih banyak dibandingkan dengan arus sungai yang lambat dalam waktu dan volume air yang sama (Supriharyono, 1988) *dalam* (Kharisma Aji Winarto, Max Rudolf Muskananfola, 2016). Menurut Baker (1980) *dalam* (Hambali and Apriayanti, 2016), sebaran dan ukuran partikel yang mengendap tergantung dari kekuatan aliran air dalam menggerakkan dan mendistribusikan padatan tersuspensi tersebut.

Sungai sebagai salah satu media pengangkut sedimen mempunyai karakteristik dalam membawa sedimen tersebut. Volume sedimen yang terbawa aliran sungai tergantung pada

kecepatan aliran sungai, debit aliran perubahan musim serta aktifitas manusia di daerah aliran sungai. Pengangkutan sedimen oleh aliran sungai dapat bergerak, bergeser, atau berlompatan di sepanjang dasar sungai dan bergerak melayang pada media. Pengangkutan itu sendiri tergantung dari komposisi sedimen (ukuran, berat jenis, jarak sumber sedimen). Lebih lanjut Selley (1988) dalam (Hendar Pangestu, 2013), secara umum mengklasifikasikan pengangkutan sedimen dalam dua kategori yaitu :

- a. Menurut asal pengangkutan sedimen, dapat dibedakan menjadi dua yaitu :
 1. Muatan material dasar (*bed material load*), adalah Pengangkutan sedimen dasar yang bergerak sebagai material muatan dasar yang bergantung pada kondisi hidrolis dan karakteristik dasar sungai, selanjutnya material sedimen dasar ini dibedakan atas sedimen dasar dan sedimen melayang.
 2. Muatan bilas (*wash load*), adalah partikel dalam ukuran sangat halus berupa lempung (*silt*) dan debu (*dust*) yang terbawa oleh aliran sungai.



Gambar 2-6. Mekanisme Pengangkutan atau Pengangkutan Partikel dalam Air (Selley, 1988) A. Suspensi B. Saltasi C. Rolling

- b. Menurut mekanisme pengangkutan, Pengangkutan sedimen dapat dibedakan menjadi :
 1. Muatan sedimen melayang (*suspended load*), yaitu sedimen yang berada pada kondisi melayang di dalam aliran air sungai dan tidak terinteraksi dengan dasar sungai karena terdorong ke atas oleh turbulensi aliran dan karakteristik butiran.
 2. Muatan sedimen dasar (*bed load*), yaitu partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai dengan pergerakan bergeser, menggelinding atau meloncat, tetapi selalu berada di dasar sungai.

Sedimen yang diangkut secara suspensi umumnya mempunyai besar butir antara lempung sampai pasir, tetapi pada kondisi kecepatan dan konsentrasi tinggi kadang-kadang kerikil dan kerakal dapat juga diangkut dengan cara pengangkutan suspensi. Bila kecepatan

dan konsentrasi arus berkurang secara terus menerus, maka cara pengangkutan akan berubah menjadi *rolling*, sebaliknya jika kecepatan arus bertambah maka pengangkutan secara *rolling* akan berubah menjadi saltasi dan bila ini terus berlangsung maka cara pengangkutan secara saltasi akan berubah menjadi pengangkutan secara suspensi kembali (Twenhofel *dalam* Sulisty, 2000) ; (Ansar, Arsyad and Sulistiawaty, 2014).

2.5.3. Sedimentasi

Proses sedimentasi adalah proses yang meliputi pelapukan, transportasi dan pengendapan, dan sumber utama dari proses sedimentasi khususnya di daerah pantai berasal dari aliran sungai, tererosinya sedimen pantai, dan erosi yang terjadi didarat. Tingginya jumlah sedimen yang mengendap pada daerah pantai dengan debit sungai yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya delta pada muara sungai (Ludman and Coch, 1982) *dalam* (Tumurang *et al.*, 2016).

Menurut Blake *et al.* (2004) *dalam* (Dwinanto *et al.*, 2017) proses sedimentasi dan angkutan sedimen di mulut sungai sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya gelombang, arus asal yang membawa sedimen dan jenis pola arus di daerah tersebut. Umumnya perubahan garis pantai secara fisik dihubungkan dengan pergerakan sedimen. Secara umum di daerah muara sungai sediment bergerak sesuai dengan pola sirkulasi air. Apabila air laut pasang dan sungai dalam kondisi normal, maka sedimen relatif akan bergerak ke arah darat dan apabila air laut surut, maka sedimen akan bergerak ke arah laut. Proses ini berlangsung secara terus menerus sesuai dengan proses pasang surut dan tergantung pada kondisi energi sungai dari sungai dan energi dari darat. Adanya aliran air dari daratan yang membawa partikel-partikel akibat penggerusan pada saat pasang (masuknya air laut) akan mengendap di daerah muara sungai (Supriharyono, 1988) *dalam* (Kharisma Aji Winarto, Max Rudolf Muskananfol, 2016). Muara sungai merupakan suatu daerah tempat bertemu partikel-partikel sedimen baik yang berasal dari laut maupun yang terbawa oleh aliran sungai dan pada umumnya merupakan partikel sedimen tersuspensi (Ludman and Coch, 1982) *dalam* (Tumurang *et al.*, 2016). Menurut (Jeanny Elonica Newyera, 2014) proses pengendapan dan penggerusan di dalam muara akan dipengaruhi oleh aliran dari hulu sungai dan pasang surutnya air laut yang masuk kedalamnya. Berikut merupakan proses pengendapan yang terjadi di daerah muara sungai :

a. Kondisi Perairan sedang surut :

- Sedimen dasar yang terbawa pada saat air surut hasil penggerusan pada saat air pasang dimana kecepatan aliran besar ke daerah hilir sungai yang kemudian akan

menggumpal ketika kecepatan aliran mengecil termasuk juga sedimen tersuspensi (Triadmodjo, 1999) *dalam* (Jeanny Elonica Newyera, 2014).

- Pada saat terjadinya titik balik air pasang dan air surut penggumpalan sedimen tersuspensi akan terus berlanjut dan sebagian akan mengendap di dalam muara dan sebagian lagi akan terus terbawa ke arah laut.
- Aliran air sungai dari hulu di daerah muara akan menuju ke laut pada saat kondisi surut, dan ketika kecepatan aliran mengecil bahkan mendekati nol sedimen-sedimen yang terbawa dari hulu sungai akan mengendap di muara dan proses ini terus menerus berlangsung sesuai dengan proses pasang surut (Jeanny Elonica Newyera, 2014)

b. Kondisi Perairan sedang pasang :

- Air pasang akan membawa serta ke dalam muara sedimen tersuspensi yang menggumpal di laut, untuk diendapkan di dalam muara dan semakin menambah tinggi endapan di muara.
- Hanyutan sedimen yang terbawa arus *littoral* ke depan bukaan muara akan ikut terbawa oleh arus pasang dari laut dan akan menambah hebatnya pengendapan di daerah muara itu.

Bersama masuknya *run off* ke dalam sungai akan terbawa juga material hasil erosi yang terbawa olehnya. Material sedimen ini sebagian akan terbawa air banjir ke luar alur aliran untuk diendapkan menjadi daratan *alluvial* atau di dalam daerah retensi yang lama kelamaan akan mengisinya sehingga timbul daratan baru dan sebagian besar lainnya akan terbawa sampai ke laut atau perairan dimana muara sungai bermuara dan diendapkan yang akan membentuk delta ataupun mengakibatkan terjadinya perubahan garis pantai di pesisir pantai (Jeanny Elonica Newyera, 2014). Transportasi sedimen ini tidak akan terjadi langsung dari hulu ke laut seketika, tetapi akan terjadi secara berantai didalam proses pengendapan dan penggerusan yang terjadi di dalam dan sepanjang alur sungai. Dengan demikian sungai itu di samping menjadi mata rantai di dalam siklus hidrologi, juga berperan serupa dalam siklus erosi.

2.5.4. Pengolahan Data Spasial dalam Penentuan Tingkat Sedimentasi

Total Suspended Solid (TSS) atau material padat tersuspensi (mpt) bersifat melayang dalam kolom perairan (*suspended solid*), merupakan partikel-partikel yang melayang dalam air baik biotik maupun abiotik. Komponen biotik seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi. MPT adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μm) terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Tingginya kadnungan MPT di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi MPT apabila terlalu

tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. MPT di perairan pantai dan estuaria sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik antara lain angin, curah hujan, gelombang, arus, dan pasang surut. Sastrawijaya (2000) *dalam* (Oktavian, 2018) menyatakan bahwa konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari filoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri.

Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan kekeruhan yang menghambat penetrasi cahaya matahari masuk ke badan perairan. (Hastuti, Susilo and Wijaya, 2017) nilai reflektan spektral data satelit atau perbandingan reflektan dapat dipakai untuk menduga parameter kualitas air. Pengklas konsentrasi padatan tersuspensi atau sedimen dapat dilakukan terutama dengan menggunakan Band-1 dan Band-2 data satelit Landsat_ETM. Karena sensor pada panjang gelombang tersebut secara spesifik akan merekam padatan tersuspensi yang terpancar dari dalam masa air laut. Pengkelasan secara numerik dapat dilakukan dengan teknik atau metoda pengelompokan nilai spektral data satelit Band-1 dan Band-2 Landsat_ETM. Salah satu parameter yang dapat diduga dengan penginderaan jauh adalah tingkat kekeruhan. Parwati, (2007) *dalam* (Hastuti, Susilo and Wijaya, 2017) menyatakan bahwa tingkat kekeruhan suatu perairan dapat dideteksi menggunakan kanal 2 dari citra Landsat TM. Alasan penggunaan kanal 2 karena air yang keruh lebih sensitif untuk dideteksi dengan menggunakan kisaran panjang gelombang 0.52 - 0.56 μm . Bahan sedimen tersuspensi adalah bahan polutan yang umum dijumpai di perairan sekitar pesisir. Pola sebaran sebarannya dapat di interpretasi melalui citra Inderaja. Beberapa peneliti telah mengkaji hubungan antara bahan sedimen tersuspensi dengan reflektan air. (Oktavian, 2018) menyebutkan bahwa sedimen tersuspensi dapat meningkatkan reflektan permukaan air pada band gelombang tampak mata dan near infrared. Teknik yang paling umum digunakan dalam analisis data citra penginderaan jauh untuk menentukan kualitas air adalah berdasarkan reflektan air. MPT merupakan salah satu parameter biofisik perairan yang dinamikanya mencerminkan dinamika perubahan yang terjadi di wilayah dan daratan, oleh karenanya analisis spasial terhadap persebaran nilai MPT di suatu wilayah perairan diharapkan dapat membantu dalam menganalisis keterkaitan antara ekologi daratan dan perairan. Dengan demikian pengukuran nilai MPT dapat dianggap sebagai faktor awal dalam mengevaluasi kondisi kualitas dari lingkungan pesisir (Prasetyo B, Rochaddi B, 2019).

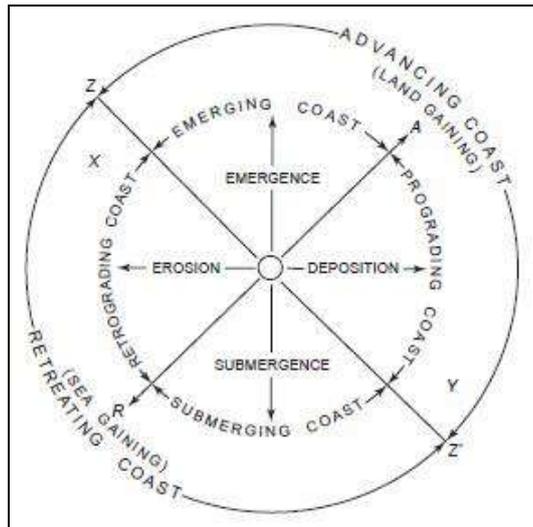
2.6. Perubahan Garis Pantai

2.6.1. Perubahan Garis Pantai dan Monitoring Perubahan Garis Pantai

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat dinamis. Selalu ada perubahan seiring dengan berjalannya waktu. Selama lebih dari 6000 tahun terakhir, garis pantai sebagian wilayah telah mengalami kemajuan ataupun kemunduran. Beberapa wilayah diantaranya selalu berubah-ubah (maju dan mundur). Garis pantai mengalami kemajuan apabila tingkat pengendapan sedimen pada suatu wilayah lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat erosinya (Barus, Pratama and Putri, 2020). Namun bisa saja diakibatkan oleh pengangkatan tanah atau penurunan muka air laut di wilayah tersebut. Sebaliknya berlaku demikian apabila garis pantai mengalami kemunduran (Kharisma Aji Winarto, Max Rudolf Muskananfolo, 2016). Dalam hal kemunculan dan perendaman, progradasi dan retrogradasi, analisis perubahan garis pantai dapat dijelaskan pada gambar 2.4.

Perubahan garis pantai pada kondisi wilayah pantai biasanya disebabkan oleh adanya peristiwa abrasi dan akresi. Abrasi merupakan kondisi dimana daratan mengalami erosi yang disebabkan oleh hempasan air laut. Sementara akresi merupakan penambahan daratan yang disebabkan adanya sedimentasi di wilayah pantai atau perpindahan sedimen dari wilayah pantai di sebelahnya (Barus, Pratama and Putri, 2020). Tetapi secara umum faktor penyebab terjadinya abrasi dan akresi terbagi menjadi dua, yaitu faktor alami dan non-alami. Faktor alami meliputi adanya gelombang pasang surut, kondisi pantai yang terbuka (tidak ada pelindung pantai), dan tidak adanya muara sungai sebagai penyuplai sedimen. Sementara untuk faktor non-alami biasanya dikaitkan dengan kegiatan manusia seperti penambang pasir pantai, reklamasi, perubahan lahan (Subowo G, 2011)

Faktor yang berperan dalam mekanisme perubahan pantai, antara lain besarnya energi gelombang yang menghempas di pantai, sudut yang dibentuk antara muka gelombang saat pecah dengan garis pantai, lereng dasar perairan, jenis dan ukuran sedimen yang terdeposit, keterbukaan pantai terhadap hantaman gelombang dan bentuk morfologi garis pantai (Kharisma Aji Winarto, Max Rudolf Muskananfolo, 2016). Garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika morfologinya berupa tonjolan, lereng dasar perairan yang relatif curam, tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi (Purba and Jaya, 2014).



Gambar 2.7. Bentuk analisis perubahan garis pantai (Valentin, 1952) dalam (Darmiati, 2020)

Pantai merupakan suatu wilayah yang dimulai dari titik terendah air laut pada saat waktu surut hingga arah ke daratan sampai batas paling jauh gelombang atau ombak menjulur ke daratan yang ditandai dengan garis pantai. Garis pantai (*shoreline*) merupakan tempat pertemuan antara air laut dan daratan. Garis pantai selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan pasang surut air laut di suatu tempat. Secara umum morfologi dan tipe pantai sangat ditentukan oleh intensitas, frekuensi dan kekuatan energi yang menerpa pantai. Daerah yang berenergi rendah, biasanya memiliki wilayah cenderung landai, bersedimen pasir halus atau berlumpur, sedangkan yang terkena energi berkekuatan tinggi biasanya terjal, berbatu atau berpasir kasar (Barus, Pratama and Putri, 2020).

2.6.2. Ekstraksi Garis Pantai Secara Spasial

Ekstraksi atau deliniasi batas darat-laut menggunakan teknik penginderaan citra Landsat TM dan ETM+ dapat meliputi beberapa teknik, yaitu: visual, teknik berbasis nilai spektral (*differencing*, regresi citra, dan nilai digital), komposit multi-data, serta analisis perubahan vektor (Lipakis *et al.* dalam (Kasim, 2012)). Di bagian lain, beberapa metode penajaman citra mencakup *filtering*, komposit RGB, *rationing*, klasifikasi, *density slicing*, metode (yaitu sebuah program khusus yang dikembangkan oleh UNESCO untuk batas darat-laut berdasarkan band infra merah), serta metode AGSO (*Australian Geological Surveys Organization*) yang dikembangkan untuk memetakan citra perairan dangkal. Semua metode pendekatan penajaman citra tersebut berguna dalam membuat batas yang jelas daratan dan perairan sehingga memudahkan dalam digitasi (Ario Damar Wicaksono*) Moehammad Awaluddin, 2020)

Pengekstraksian garis pantai dengan metode *single band* biasa menggunakan band-4, 5,

dan 7. Untuk keperluan ekstraksi garis pantai menggunakan band-4 untuk mengumpulkan informasi batas garis pantai yang diliputi vegetasi, Sementara Band-5 dan 7 masing-masing dapat digunakan memperoleh informasi pantai yang ditutupi oleh tanah dan bebatuan. Pendekatan lain adalah menggunakan metode *band ratio (rationing)* yaitu antara Band-4 dengan Band-2 (b_4/b_2) serta Band-5 dengan Band-2 (b_5/b_2). Metode *rationing*, batas antara laut dan darat dapat dipisahkan dengan mudah untuk pengekstraksian informasi garis pantai (Winarso *et al.* 2001 *dalam* (Sunaryo, Mt and Nurhadi, 2019).

Pendekatan pengekstraksian garis pantai dapat dilakukan dengan metode *single band* biasa. Dapat dilakukan dengan memanfaatkan Band-4, 5, dan 7. Untuk keperluan ini, Band-4 (0,75 mm — 0,90 mm) dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi batas garis pantai yang diliputi vegetasi, sementara Band-5 (1,55 mm – 1,75 mm) dan 7 (2,08 mm – 2,35 mm) masing-masing dapat digunakan memperoleh informasi garis pantai yang ditutupi oleh tanah dan bebatuan. Metode gabungan band (*colour composite RGB*) juga banyak digunakan terutama untuk membantu secara visual dalam pengekstraksian garis pantai. Jenis *band* yang sangat sesuai untuk penentuan *threshold level slicing* untuk deliniasi garis pantai dengan menggunakan data citra satelit Landsat TM dan ETM+ adalah Band-5 (Kasim, 2012 *dalam* (Victor Andreas Tarigan, Bandi Sasmito, 2019) (Sunaryo, Mt and Nurhadi, 2019).

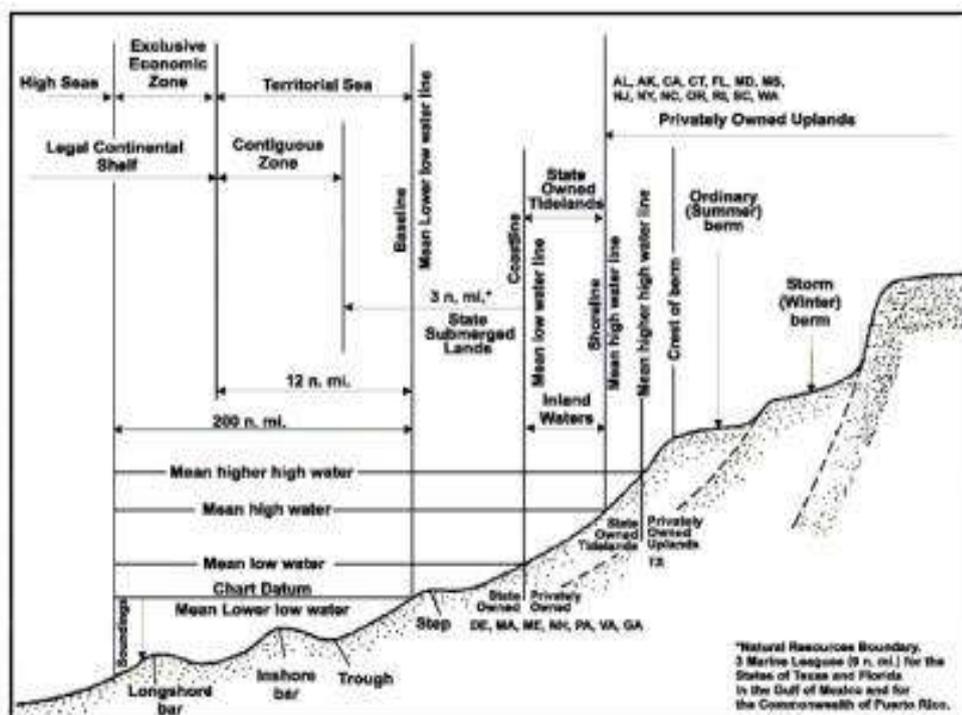
Proses penting dalam melakukan pengolahan data spasial terutama dalam analisis terkait perubahan garis pantai. Proses tersebut meliputi digitasi peta, proses tumpang susun (*overlaying*), perhitungan panjang garis pantai dan daratan, juga proses penyajian peta (*layouting*) (Noverma; sawiji, A.; Hapsari, 2018). Analisis garis pantai ini juga bisa dilakukan dengan menggunakan bantuan *tools* (alat) yaitu DSAS (*Digital Shorelines Analysis System*) (Abou Samra and Ali, 2021). DSAS merupakan aplikasi perangkat lunak gratis yang bekerja sama dengan lembaga ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) yang merupakan pengembang perangkat lunak ArcGIS. DSAS membantu peneliti dalam perhitungan statistik tingkat perubahan suatu garis pantai pada rentang waktu yang berbeda. Terdiri dari 6 metode perhitungan statistik yang berbeda, diantaranya *Net Shoreline Movement* (NSM), *Shoreline Change Envelope* (SCE), *End Point Rate* (EPR), *Linear Regression Rate* (LRR), *Weighted Linear Regression Rate* (WLR), dan *Least Median of Square* (LMS). DSAS hanya dapat melakukan perhitungan statistik perubahan garis pantai dengan 6 metode tersebut (Roy, Mahapatra and Chakraborty, 2018). DSAS digunakan dalam penelitian tingkah laku kawasan pesisir dan dinamika garis pantai. Berhubungan dengan *Historical Trend Analysis* (HTA), dinamika sistem pesisir, kondisi garis pantai

dalam rentang waktu yang dekat, estimasi dan permodelan geometri tebing pantai, dan sebagainya (Niang, 2020).

2.6.3. Koreksi Pasut dalam Ekstraksi Garis Pantai

Garis pantai merupakan sebuah garis khayalan yang terbentuk dan membatasi antara wilayah darat dan laut, garis ini dapat berubah sesuai dengan kondisi pasang-surut air laut. Perlu adanya koreksi kedudukan garis pantai pada data penginderaan jauh, untuk mengantisipasi apabila kedudukan garis pantai berada dalam kedudukan yang tidak sesuai dengan kedudukan yang sebenarnya (Syukhriani, Nofridiansyah and Sulisty, 2017). Menurut Harintaka dan Kartini (2009) ; (Suharyo and Hidayah, 2019) bahwa hal yang perlu mendapat perhatian dalam pengeksrasian garis pantai menggunakan data citra adalah jenis rekaman data citra itu sendiri yang bersifat sesaat sehingga diperlukannya hasil ekstraksi garis pantai data citra maka diperlukannya data pasut saat perekaman citrandi lokasi yang sama.

Terdapat 3 macam kedudukan garis pantai yang biasa digunakan dalam pembuatan peta yaitu garis pantai pada saat kedudukan muka air laut tertinggi yang biasanya digunakan dalam pemetaan hidrografi. Kedudukan air rata- rata atau *Mean Sea Level* (MSL) umumnya digunakan saat pembuatan peta geodesi, dan kedudukan batas air laut rendah (*limit for drying height*) yang dinyatakan pada garis air rendah (*chart datum*). Sumber: IHO, 2006 dalam (Abdillah, Djaja and Ibrahim, 2018)



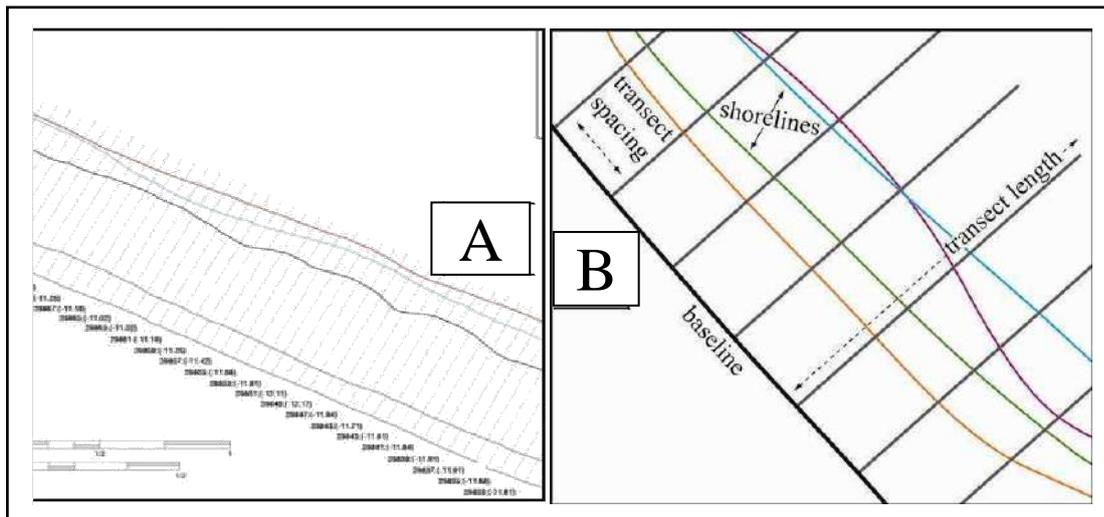
Gambar 2.8. Kedudukan permukaan laut (Abdillah, Djaja and Ibrahim, 2018)

Datum referensi pasut yang biasa digunakan ada tiga macam yaitu duduk tengah sementara (muka air laut rata-rata/MSL setengah bulanan), muka surutan (*Zo* atau *Chart Datum*), dan tinggi muka air rata-rata. MSL setengah bulanan/duduk tengah sementara (DTS) ini merupakan nilai S_0 (Abdillah, Djaja and Ibrahim, 2018). Nilai MSL ini dipergunakan dalam pembuatan peta Rupa Bumi Indonesia sebagai titik ketinggian nol meter. Nilai-nilai ketinggian di darat (topografi) didasarkan pada nilai MSL yang merupakan titik nol untuk pengukuran di darat. Penentuan titik-titik kedalaman dasar perairan yang terukur di laut harus dikoreksikan lagi terhadap nilai muka surutan (*chart datum*) sehingga diperoleh titik-titik kedalaman yang sebenarnya. Berdasarkan pergerakan air secara harmonis dapat diketahui bahwa air tinggi dan air rendah akan kembali pada posisi duduk tengah sementara dengan frekuensi sekitar 12 jam. Perbandingan antara data pasut penelitian dengan data pasut prediksi, terdapat sedikit perbedaan antara tinggi air saat pasang dengan tinggi air saat surut. Perbedaan waktu terjadinya pasang dan surut merupakan simpangan dari data prediksi dengan pergeseran sekitar setengah sampai satu jam. Data pasut prediksi masih perlu dikoreksi menggunakan pengukuran langsung untuk menghindari bias (Sudirman adibrata, 2017)

2.6.4. Penentuan Perubahan Garis Pantai dan Laju Perubahan Garis Pantai

Laju perubahan garis pantai dapat diartikan sebagai profil suatu garis pantai dalam proses kestabilannya (maju-mundur) setiap tiap tahun. Dalam metode penentuan laju perubahan posisi suatu garis pantai menurut suatu rentang waktu, laju perubahan garis pantai diekspresikan sebagai jarak dari suatu posisi pantai mengalami perpindahan dalam tiap tahun (Nn, 2016)(Istiqomah, Sasmito and Amarrohman, 2015). Berkenaan dengan hal tersebut, terdapat 2 metode yang berkembang saat di lingkungan SIG terkait penentuan perubahan garis pantai, yaitu: metode *single-transect (ST-Method)*, dan alternatifnya yaitu metode *Eigenbeaches (EX and EXT)* yang lahir melengkapi kekurangan metode *single transect* (Marques and Khakhim, 2016).

Dalam teknik *single transect*, laju akresi/erosi dihitung sebagai panjang *transect* (fitur *line*) yang bersinggungan dengan masing-masing *fiturset* pantai berbeda. *Single transect* ini dibuat tegak lurus terhadap *baseline* yang dibuat baik pada arah *seaward* maupun *landward* dari masing-masing *fiturset* pantai menggunakan *buffer tool* (Marques and Khakhim, 2016). Contoh penerapan metode *single transect* komponen metode ini dalam penentuan profil perubahan garis pantai (Gambar 2.9).



Gambar 2.9. Contoh dari (A) penerapan metode *single transect* dan (B) komponen yang menjadi *fiturset* dalam metode *single transect* (Sumber: (Marques and Khakhim, 2016).).

Pada perangkat aplikasi SIG seperti ArcGIS dan ArcView, teknik *single* untuk perhitungan laju perubahan garis pantai telah diintegrasikan ke ekstension bernama *Digital Shoreline Analysis System*, disingkat DSAS ini dikembangkan oleh Departement Survei Geologi Amerika Serikat dan telah banyak digunakan terutama untuk menghitung laju perubahan garis pantai yang diekstrak dari citra resolusi tinggi (Marques and Khakhim, 2016). Beragam metode pendekatan statistika penghitungan laju perubahan garis yang digunakan dalam metode *single transect* dijelaskan oleh (Istiqomah, Sasmito and Amarrohman, 2015), mencakup; *End Point Rate* (EPR), *Average of Rates* (AOR), *Linier Regression*, *Jacknife*, dan *Average of Eras* (AOE).

Laju perubahan garis dalam metode *End Point Rate* diekspresikan sebagai perpindahan (meter) dari suatu posisi garis pantai dalam rentang waktu pengamatan (tahun) (Marques and Khakhim, 2016) (Achmad *et al.*, 2020). Secara teknis laju perubahan (meter/tahun) ditentukan dengan membagi jarak perpindahan posisi garis pantai bersangkutan (meter) terhadap waktu perpindahan lokasinya (tahun) menurut banyaknya deret waktu menjadi lama perubahan . Secara matematis hal ini diformulasikan sebagai berikut (Putra, Susanto and Soesanti, 2015)

$$R_{Se} = \frac{X_0}{t} \quad \dots\dots\dots 2.2.$$

Dimana, R_{Se} adalah perubahan *end-point rate*; X_0 adalah ukuran jarak horisontal antar garis pantai ; serta t adalah rentang waktu posisi antar garis pantai yang digunakan untuk penghitungan *end point rate* .

2.7. Kerentanan

Upaya memperkecil resiko terhadap suatu dampak yang mungkin terjadi di masa datang bisa dilakukan dengan melakukan penelitian faktor-faktor resiko yang berperan. Faktor-faktor tersebut dapat dibagi atas: bahaya (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), ketahanan (*capacity*), serta estimasi kerugian (*loss estimation*) (Sujarto, 2010).

Kerentanan dapat didefinisikan sebagai suatu faktor resiko internal dari subyek atau sistim untuk terekspos suatu bahaya sehubungan dengan kecenderungannya mudah dipengaruhi atau rentan terhadap kerusakan (Aniessa Delima Sari Nyoman Prayoga Ratri Sutarto, 2017). Saat ini secara umum konsep bahaya (*hazard*) digunakan untuk merujuk terhadap bahaya terpendam (*latent danger*) atau faktor resiko eksternal dari sebuah sistim atau subyek yang mengalami (Hasanzadeh, Polys and De La Garza, 2020).

2.7.1. Indeks Kerentanan Pesisir (CVI)

(Luo ChenORCID, 2019) menerangkan jika ada beberapa metode yang telah dikembangkan saat ini, mencakup pendekatan-berbasis indeks, Sistim Informasi Geografis (SIG), serta keragaan komputer. *Coastal Vulnerability Index (CVI)* adalah salah metode berbasis indeks yang telah umum digunakan untuk menilai kerentanan pantai terhadap kenaikan muka laut, terutama kaitannya dengan akibat oleh erosi dan/atau genangan (*inundation*) (Daniela Pantusa, Felice D'Alessandro, Luigia Riefolo, 2018).

Metode CVI diperkenalkan oleh Gornitz *et al.* (1991) dalam (Asra, 2021) untuk mengidentifikasi kawasan-kawasan beresiko terhadap erosi dan/atau kejadian-iklim ekstrim baik yang berlangsung permanen maupun temporal, seperti badai, banjir, dan lain-lain (Gorokhovich, Leiserowitz and Dugan, 2014)(Mohd *et al.*, 2019). Metode CVI menyediakan dasar numerik sederhana perankingan bagian-bagian dari garis *coastline section*) dalam artian potensinya terhadap perubahan untuk digunakan oleh para pengelola mengidentifikasi daerah-daerah yang relative beresiko tinggi (Gornitz *et al.* 1997; Gutierrez *et al.* 2009 ; (Satta *et al.*, 2016)). Dalam pendekatan metode CVI kerentanan diformulasikan melalui enam variabel yang terbagai ke dalam 2 kelompok; 1) variabel geologi dan 2) variabel proses-proses fisik (Pantusa *et al.*, 2018).

Di Indonesia penelitian dilakukan oleh Hananto Kurnio (2008) yang elakukan kajian indeks kerentanan pesisir di beberapa lokasi di Jawa dengan menggunakan CVI terhadap enam variabel geologi dan proses fisik laut dan data diperoleh dari referensi atau hasil penelitian oleh peneliti sebelumnya. Kemudian Suprijanto (2003) melakukan kajian kerentanan pesisir di Surabaya namun belum membuat analisa dan sebaran spasial kerentanannya. Paharuddin (2011) melakukan penelitian di pantai utara Jakarta dengan

kerentanan pantai yang digunakan merupakan fungsi dari keterpaparan, kepekaan dan daya adaptasi. Sedangkan LAPAN (2010), melakukan penelitian di pantai utara Semarang dengan menggunakan metode CVI terhadap lima variabel geologi dan proses fisik laut.

Tabel 2.1. Penentuan Skor untuk CVI oleh USGS

| No | Variabel | Tidak Rentan (1) | Kurang Rentan (2) | Sedang (3) | Rentan (4) | Sangat Rentan (5) |
|----|-------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| 1. | Geomorfologi | Bertebing tinggi | Bertebing Sedang, pantai berlekuk | bertebing rendah, dataran aluvial | Bangunan pantai, pantai, estuari, laguna | Penghalang pantai, pantai berpasir, berlumpur, mangrove, delta |
| 2. | Perubahan garis pantai (m/thn) | > 2,0 Akresi | 1,0 - 2,0 Akresi | +1 - (-1) Stabil | -1 – (-2) Abrasi | < -2,0 Abrasi |
| 3. | Elevasi (m) | >30 | 20,1-30,0 | 10,1-20,0 | 5,1-10,1 | 0,0-5,0 |
| 4. | Kenaikan Muka Laut relatif (mm/thn) | < 1,8 | 1,8 - 2,5 | 2,5 - 3,0 | 3,0 - 3,4 | > 3,4 |
| 5. | Tunggang Pasut Rata-rata (m) | < 1,0 | 1,0 - 2,0 | 2,0 - 4,0 | 4,0 - 6,0 | > 6,0 |
| 6. | Tinggi Gelombang | < 0,55 | 0,55 – 0,85 | 0,85 – 1,05 | 1,05 – 1,25 | > 1,25 |

Pada penelitian ini kerentanan pesisir dihitung berdasarkan kerentanan fisik dan kerentanan sosial ekonomi. Kerentanan fisik menggunakan variabel dan pembobotan skor dengan memodifikasi penentuan *Coastal Vulnerability Index* (CVI) berdasarkan enam variabel yang digunakan oleh US Geological Survey (USGS) yang diawali oleh penelitian Gornitz *et al.* (1997) di pantai barat Amerika Serikat dan penelitian Pendleton *et al.* (2005) di pesisir New York dan New Jersey Amerika Serikat. Disamping itu kerentanan pesisir pada aspek sosial ekonomi atau *Socio-Economic Vulnerability Index* (SOVI) dapat digunakan metode yang telah dikembangkan Szlafsztein (2005) dan Radjawane *et al.* (2009) dan dimodifikasi sesuai dengan kondisi di daerah penelitian.

Potensi masing-masing variabel mengakibatkan perubahan fisik pantai selanjutnya ditandai menggunakan sistim ranking dengan selang diskrit 1 – 5 (sangat rendah, rendah, moderat, tinggi, dan sangat tinggi). Hasil penerapan ranking masing-masing variabel selanjutnya digunakan untuk penghitungan nilai skor indeks kerentanan. Kerentanan berdasarkan potensi tiap variabel yang ditunjukkan oleh kelas ranking masing-masing variabel merupakan bentuk penilaian kerentanan parsial (kerentanan variabel). Sedangkan penilaian berdasarkan hasil interaksi masing-masing ranking tersebut menjadi

nilai skor indeks merupakan bentuk penilaian kerentanan simultan (indeks kerentanan). Pembagian diskrit kategori indeks kerentanan pada skor indeks ditetapkan menggunakan aturan jangkauan kuartil (25%, 50%, dan 75%). Sehingga diperoleh empat kategori indeks kerentanan pantai (1 – 4), berturut-turut mewakili kategori; rendah, moderat, tinggi, dan sangat tinggi. Pendekatan metode CVI memungkinkan para pembuat kebijakan dan pengambil keputusan memperoleh kemudahan dalam menyoroti serta membuat program-program pengelolaan yang sesuai bagi daerah-daerah mana saja dari kawasan-kawasan pantai yang dinilai memiliki kerentanan tertinggi terhadap dampak kenaikan muka laut (Gorokhovich, Leiserowitz and Dugan, 2014)(Mohd *et al.*, 2019).

Berkenan dengan relatifitas ranking yang ditentukan oleh kondisi masing-masing data variabel pada tiap kawasan maka dibutuhkan kisaran data dari masing-masing variabel yang sesuai menurut skala penilaian kerentanan (lokal, nasional, regional, maupun global). Untuk penilaian skala lokal, kisaran data tiap variabel yang dibutuhkan cukup dikumpulkan dari kawasan bersangkutan, namun untuk penilaian skala nasional maka *range* data yang dijadikan acuan ranking berasal dari kisaran data yang mewakili kondisi masing-masing variabel pada cakupan kawasan pantai yang dinilai secara nasional (Pendleton *et al.* 2005A ; 2005B; (Pantusa *et al.*, 2018)).

2.7.2. Integrasi Sistem Informasi Geografis (GIS) dan Multi Kriteria Spasial Analisis (MCSA) dalam Analisis Kerentanan

Sistem informasi geografis (GIS) merupakan salah satu sistem informasi yang memiliki kemampuan berbeda dari sistem informasi lain terutama dalam hal mengumpulkan, menyimpan, menampilkan serta mengkorelasi data spasial dari fenomena geografis untuk dianalisis dimana hasilnya dikomunikasikan kepada pemakai data (Ali, 2020)(Krystyna Kurowska, Renata Marks-Bielska, Stanisław Bielski, 2021). Kemampuan SIG menganalisis data berorientasi geografis dapat digunakan untuk menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, *trend*, dan keragaan (Aronoff, 1989 ; ESRI,1990;(Aseel Mezher Hussein, 2020)). (Ali, 2020) menerangkan bahwa aplikasi SIG merupakan sebuah tools yang powerful untuk digunakan dalam penilaian daerah beresiko dan pengelolaan bahaya-bahaya alami. Peta-peta resiko dan kerentanan yang dihasilkan bisa menjadi suatu penilaian cepat dalam pengambilan keputusan terhadap dampak yang ditimbulkan. Potensi bencana alam yang akan terjadi dan dapat menimbulkan kerusakan dapat dilakukan prediksi sehingga kedepannya dapat segera memulai langkah-langkah yang tepat dalam mengantisipasi dampak. Penanggulangan dampak yang sedang berlangsung, juga membantu memperkecil kerugian yang akan ditimbulkan dari dampak yang akan terjadi

(Gorokhovich, Leiserowitz and Dugan, 2014).

Multi-Criteria Analysis (MCA) sering pula diistilahkan dengan Metode Kriteria Ganda atau disingkat SKG. (Susilo, 2006; (Syafnidawaty, 2020)(Akmaludin, 2015)) menyebutkan jika MCA merupakan sebagai alat keputusan serta merupakan sebuah perangkat matematika yang perbandingan alternatif-alternatif atau skenario-skenario berbeda dengan banyak kriteria (peubah), kadang-kadang saling bertentangan yang dapat mengarahkan pada sebuah pengambilan keputusan yang bijak.

Keputusan yang dihasilkan melalui MCA dapat dievaluasi sewaktu-waktu. Evaluasi dalam MCA mencakup pilihan-pilihan (*option*) serta kriteria. Terkadang evaluasi yang menyeluruh dilakukan dengan menggabung keduanya, yakni dengan membuat preferensi di antara option-option dan referensi terhadap seperangkat tujuan atau kriteria. Adapun tujuan yang ingin dicapai selanjutnya dinilai dengan membuat kriteria-kriteria, walaupun tidak satupun option yang benar-benar terbaik dari semua tujuan yang dicapai (Zhu *et al.* 2001 *dalam* Zhu *et.al.*, 2005). Dalam bidang pengambilan keputusan, MCA menyediakan keunggulan jenis data yang banyak (kualitatif maupun kuantitatif) serta jenis peubah dalam satuan berbeda. Penilaian tiap atribut dalam Metode MCA tidak harus dalam bentuk skor, namun bisa dalam satuan apa saja, disebabkan oleh karena metode MCA mencakup prosedur standarisasi atribut (Susilo, 2006; (Syafnidawaty, 2020)(Akmaludin, 2015)). Standarisasi bisa juga mencakup bentuk penilaian rangking dari berbagai pilihan yang ada berdasarkan bagaimana kedekatan tiap pilihan tersebut memenuhi kriteria-kriteria yang tersedia (Graymore *et al.* 2007(Akmaludin, 2015)).

Bergantung pada bagaimana sebuah permasalahan dinyatakan maka rekomendasi akhir yang dihasilkan dengan metode MCA bisa berbagai bentuk. Roy (1996) *dalam* Chakhar and Mousseau (2017) menerangkan bahwa sedikitnya terdapat 4 tipe hasil akhir dalam cara pernyataan masalah, yaitu;

- (i) Pilihan (*choice*); pemilihan perangkat terbatas dari sebuah alternatif.
- (ii) Sortiran (*sorting*); penandaan alternatif-alternatif terhadap kategori-kategori berbeda yang telah ditentukan terlebih dahulu,
- (iii) Peringkat (*ranking*); pengklasifikasian alternatif-alternatif dari terbaik (*best*) hingga terburuk (*worst*) dengan posisi yang sama, atau
- (iv) Deskripsi (*description*); penguraian alternatif-alternatif dan hasil-hasil tindak lanjutnya.

Terkait keunggulan MCA dalam pengambilan keputusan, salah satu bagian dari badan dunia (PBB) untuk perubahan iklim atau *The United Nations Framework Convention on Climate Change* memasukkan MCA sebagai salah metoda dan *tool* yang disarankan dalam mengevaluasi dampak bahaya, kerentanan, serta adaptasi terhadap perubahan iklim.

Sebagaimana dituangkan dalam laporan berjudul: “*Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of and Vulnerability and Adaptation to, Climate Change*” (UNFCCC Secretariat, 2005). Secara historis penggunaan integrasi metode MCA dalam analisis- analisis GIS dimulai sejak akhir tahun 1980-an. Hal ini lahir dalam rangka meningkatkan pengambilan keputusan spasial dalam analisis GIS yang melibatkan banyak peubah (*multi-criteria*). Dalam integrasi MCA-GIS, pengambilan keputusan spasial yang dilakukan adalah merujuk pada aplikasi analisis multi kriteria menyangkut konteks spasial baik terhadap alternatif, kriteria, ataupun elemen-elemen lain dalam permasalahan keputusan berdimensi spasial yang jelas (Chakhar and Mousseau, 2007;(MacMillan *et al.*, 2016)(Meidiana, Uma and Wijayanti, 2018)).

Integrasi MCA dan SIG dalam penilaian bahaya dilakukan oleh Mansor et al (2004) dalam (MacMillan *et al.*, 2016)(Meidiana, Uma and Wijayanti, 2018) yang melakukan analisis berbasis grid untuk mengkaji pengelolaan bahaya kebakaran hutan di District Pekan, bagian Selatan Pahang, Peninsular Malaysia. Dalam penelitian tersebut SIG digunakan untuk membangun keragaan penentu beberapa tingkat zona kerentanan kebakaran, sedangkan MCA digunakan untuk penentuan rangking daerah bahaya kebakaran. Penelitian lain dilakukan oleh Kasim (2011) yang melakukan integrasi MCA dan SIG dalam penilaian kerentanan di Pesisir Utara Indamayu. Dalam penelitian ini MCA digunakan untuk penentuan rangking variabel kerentanan pesisir. Contoh kajian lain yang menggunakan MCA dalam analisis diantaranya adalah analisis dampak elemen kontributor total terhadap tsunami (Cavalletti *et. al*, 2003), pengelolaan banjir dan penilaian ketahanan pantai, serta penentuan rangking tingkat prioritas adaptasi terhadap beberapa sektor sensitif terhadap perubahan iklim (Fussel, 2009).

2.8. Penelitian Terdahulu Terkait Aplikasi Teknologi Indraja dan GIS untu Analisis Kerentanan Pesisir

Teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) sering diartikan sebagai teknologi untuk mengidentifikasi suatu objek di permukaan bumi tanpa melalui kontak langsung dengan objek tersebut (Noor, 2011). Saat ini teknologi penginderaan jauh berbasis satelit menjadi sangat populer dan digunakan untuk berbagai tujuan kegiatan, salah satunya untuk mengidentifikasi potensi sumber daya wilayah pesisir dan lautan. Hal ini disebabkan teknologi ini memiliki beberapa kelebihan, seperti: harganya yang relatif murah dan mudah didapat, adanya resolusi temporal (perulangan) sehingga dapat digunakan untuk keperluan monitoring, cakupannya yang luas dan mampu menjangkau daerah yang terpencil, bentuk

datanya digital sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan dan ditampilkan sesuai keinginan (Ekadinata *et al.*, 2008).

Pemanfaatan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) telah banyak dilakukan dalam kaitannya dengan kebutuhan pengembangan wilayah pesisir dan lautan. Penelitian yang dilakukan mulai dari pengembangan model parameter fisik perairan (suhu permukaan laut, klorofil, muatan padat tersuspensi, kecerahan perairan dan lain-lain) wilayah pesisir sampai dengan kegiatan yang bersifat aplikasi seperti monitoring dan penentuan zona potensi pengembangan dan pemanfaatan wilayah pesisir. Selain monitoring dan penentuan zona potensi pengembangan wilayah pesisir, teknologi indraja dan SIG juga dapat menganalisis kerentanan dan identifikasi potensi bencana suatu wilayah terhadap fenomena yang terjadi. Pemanfaatan penginderaan jauh dan SIG dalam menganalisis kerentanan pesisir terhadap banjir pasang dan perubahan garis pantai telah banyak dilakukan. Adapun penelitian tersebut antara lain :

- a) (Koroglu *et al.*, 2019), yang melakukan kajian kerentanan pantai terhadap erosi dan banjir pasang yang didorong oleh kenaikan permukaan laut (sea-level rise/SLR) di Pesisir Provinsi Barcelona. Berdasarkan penelitiannya, ada tiga perbedaan dalam pengelompokan nilai kerentanan dalam aplikasi CVI di Provinsi Barcelona, dimana variabel kemiringan pantai, RSLR, dan rentang pasang surut menunjukkan varians tertinggi pada CVI, perbedaan nilai kerentanan yang besar yaitu pada kabupaten Maresme dan Garraf yang ada di provinsi Barcelona.
- b) (Ng *et al.*, 2019b), yang melakukan kajian kerentanan di sembilan pulau kecil pada kepulauan Azores dengan mengkarakterisasikan tingkat kerentanan pesisir terpadu berdasarkan tiga atribut yang luas, yaitu paparan stresor eksternal, fitur biofisik dan karakteristik sosial ekonomi (set enam parameter yang dapat diakses dan representatif digunakan sebagai indikator untuk penilaian kerentanan ini, yaitu jenis tebing; jenis pantai; pertahanan pantai; paparan gelombang besar/badai; outcrop flooded (banjir) dan penggunaan lahan). Berdasarkan nilai Indeks Kerentanan Pesisir Terpadu (ICVI) dengan menggunakan analisis semi-kuantitatif dan GIS yang diterapkan pada pulau-pulau kecil yang ada di Azores menunjukkan hasil sebagian besar pantai memiliki kerentanan relatif sedang di Azores, dengan nilai kerentanan sangat bervariasi di sepanjang pantai antara rendah, sedang dan tinggi.
- c) (Baig *et al.*, 2021), yang mengkaji kerentanan pesisir pantai kabupaten Vishakhapatnam menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Untuk memenuhi tujuan ini, enam indikator fisik, yaitu, geomorfologi, penggunaan/tutupan lahan, kemiringan pantai, laju perubahan garis pantai. Berdasarkan nilai CVI yang dilakukan

analisis didapatkan bahwa pesisir pantai kabupaten Vishakhapatnam diklasifikasikan menjadi lima kelas kerentanan dengan nilai kerentanan sangat rendah mendominasi kawasan pesisir ini.

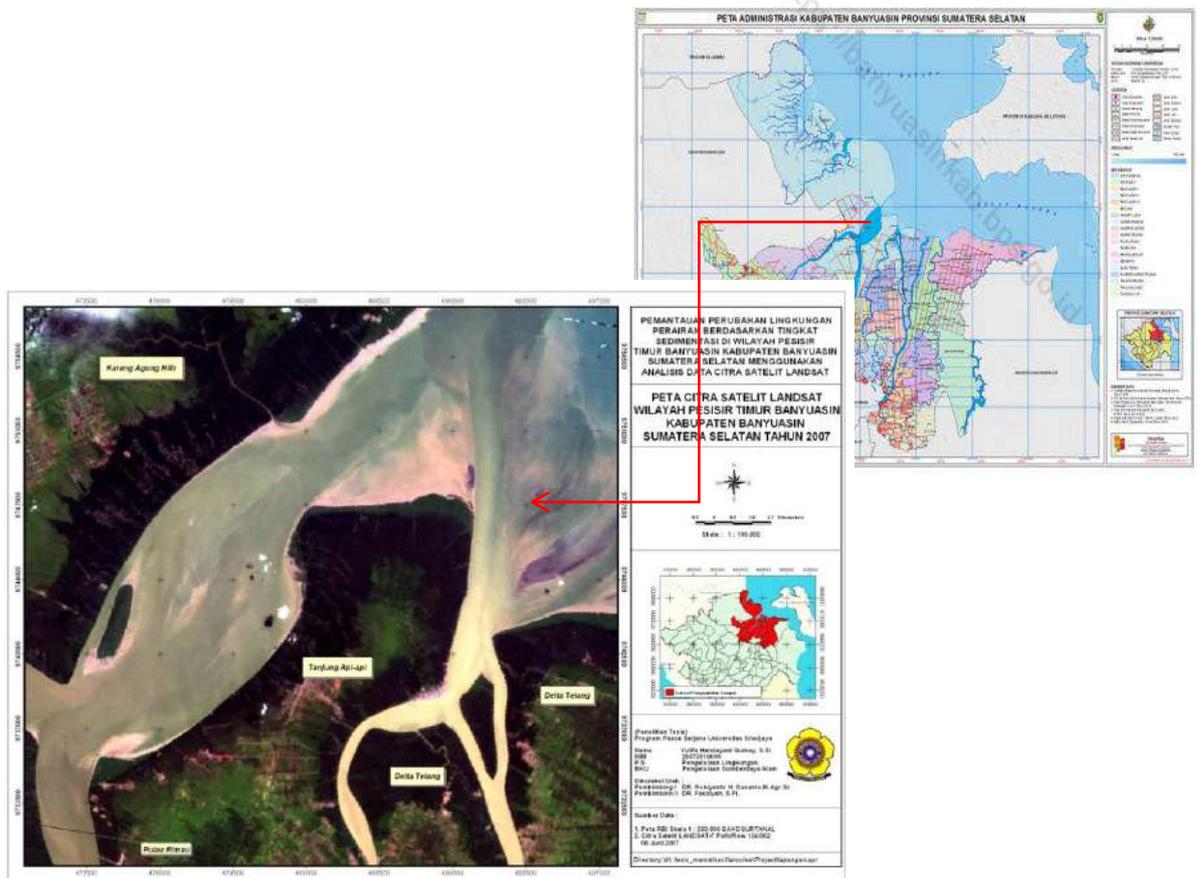
- d) (Darmiati, Nurjaya and Natih, 2018), yang mengkaji kerentanan pantai yang terjadi di Kabupaten Tanah Laut baik yang berada di bagian barat dan selatan. Pada penelitian ini melakukan analisis terkait perubahan garis pantai dan menilai tingkat kerentanan yang terjadi di wilayah pesisir. Pada penelitian ini menggunakan indeks Kerentanan Pantai (IKP) yang dinilai berdasarkan 6 parameter yaitu geomorfologi, kemiringan lereng (%) pantai, rata-rata tinggi pasang surut (m), rata-rata tinggi gelombang (m), rata-rata kenaikan muka air laut (mm/tahun), dan maju mundurnya garis pantai (m/tahun). Berdasarkan nilai CVI yang dilakukan analisis didapatkan bahwa nilai kerentanan pantai yang terjadi di Kabupaten Tanah Laut baik yang berada di bagian barat dan selatan didominasi oleh tingkat kerentanan yang tinggi .

BAB III

METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari tahun 2021 sampai 2022, dengan pelaksanaan penelitian dibagi menjadi tiga tahapan a) pengumpulan data dan informasi baik dalam bentuk laporan, jurnal, prosiding maupun literatur lainnya yang terkait dengan kerentanan pesisir, pra penelitian dan survei telah dilakukan dari awal tahun 2021. Tahap berikutnya yaitu penyusunan proposal penelitian, sampling, dan pengolahan data (data lapangan, laboratorium, dan data spasial), serta c) penyusunan laporan penelitian dan penulisan jurnal penelitian.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian (sumber : Bappeda Banyuasin, 2016 ; analisis citra satelit Landsat, 2021)

Lokasi penelitian yang bertempat di wilayah pesisir Banyuasin (Gambar 3.1). Ruang lingkup areal penelitian terletak pada kecamatan Banyuasin II, dimana luas kecamatan

Banyuasin II 3.494,48 Km² atau sekitar 30,70 % dari luas wilayah Kabupaten Banyuasin (BPS Kabupaten Banyuasin, 2021)(Banyuasin, 2020) (Gambar 3.1). Untuk analisis laboratorium akan dilaksanakan pada Laboratorium Lingkungan pasca sarjana UNSRI dan Laboratorium Ilmu Kelautan FMIPA UNSRI.

3.2. Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang dipergunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yang digunakan di lapangan dan yang digunakan di laboratorium (Tabel 3-1 dan Tabel 3-2) :

Tabel 3-1. Alat yang Digunakan di Lapangan

| No | Alat | Satuan | Fungsi |
|-----|--|---------|--------------------------------|
| 1. | Bola duga/ <i>current metter</i> | M | Mengukur kecepatan arus |
| 2. | Botol sampel | - | Tempat sampel air |
| 3. | <i>Cool Box</i> | - | Menyimpan botol sampel |
| 4. | <i>Ekman grab</i> | - | Mengambil sampel sedimen dasar |
| 5. | <i>Hand Refraktometer</i> | °/00 | Mengukur salinitas perairan |
| 6. | <i>Global Positioning System (GPS)</i> | derajat | Mengetahui posisi di lapangan |
| 7. | Kamera | - | Dokumentasi keadaan lapangan |
| 8. | Kantong plastik | - | Tempat sampel sedimen dasar |
| 9. | Kertas Label | - | Penamaan sampel |
| 10. | Perahu/ <i>Spead boat</i> | - | Alat Pengangkutan |
| 11. | <i>Roll meter</i> | M | Mengukur jarak |
| 12. | <i>Sedimen trap</i> | - | Perangkap sedimen |
| 13. | <i>Stopwatch</i> | Detik | Mengukur waktu |
| 14. | Tali | M | Alat bantu pelampung debit |
| 15. | Tongkat duga berskala | M | Mengukur kedalaman perairan |
| 16. | Peta | sheet | Untuk panduan di lapangan |

Sumber : Penelitian, 2021.

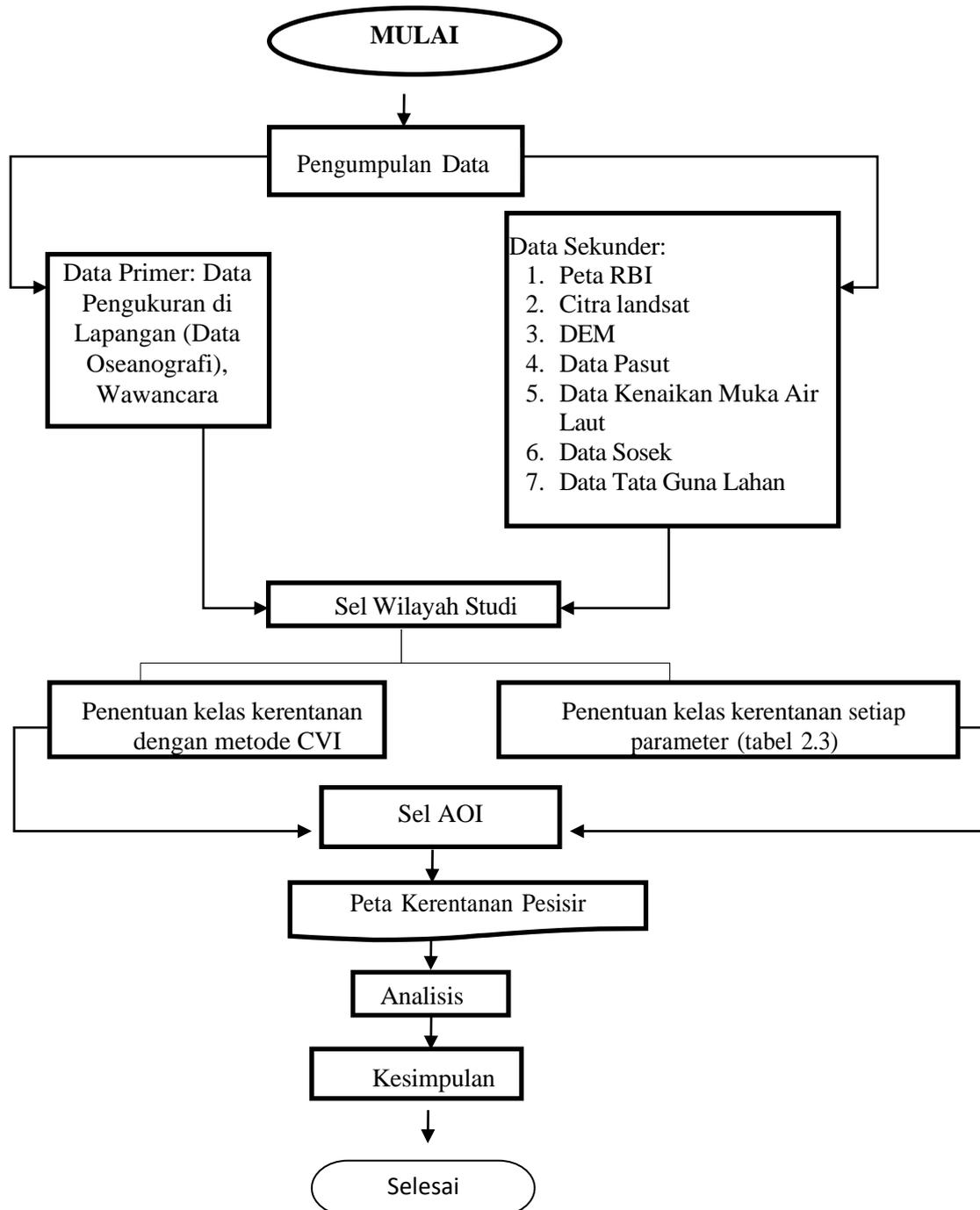
Tabel 3-2. Alat dan bahan yang digunakan di laboratorium

| No | Alat | Satuan | Fungsi |
|-----|---|--------|---|
| 1. | Aluminium foil | - | Tempat sample sedimen |
| 2. | <i>Automatic shive shaieker</i> dan Saringan bertingkat | mm | Untuk menyaring sample sedimen |
| 3 | Desikator | - | Tempat mendinginkan sample setelah dioven |
| 4. | Gelas ukur | ml | Tempat sample air |
| 5. | Kamera Nikon HFX-DX | | Dokumentasi kondisi lingkungan |
| 6. | Kertas Saring (Whatman tipe 42/ no.1442 110 <i>Fine Cristaline</i>) | □m | Menyaring sample air |
| 7. | Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂) | ml | Untuk pemisahan fraksi |
| 8. | Neraca analitik | gr | Menimbang sampel |
| 9. | Oven | - | Alat pengering |
| 10. | Pipet Aerologis | ml | Untuk pipetkan sampel |
| 11. | Spektrofotometer | | Mengukur nitrat dan fosfat |
| 12. | Vacum pump | - | Penyaring MPT |
| 13. | Data Citra satelit Landsat MSS/TM/ETM+ | schene | Analisis digital |
| 14. | Data Pasang Surut | | Panduan analisa citra dan Lapangan |
| 15 | Komputer | - | Untuk mengolah data |
| 16. | Peta | - | Penentuan titik lokasi |
| 17. | Peta rupa bumi | | Koreksi Citra |
| 18. | Program Er Mapper versi 7.0 | - | Untuk mengolah data citra satelit |
| 19. | Program Arc GIS versi 10.8 berlisensi ESRI | - | Untuk pengolahan sistem informasi geografis |
| 20. | <i>Software RAMPAS (computer programe for tide predictions)</i> | | Untuk analisa pasang surut air Laut |

3.3. Ruang Lingkup Penelitian

Tahapan-tahapan rencana penelitian ini merupakan urutan kegiatan yang akan dilakukan sampai penelitian ini selesai. Penelitian ini bersifat deskriptif eksplanatif dengan pendekatan geospasial dan simulasi numerik. Rencana penelitian ini akan dilakukan dengan cara mencari data seluas-luasnya dalam upaya menemukan pola perubahan spasial yang

terjadi di wilayah pesisir Banyuasin serta berusaha menjelaskan hubungan diantara faktor-faktor yang mempengaruhinya. Data-data yang terkumpul kemudian akan dipergunakan untuk meninterpretasikan penampakan perubahan morfologi dan tingkat kerentanan wilayah pesisir Banyuasin sehubungan dengan peningkatan muka air laut terkait peningkatan suhu bumi. Berikut adalah tahapan-tahapan rencana penelitian ini :



Gambar 3.2. Tahapan Penelitian (Sumber: Pengolahan data, 2021)

1.3.1. Ide Penelitian dan Penentuan Lokasi Penelitian

Ide Penelitian dan rencana penelitian titik lokasi penelitian ini adalah diawali dengan mengkaji kerentanan wilayah Pesisir Banyuasin terhadap perubahan lahan karena adanya peningkatan konsentrasi sedimentasi di WPB dan banjir pasang. Pemilihan WPB sebagai rencana daerah studi penelitian dikarenakan WPB merupakan kelanjutan dari riset under dan graduate studi thesis yang sebelumnya memiliki lokasi yang sama hanya saja dilakukan dengan lokasi yang lebih luas dan pengambilan titik lokasi penelitian yang lebih banyak dan lebih kompleks dari sebelumnya. Selain itu WPB merupakan salah satu kawasan pesisir yang berada di wilayah pesisir Timur Sumatra dimana tingkat pertumbuhan ekonomi dan pembangunan serta pemanfaatan lahan yang dilakukan di segala bidang tumbuh begitu cepat. Diharapkan hasil akhir dari penelitian ini dapat dijadikan acuan masyarakat untuk menangani kerentanan wilayah pesisir Banyuasin.

1.3.2. Studi Literatur

Studi Literatur Studi literatur dilakukan dari awal perencanaan sampai akhir bulan Juli 2021. Hal ini dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang kuat dan akurat yang berasal dari teks book, laporan penelitian tesis, disertasi, dan jurnal ilmiah untuk mendukung penelitian ini. Beberapa bidang atau topik literatur yang digunakan yaitu mengenai dampak perubahan iklim, sedimentasi, dan banjir pasang yang terjadi di Indonesia dan internasional, ESRI, gambaran umum WPB, dan peraturan aksi mitigasi.

1.3.3. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini dikumpulkan dan dipilih berdasarkan pertimbangan ketersediaan data, dapat mewakili variabel-variabel penelitian yang dimaksud, dan terukur. Data ini terdiri dari data yang bersifat keruangan dan data yang bersifat statistik (tabular), yaitu :

A. Penentuan AOI dan Area domain

Data untuk verifikasi hasil model dan simulasi daerah yang dikaji dilakukan dengan menentukan area of interest (AOI) dan area domain. Dengan membuat titik koordinat *mooring* terletak pada koordinat 104° 57' 51,8" BT dan 02° 13' 09,8" LS. Penentuan posisi titik *mooring* dilakukan menggunakan metode area sampling (*cluster sampling*) yaitu sebuah teknik sampling daerah untuk menentukan lokasi pengukuran, bila daerah yang diamati sangat luas (Yuliasari *et. al.*, 2012). Dengan metode ini, peneliti cukup meneliti sebagian dari daerah tersebut agar parameter yang diperoleh dapat menggambarkan karakteristik parameter

yang diwakili secara representatif, dimana pemilihannya harus memperhatikan syarat- syarat yang harus dipenuhi secara metodologis. Pengambilan data menggunakan metode pengukuran titik tunggal dengan periode pengambilan data yang panjang, dimana dengan metode ini dapat mewakili luasan daerah penelitian.

B. Data Sekunder

➤ Pasang Surut

Pengumpulan data pasang surut menggunakan data sekunder yang didapat dari perangkat lunak NAOTide (*National Astronomical Observatory*). Perangkat lunak ini merupakan model peramalan pasut global dengan resolusi 0,50 x 0,50 yang berasal dari data asimilasi dari satelit altimetri TOPEX/POSEIDON (Syahputra and Nugraha, 2016). Data pasang surut kemudian diatur untuk waktu peramalannya selama 45 tahun dari tahun 1976 – 2021 dengan interval 1 jam. Hasil dari peramalannya kemudian dianalisis untuk mengetahui ketinggian pada pasang tertinggi dan surut terendah. Hasilnya kemudian dianalisis untuk mengetahui ketinggian tunggang pasutnya dan tipe pasut yang terjadi di lokasi studi. Dan selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi keterkaitan parameter pasut terkait kerentanan wilayah pesisir. Pengambilan data sekunder yaitu data prediksi pasang surut dari halaman web milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yaitu <http://tides.big.go.id/>. Data yang diambil disesuaikan dengan tanggal dari citra yang telah didapatkan.

➤ Perubahan Garis Pantai/Morfologi Wilayah Pesisir

Data perubahan garis pantai didapat menggunakan data sekunder yang diunduh dari <https://earthexplorer.usgs.gov/> berupa data citra Landsat tahun 1976 – 2021 dengan lokasi rencana penelitian di wilayah pesisir Banyuasin. Data Citra Landsat MSS, TM, TM7+, Landsat ETM7+ dan data Landsat8 kemudian diolah menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.8 dengan lisensi ESRI 131423789542 untuk mendeteksi perubahan garis pantai dan perubahan morfologi wilayah pesisir sesuai dengan stasiun pengamatan yang direncanakan.

➤ Angin

Data angin dalam simulasi model untuk mendapatkan gambaran pola dan kecepatan arus pada Perairan Tanjung Carat sebesar 10 m di atas permukaan laut untuk setiap sudut atau arah datangnya angin. Data angin yang digunakan didapat dari *Europa Center for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) pada bulan Juli 2016 pada koordinat 2,375 LS

dan 104,7500 BT dengan resolusi spasial menggunakan sistem grid (*mesh*) berukuran 0,125°x 0,125° dengan interval data per 3 jam.

➤ **Data Curah Hujan dan Iklim**

Pengumpulan data curah hujan dan data iklim selama 45 tahun sesuai dengan tahun citra yang diperoleh, kemudian akan di gunakan untuk menjadi faktor pendukung dalam mengidentifikasi perubahan yang terjadi.

C. Data Primer

➤ **Arus dan Kecepatan Arus**

Pengumpulan data arah dan kecepatan arus menggunakan data primer dengan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran parameter arah dan kecepatan arus menggunakan alat *currentmeter* kemudian data yang dihasilkan akan diolah menggunakan excel selanjutnya akan di buat peta arah dan kecepatan arus yang dominan terjadi di WPB.

➤ **Pengamatan Geomorfologi Pantai**

Pengamatan geomorfologi dilakukan secara langsung ke titik pengamatan secara visual untuk melihat bagaimana kondisi geomorfologi pantai. Geomorfologi pantai berhubungan dengan kenampakan wilayah pesisir (Suhana *et al.* 2016);(Anditya Devi Rachmadiani, Frida Purwanti, 2018). Perubahan bentuk lahan pesisir menghasilkan suatu bentukan di permukaan bumi yang memiliki karakteristik fisik dan visual yang berbeda-beda (Dhiauddin, 2017);(Kurnianto, 2019). Pengamatan geomorfologi dimaksudkan untuk melihat karakteristik pantai wilayah kajian.

1.3.4. Pengolahan Data Spasial

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran dan pengamatan langsung, data sekunder merupakan data hasil pengukuran atau pengamatan yang telah dilakukan oleh peneliti atau instansi terkait, selanjutnya akan dilakukan pengolahan data baik data fisik, sosek maupun data spasial.

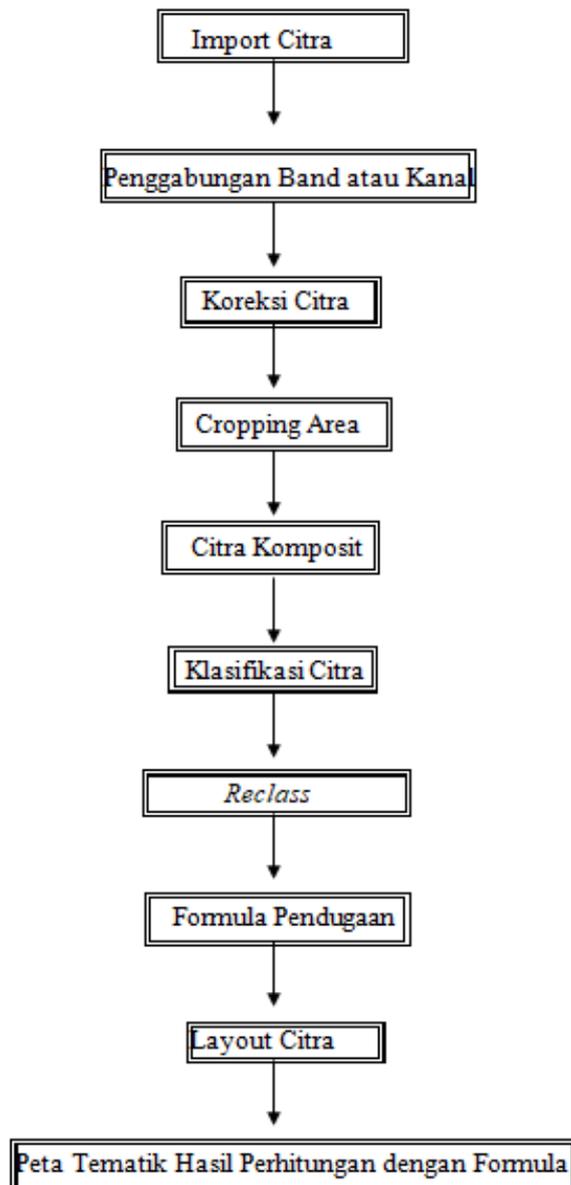
Sebelum melakukan pengolahan data spasial, data citra satelit untuk wilayah penelitian dilakukan pengumpulan citra Landsat selama 45 tahun mulai tahun 1978 sampai dengan tahun 2021. Citra tersebut didapatkan secara gratis dengan cara mengunduhnya langsung melalui situs dengan lokasi penelitian yang memiliki tutupan awan kurang dari 10%, <http://earthexplorer.usgs.gov/> .

Data yang telah didapatkan sebelumnya seperti data citra satelit dan data pasang surut dilakukan pengolahan data. Pada tahap ini sebenarnya terbagi menjadi 2 tahapan, yaitu tahap persiapan pengolahan dan pengolahan data.

A. Tahap Persiapan Pengolahan Data

1. Korelasi Data Citra dengan Data Pasang Surut

Data prediksi pasang surut digunakan untuk menentukan kondisi pasang pada saat gambar citra tersebut diambil. Caranya dengan mencari nilai DTS (Duduk Tengah Sementara) yang kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan tinggi gelombang pasang surut berdasarkan waktu pengambilan citranya. Proses korelasi data pasang surut dan citra satelit hanya sebagai acuan pengerjaan garis pantai dan perkiraan kondisi di lapangan pada saat citra diambil. Tujuannya agar garis pantai yang terlihat pada citra dengan temporal yang berbeda, berada pada kondisi yang sama.



Gambar 3.3. Skema sederhana dalam pengolahan data spasial

2. Koreksi Citra Satelit dan Pemotongan Citra

Koreksi radiometrik dan koreksi geometrik termasuk ke dalam *image processing*. Koreksi geometrik pada citra Landsat merupakan upaya memperbaiki kesalahan perekaman citra secara geometrik supaya citra yang didapatkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang sama. Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya, dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Koreksi radiometrik meliputi penajaman citra dan pemulihan citra. Proses selanjutnya yaitu pemotongan citra (*cropping*) yang dilakukan berguna untuk mendapatkan dan membatasi daerah penelitian sesuai dengan kebutuhan penelitian. Dengan membatasi wilayah penelitian kita dapat melakukan analisis lebih detil terkait dengan tujuan penelitian.

3. Pemotongan citra/*cropping area*

Sebelum memulai pemotongan citra terlebih dahulu dilakukan penggabungan band (*layer stacking*) selanjutnya menentukan lokasi penelitian. Setelah diperoleh batasan areal lokasi penelitian, proses pemotongan citra dapat dilakukan. Pemotongan citra dilakukan dengan memotong wilayah objek penelitian dengan peta rupa bumi peta digital yang dijadikan sebagai acuan pemotongan citra. Batas wilayah yang akan menjadi fokus penelitian.

4. Pemilihan Band dan komposit kanal

Pemilihan band merupakan salah satu bentuk penajaman citra, agar dapat mempermudah proses pengolahan data maka dipilih warna yang sesuai untuk mempermudah proses digitasi citra. Band RGB (*Red-Green-Blue*) yang digunakan adalah band 7-5-3 pada citra dari Landsat 8 dan 7-4-2 pada citra Landsat TM, pemilihan kanal yang berbeda saat pengkompositan warna didasarkan pada jenis dan panjang gelombang yang sama disetiap sensor yang berbeda. Hasil komposit citra memiliki warna paling akurat untuk mengidentifikasi kondisi penutupan lahan di kawasan tersebut.

5. Identifikasi spektral

Persiapan yang harus dilakukan sebelum melakukan pengklasifikasian adalah menetapkan kelas-kelas spektral yang terliput oleh citra satelit, kemudian membuat aturan penetapan klasifikasi setiap piksel ke dalam kelas-kelas yang telah ditentukan. Pemilihan kelompok- kelompok piksel ke dalam kelas klasifikasi merupakan proses pemilihan objek (*feature selection*). Pembagian kelas klasifikasi dibuat berdasarkan kondisi (data) penutupan lahan sebenarnya di lapangan dan dibatasi menurut kebutuhan

pengklasifikasian. Untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang baik, dilakukan pengujian akurasi (*accuracy assessment*). Uji akurasi dari klasifikasi penutupan lahan ini dilakukan berdasarkan data pengecekan lapangan serta pengambilan beberapa titik sampel. Hasil klasifikasi diharapkan memiliki nilai akurasi lebih dari 80%. Tahapan klasifikasi dilakukan dengan dua pendekatan dasar klasifikasi, yaitu : klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*).

Klasifikasi terbimbing dilakukan untuk kebutuhan analisis penggunaan lahan. Klasifikasi terbimbing dilakukan setelah kegiatan cek lapangan dengan bantuan beberapa data pendukung dari lapangan seperti data hasil wawancara dengan pengelola cagar alam. Klasifikasi terbimbing merupakan proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* (area contoh) untuk penentuan tiap kategori penutupan lahan sebagai kunci interpretasi. Pada klasifikasi ini dilakukan pemilihan *region of interest* (ROI) melalui proses penentuan sampel untuk setiap kelas atau membuat *training site* berupa poligon tertutup dalam bentuk vektor yang di-*overlay* ke dalam citra yang ada. *Training area* diperlukan pada setiap kelas yang akan dibuat, dan diambil dari area yang cukup homogen. Selanjutnya, proses klasifikasi citra dilakukan secara otomatis berdasarkan pola-pola spektral yang telah ditetapkan pada saat pemilihan ROI. Daerah-daerah dengan tipe penutupan lahan yang sama (*recode*) akan digabungkan, serta tahapan terakhir yakni membandingkan pengkoreksian citra hasil klasifikasi dengan citra sebelum diklasifikasi.

Normalized Different Vegetation Index (NDVI) dilakukan untuk menganalisa tutupan lahan. Kerapatan vegetasi dapat diketahui dengan menggunakan Band *nearinfra red* (NIR) dan Band *Red*. Tahapan berikutnya adalah untuk mengetahui tingkat degradasi kawasan hutan dengan menggunakan metode NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*) yaitu dengan menggunakan band 5 (*nearest infrared/NIR*) dan band 4 (*red*) yang sudah reflektan; analisa perubahan tutupan lahan dan penggunaan lahan dilakukan dengan *overlay* data antar waktu (*time series*) penggunaan/tutupan lahan, dan mengekstraksi data tabular untuk menganalisis perubahan penggunaan/tutupan lahan di wilayah penelitian dengan menggunakan matriks tutupan lahan;

B. Pembuatan Garis Pantai

Pembuatan garis pantai dilakukan dengan melakukan digitasi pada citra satelit. Digitasi dilakukan untuk mendapatkan *shapefile* berupa *polyline* atau garis yang menggambarkan bentuk garis pantai pada data citra yang ada. *Overlay* atau tumpang susun

digunakan untuk mengidentifikasi area yang mengalami perubahan dari seluruh data yang ada. Dilakukan pembuatan luasan wilayah berdasarkan garis pantai yang sudah dibuat menjadi bentuk *polygon*. Tujuannya untuk mengetahui perubahan luasan pesisirnya berupa abrasi maupun akresi.

C. Klasifikasi Penutupan Lahan

Kondisi penutupan lahan didapatkan dengan melakukan digitasi lahan menggunakan aplikasi SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*) pada program QGIS v2.18. Klasifikasi menggunakan algoritma *Spectral Angle Mapper* pada seluruh data citra. Hasil yang didapatkan berupa *shapefile* luasan tutupan lahan dalam bentuk *polygon*. Pada tahap ini, klasifikasi tutupan lahan yang digunakan sebanyak 7 kelas meliputi wilayah badan air, permukiman, hutan/vegetasi, tambak, sawah dan tanah kosong. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bentuk perubahan penggunaan atau penutupan lahan pada lokasi penelitian di setiap data citra yang ada. Pembuatan klasifikasi penutupan lahan dilakukan dengan menggunakan *software* ArcGIS v10.4 dan Quantum GIS v2.18.

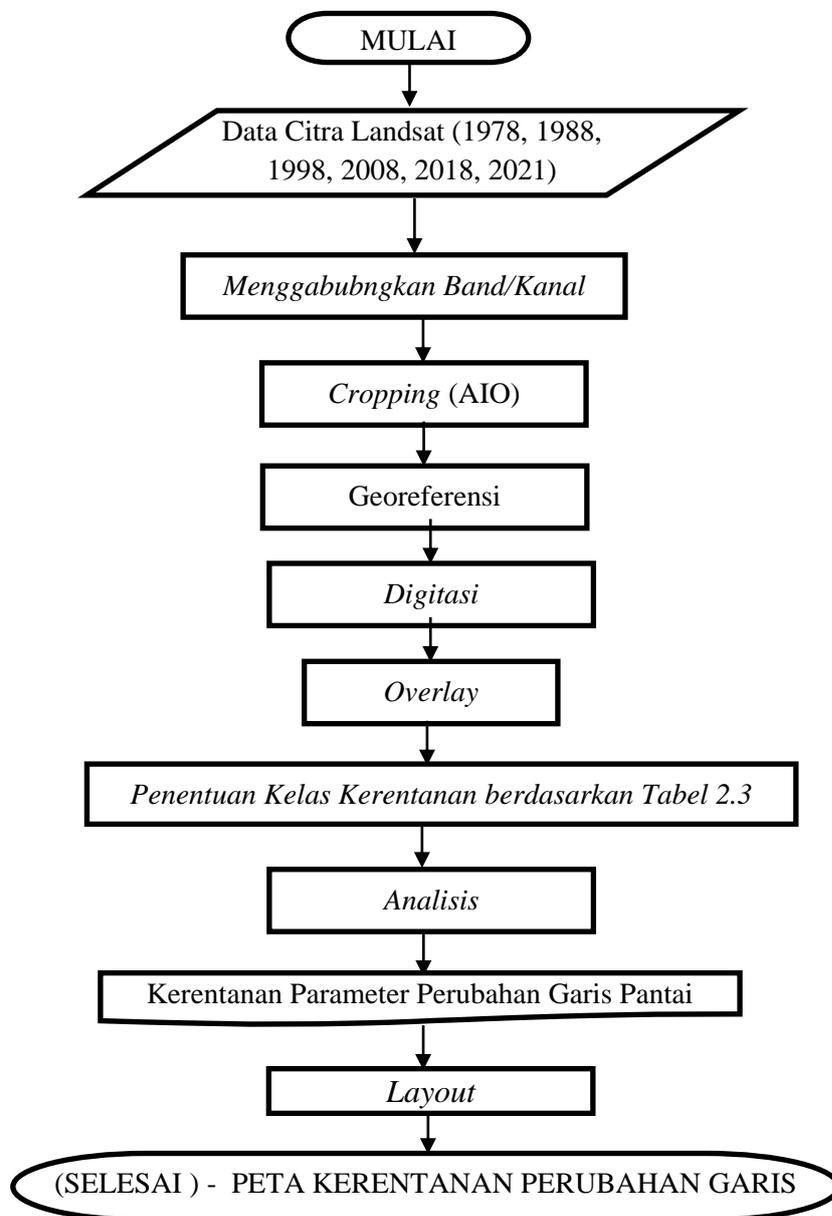
D. Tahap Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan untuk mengetahui besaran perubahan garis pantai beserta perubahan luasan lahan dari data yang ada sehingga nantinya dapat mempermudah pelaksanaan interpretasi data.

1. **Perubahan Garis Pantai**

Analisis untuk mendapatkan data perubahan garis pantai pada penelitian ini dengan memanfaatkan data citra Landsat 7 dengan interval per sepuluh tahun dari tahun 1978 hingga 2021. Tahap awal dilakukan dengan menggabungkan band di *software* envi, kombinasi ini menggunakan kombinasi band *natural colour* yakni warna yang ditampilkan sesuai interpretasi indera manusia. *Natural colour* pada Landsat 7 menggunakan band 321. Tahap berikutnya dengan *cropping* (memotong citra) sesuai dengan lokasi studi (AOI).

Tahapan selanjutnya dilakukan *georeferencing*, dengan tujuan untuk melakukan koreksi citra baik atmosferik maupun koreksi geometrik pada citra. Selanjutnya ialah proses *digitasi*. *Digitasi* garis pantai pada setiap data citra (1978, 1988, 2008, 2018, dan 2021). Kemudian hasil digitasi tersebut dilakukan tumpang susun disetiap tahunnya untuk mendapatkan data perubahan garis pantainya.. Hasil laju perubahan garis pantai dalam m/tahun ini yang kemudian dilakukan pengkelasan kerentanan sesuai pada Tabel 2.3. Langkah terakhir agar dapat di analisa ialah penyajian data perubahan garis pantai berupa peta yang telah di *layout*.



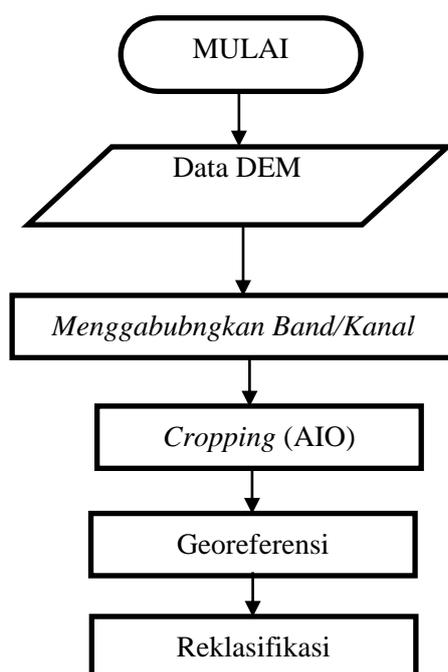
Gambar 3.4. Diagram Alir Pengolahan Data Garis Pantai (Sumber: Pengolahanlah data, 2021)

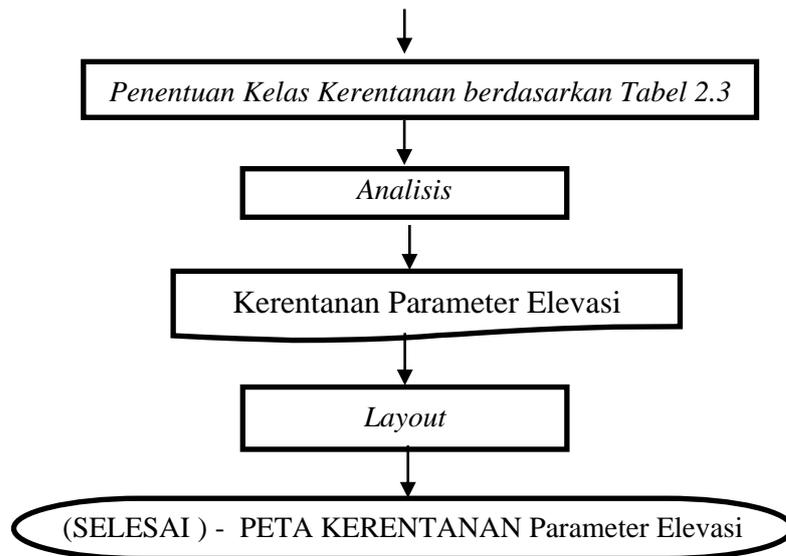
2. Elevasi

Digital Elevation Model (DEM) disebut dengan model elevasi digital merupakan visualisasi topografi atau ketinggian muka tanah yang dibangun berdasarkan hasil interpolasi deterministic. (Sawungrana, 2014). DEM berisi informasi koordinat posisi (x,y) dan elevasi (z) pada setiap pikselnya.

Pengolahan data *Global Digital Elevation Model* (GDEM) digunakan dalam analisa tingkat kerentanan terhadap parameter elevasi. Data GDEM meliputi seluruh permukaan bumi dan resolusi spasial yang dimiliki adalah 30 meter dengan akurasi ketinggian 20 meter, Data DEM secara nasional dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). DEM ini disebut dengan DEMNAS (DEM Nasional) (Iswari and Anggraini, 2018). Data ini kemudian dilakukan analisis menggunakan software ArcGis, langkah pertama ialah *Cropping* citra DEM dengan AOI, kemudian dilakukan koreksi koordinat (*Georeferencing*) ini bertujuan untuk mengurangi ketidak presisian antara data raster dan koordinat sebenarnya di bumi pada saat satelit mencandra bumi. Selanjutnya reklasifikasi, tujuan reklasifikasi ini untuk menentukan nilai elevasi pada lokasi studi.

Tahapan berikutnya dengan membuat pengkelasan nilai kerentanan berdasarkan nilai elevasi (Tabel 2.3). Untuk informasi terkait kerentanan terhadap elevasi sehingga lebih informatif maka dilanjutkan dengan pembuatan layout peta/*layouting* pada Arcgis, sehingga diperoleh peta kerentanan terhadap nilai elevasi.

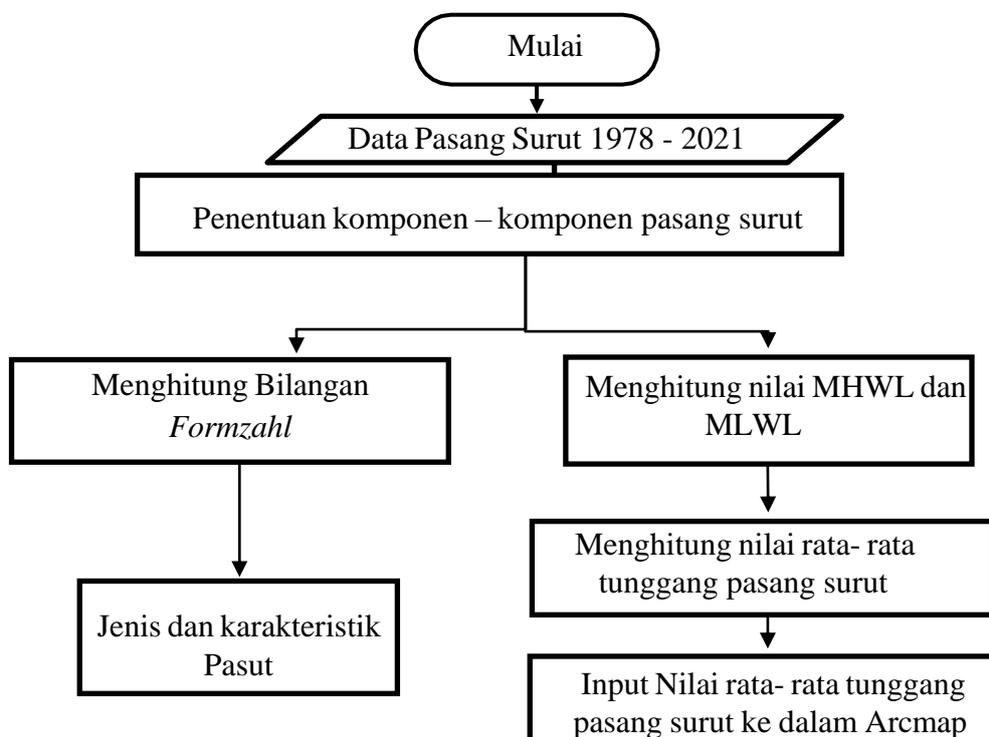


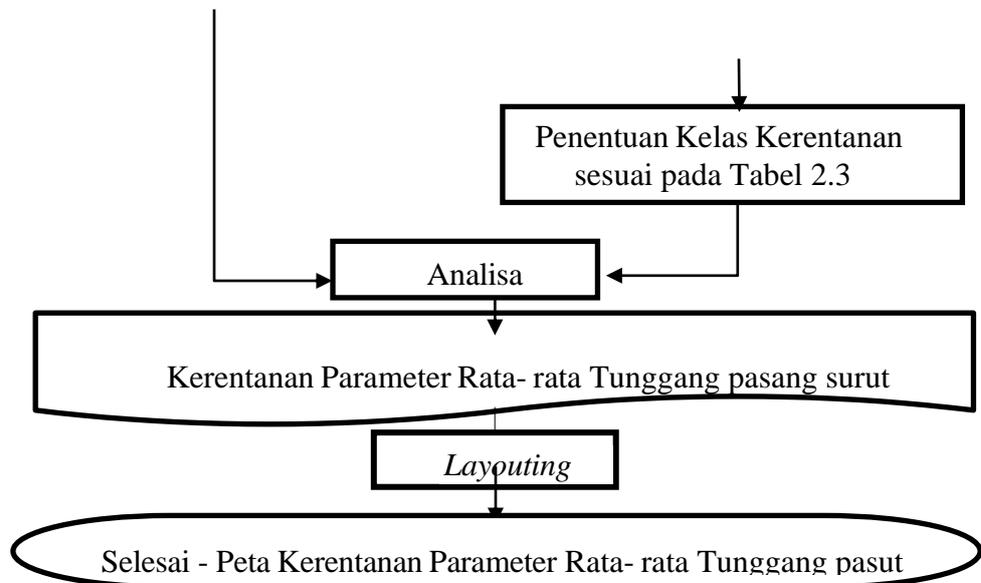


Gambar 3.5. Diagram Alir Pengolahan Data Elevasi (Sumber: Pengolahan data, 2021)

3. Pasang Surut

Data nilai rata-rata tunggang pasut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial atau BIG, data ini merupakan data nilai elevasi pasang surut dan komponen-komponen pasang surut yang diambil berdasarkan AOI. Data prediksi tinggi pasut yang telah di download. Selanjutnya, dilakukan analisis dan pengolahan data menggunakan metode *dmiralty* untuk memperoleh bilangan *Formzahl* dan nilai rata-rata tunggang pasang surut menggunakan persamaan 2.1. Sebelum menghitung nilai rata-rata tunggang pasang surut, terlebih dahulu menghitung nilai MHWL pada persamaan 2.3 dan MLWL pada persamaan 2.4. Kemudian diperoleh nilai rata-rata tunggang pasang surut. Nilai ini selanjutnya dikelompokkan ke dalam kelas kerentanan sesuai pada tabel 2.3.





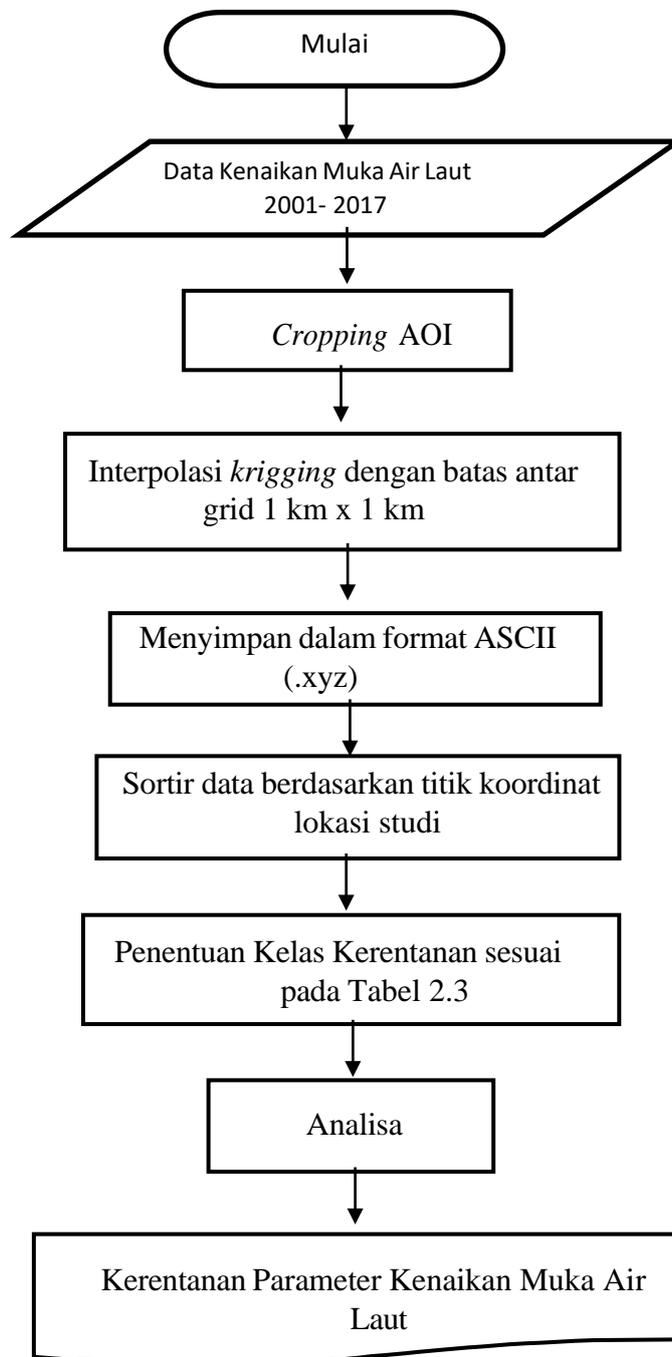
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data Rata-rata Tunggang Pasang Surut

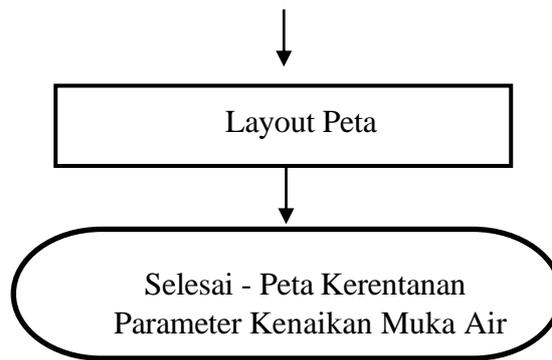
4. Kenaikan Muka Air Laut

Kenaikan muka air laut pada penentuan tingkat kerentanan pesisir di WPB, dimulai dengan mengunduh data pada website aviso. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengolahan data dengan membaca data yang berformat .NetCDF menggunakan *Software Ocean Data View (ODV)*. Menggunakan software ODV untuk mendapatkan AOI maka dilakukan peng-*cropping* area, setelah data AIO didapatkan maka dilakukan menyimpan data tersebut ke dalam format teks (*.txt).

Data AIO yang didapatkan tersebut kemudian diinterpolasi dengan perangkat lunak *Surfer* atau *ArcGIS*. Kegiatan interpolasi data dilakukan dengan tujuan untuk mengisi kekosongan data. Ukuran spasial grid dalam menginterpolasi menggunakan satuan skala 1 km × 1 km.

Selanjutnya hasil interpolasi tersebut diekspor menjadi data berformat xyz dengan menggunakan *Global Mapper*. Membuka data formata xyz pada *Microsoft Excel* untuk memperoleh titik koordinat laut sesuai dengan lokasi studi. Untuk mendapatkan nilai kelas kerentanan dilakukan analisis dan pengkelasan sesuai dengan Tabel 2.3. Tahap terakhir dilakukan pembuatan layout peta untuk mendapatkan peta yang lebih informatif terkait peta kkerentanan dengan parameter kenaikan muka air laut.





Gambar 3.7 Diagram Alir Pengolahan Data Kenaikan Muka Air Laut

5. Tingkat kepadatan penduduk

Tingkat kepadatan penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) setempat dengan melihat data banyaknya penduduk dalam satuan luas wilayah perdesa/kelurahan. Untuk mendapatkan angka jumlah penduduk per unit analisis, pada penelitian ini digunakan pendekatan dengan data penggunaan lahan pada kelas permukiman. Asumsi yang digunakan adalah jumlah penduduk sebanding dengan luas permukiman di wilayah tersebut. Dalam analisis ini dilakukan perbandingan luas permukiman dalam setiap kelurahan dan luas permukiman pada setiap unit analisis. Kemudian berdasarkan jumlah penduduk per kelurahan, luas permukiman per kelurahan dan permukiman per unit analisis dapat dihitung jumlah penduduk per unit analisis dengan persamaan berikut :

$$\text{Jumlah Penduduk per unit analisis} = \frac{\text{Luas Permukiman per unit analisis}}{\text{Luas Permukiman per desa}} \times \text{Jumlah Penduduk per desa} \dots\dots\dots 3.5$$

Kemudian kepadatan penduduk per unit analisis dihitung berdasarkan jumlah penduduk per unit dibagi luas wilayah setiap unit dengan satuan jiwa/km².

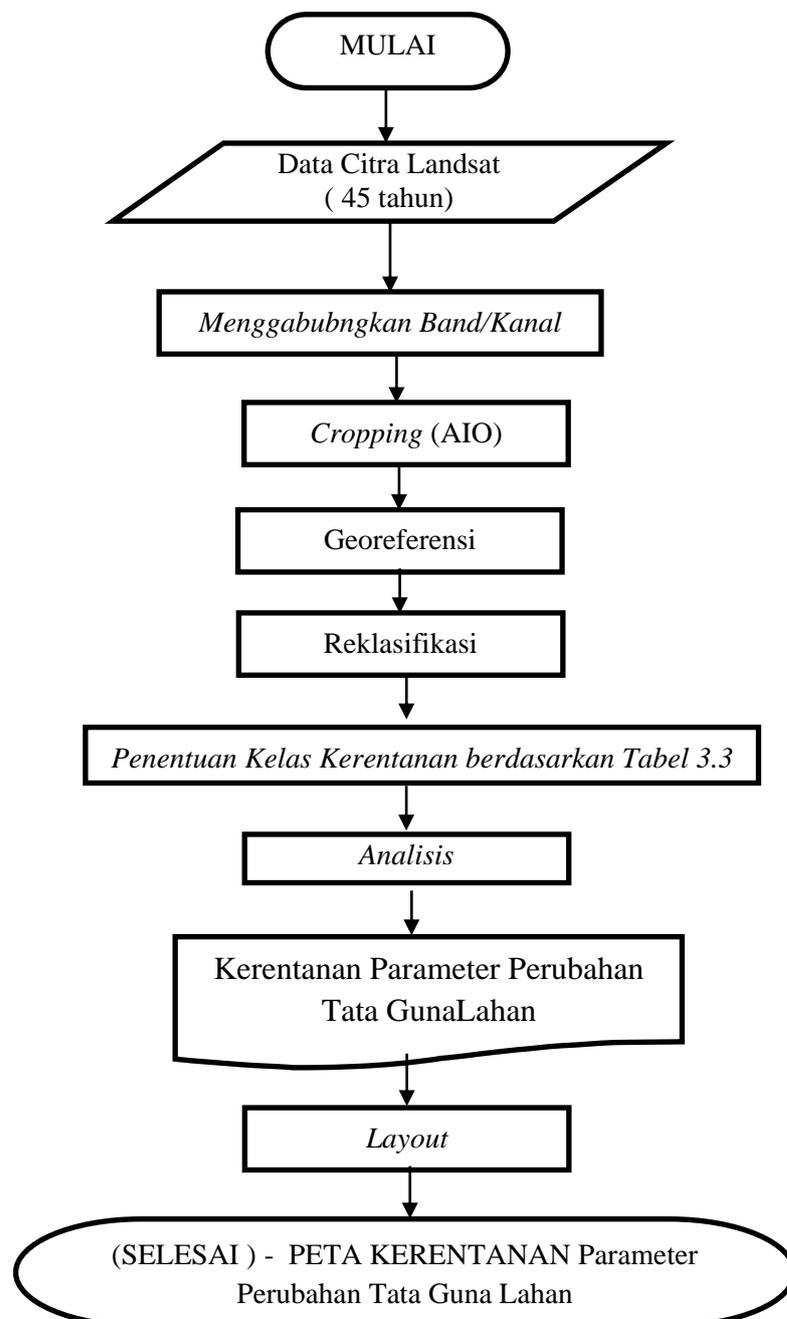
6. Persentase penduduk miskin

Persentase penduduk miskin diperoleh dari persentase penduduk pada tingkat prasejahtera bersumber dari data statistik BPS. Dalam penelitian ini, persentase penduduk miskin diasumsikan sama antara per kelurahan dan per unit analisis, hal ini dikarenakan kurangnya data pendukung untuk menganalisis jumlah penduduk miskin dalam setiap unit.

Pada unit analisis dengan jumlah atau kepadatan penduduk bernilai nol, maka persentase penduduk miskin juga akan bernilai nol.

7. Penutupan Lahan

Data penggunaan lahan diperoleh dari interpretasi visual citra satelit Landsat selama 45 tahun, dimulai dari tahun 1978 sampai dengan 2021. Klasifikasi penggunaan lahan didasarkan pada tingkat kerentanan secara sosek terhadap dampak kenaikan muka air laut yang pembagian kelasnya dapat dilihat Tabel 3.3. Kemudian dilakukan skoring atau pemberian rangking berdasarkan tingkat kerentanan yang dibagi menjadi lima kelompok yaitu dari kelompok 1 sampai kelompok 5 dimulai dari yang tidak rentan sampai sangat rentan, dan dilakukan perhitungan luas masing- masing kelas. Untuk mentransformasikan nilai luas tiap kelas menjadi rangking/score pada tiap unit analisis digunakan perhitungan seperti pada persamaan (1).



Gambar 3.8. Diagram Alir Pengolahan Data Elevasi (Sumber: Pengolahan data, 2021)

Tabel 3.3. Tingkat kerentanan berdasarkan penggunaan

| No | Kelas | Tingkat Kerentanan / Score |
|----|--|----------------------------|
| 1 | Tubuh air | 1 |
| 2 | Tanah kosong, Semak Belukar | 2 |
| 3 | Kebun Campur, Hutan Mangrove | 3 |
| 4 | Tegalan, Perkebunan, Sawah, Tambak | 4 |
| 5 | Permukiman, Jalan, Industri, Perkantoran | 5 |

Sumber : Radjawane et al. (2019), modifikasi

8. Tahap Pengecekan Data

Pada tahap ini dilakukan pengecekan data hasil dari pengolahan citra satelit dengan melakukan kegiatan survei ke lapangan. Kegiatan survei ini dilakukan untuk mengecek kondisi garis pantai dan penutupan lahan di lapangan. Pengecekan garis pantai dilakukan dengan bantuan alat GPS. Titik pengamatan di lapangan ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, metode tersebut merupakan satuan sampling yang dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu dengan tujuan untuk memperoleh satuan sampling yang memiliki karakteristik yang dikehendaki. Metode tersebut dipilih agar bisa menyesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Daerah penelitian dibagi menjadi beberapa zona untuk mempermudah proses interpretasi. Setiap zona didatangi dan dilakukan pengamatan, pendataan serta pencatatan informasi penting. Pengamatan di luar zona yang sudah ditentukan hanya dilakukan pada lokasi-lokasi yang dianggap penting dan memiliki karakteristik unik (permukiman, lahan sawah, lahan tambak, badan air, tanah kosong, dsb.). Data yang diambil meliputi tiga jenis data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data rekam koordinat titik pengamatan di lapangan, kondisi tutupan lahan di sekitar titik, kondisi parameter lingkungan di sekitar titik pengamatan, dan dilengkapi dengan hasil dokumentasi dengan menggunakan kamera digital.

9. Tahap Interpretasi Data

Tahap interpretasi data berupa penjelasan hasil analisis data yang didapat serta penyajian data hasil (*layouting*) yang sesuai dengan standar peta. Maka hasilnya akan

didapat peta bentuk perubahan garis pantai dan luasan tutupan lahan WPB selama 45 tahun (1978 — 2021). Penyajian data bertujuan agar data yang dihasilkan dari analisis data dapat dengan mudah diinterpretasikan dan dipahami oleh para pembaca. Pada tahap ini seluruh data yang diperlukan telah terkumpul, sehingga dapat dilakukan analisis secara lebih mendalam dari seluruh data yang ada (data primer dan data sekunder).

1.4. Analisis Data

1.4.1. Analisis Kerentanan Fisik

Analisis kerentanan fisik diawali dengan *MCA* untuk melakukan standarisasi ranking variabel berdasarkan metode CVI dan normalisasi nilai indeks kerentanan. Standarisasi data tiap variabel dilakukan menggunakan matriks, dengan bagian baris diisi seluruh unit analisis yang menjadi basis data penilaian kerentanan, sedangkan kolom diisi dengan masing-masing data dari seluruh variabel kerentanan. Kemudian dicari nilai terendah dan tertinggi setiap variabel yang dikumpulkan dari hasil ekstraksi data keenam variabel di daerah kajian. Nilai standar setiap variabel dalam unit analisis selanjutnya ditentukan menggunakan persamaan berikut (Susilo, 2006):

$$X_{in} = (x_{in} - \min x_i) / (\max x_i - \min x_i) \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana:

- X_i = nilai standar dari variabel ke-i pada unit analisis ke-
- $n \ x_{in}$ = nilai asli dari variabel ke-i pada unit analisis ke-n
- $\max x_i$ = nilai variabel tertinggi
- $\min x_i$ = nilai variabel terendah

Dari hasil standarisasi menyebabkan nilai tiap variabel memiliki kisaran minimum dan maksimum antara 0 hingga 1. Berdasarkan pendekatan pada metode CVI yang membagi selang ranking variabel atas 5 kategori maka pembagian nilai variabel hasil standarisasi (CVI-MCA) juga dibagi dalam 5 kategori menggunakan aturan jarak persentil dengan kategori kerentanan variabel: sangat rendah (<0,2), rendah (0,2 – 0,4), sedang (0,4 – 0,6), tinggi (0,6 – 0,8) dan sangat tinggi (> 0,8). Dari sistem ranking tersebut perhitungan nilai indeks kerentanan mengacu pada pendekatan yang sama dengan persamaan CVI yaitu :

$$CVI = \frac{\sqrt{(a*b*c*d*e*f)}x}{6} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

dimana : a, b, c, d, e dan f : ranking kerentanan masing-masing variabel

Jika ranking semua variabel pada metode CVI disimulasikan dengan nilai terendah yaitu 1 atau nilai tertinggi yaitu 5, maka akan diperoleh kisaran luaran indeks terkecil yaitu 0,41 dan terbesar 51,03. Dengan menerapkan metode CVI di wilayah pesisir manapun akan menghasilkan luaran kisaran indeks minimum dan maksimum yang memenuhi hubungan sebagai berikut :

$$0,41 \leq \min \leq \text{indeks CVI} \leq \max \leq 51,03 \quad \dots\dots (3.7)$$

Dari hubungan nilai indeks pada persamaan (6), maka standarisasi nilai indeks dengan pendekatan CVI-MCA dapat dilakukan menggunakan pendekatan normalisasi nilai indeks yang diformulasikan sebagai berikut (Teknomo, 2006; Kasim, 2011):

$$NS = (\text{nub} - \text{nlb} / \text{oub} - \text{olb}) * (\text{OS} - \text{olb}) + \text{nlb} \quad \dots\dots (3.8)$$

Dimana,

- NS = nilai indeks baruu
- OS = nilai indeks asli
- nub = batas tertinggi nilai indeks baru
- nlb = batas terendah nilai indeks baru
- oub = batas tertinggi nilai indeks asli
- olb = batas terendah nilai indeks asli

Dengan normalisasi maka nilai indeks minimum (0,41) dan maksimum (51,03) masing-masing akan menjadi 0 dan 1. Sehingga pembagian kategori indeks kerentanan berdasarkan jarak persentil akan memenuhi hubungan sebagai berikut mulai dari kerentanan sangat rendah hingga sangat tinggi

$$0 \leq \min \leq \text{indeks CVI MCA} \leq \max \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

1.4.2. Analisis Tingkat Kerentanan Pesisir dan Sebaran Spasialnya

Indeks kerentanan pesisir yang memperhitungkan kondisi fisik dan sosial dalam Szlafsztein (2005) dinyatakan dengan *Total Vulneribility Index* (TVI) sedangkan dalam Boruff et al (2005) dinyatakan dengan *Place Vulnerability Index* (PVI) dan dihitung dengan metode yang sama yaitu rata-rata dari penjumlahan indeks kerentanan fisik dan kerentanan sosial ekonomi dengan bobot yang sama seperti pada persamaan berikut :

$$TVI = \frac{CVI\ MCA + SoVI\ MCA}{2TVI} \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

Berdasarkan kondisi fisik dan sosial ekonomi suatu wilayah, perhitungan tingkat kerentanan pesisir kemudian dibagi menjadi lima tingkat kerentanan yaitu kategori sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Setelah dibuat peta tingkat kerentanan pesisir maka dilakukan analisis sebaran spasial. Dalam penelitian ini dilihat sebaran spasial tingkat kerentanan pesisir per kelurahan sehingga dapat dikaji lebih detil daerah mana saja yang tingkat kerentanannya tinggi terhadap kenaikan muka air laut. Informasi ini diharapkan dapat membantu dalam pengambilan kebijakan di daerah terutama dalam pengembangan wilayah berbasis bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. H., Djaja, R. and Ibrahim, A. L. (2018) 'Pembuatan Peta Laut berdasarkan S-4 dan S-57 Internasional Hydrographic Organization (IHO) menggunakan Perangkat Lunak ArcGIS 10.4.1', *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Geodesi*, 1(1), pp. 1–10.
- Abou Samra, R. M. and Ali, R. R. (2021) 'Applying DSAS tool to detect coastal changes along Nile Delta, Egypt', *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), pp. 463–470. doi: 10.1016/j.ejrs.2020.11.002.
- Achmad, E. *et al.* (2020) 'Studi Kerapatan Mangrove Dan Perubahan Garis Pantai Tahun 1989-2018 Di Pesisir Provinsi Jambi', *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(2), pp. 138–152. doi: 10.29244/jpsl.10.2.138-152.
- Afidyah Vicky Antari, Agus Anugroho Dwi Suryoputro, W. A., Setiyono1, H. and Maslukah, L. (2020) 'Analisis Ukuran Butir Sedimen di Perairan Muara Sungai Kali Bodri , Kecamatan Patebon ', *Indonesian Journal of Oceanography [August] [2020] Vol 02 No: 03 ISSN:2714-8726*, 02.
- Ahyar, D. A. (2016) *Studi Laju Degradasi dan Deforestasi Serta Kondisi Tutupan Lahan Hutan Melalui Kajian Spasial dan Data Sekunder di Kawasan Taman Nasional Sembilang*. Palembang.
- Akmaludin (2015) 'Multi Criteria Analysis Menentukan Point Weight', *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, XI(1), pp. 11–19.
- Ali, E. (2020) *Geographic Information System (GIS): Definition , Development , Applications & Components*, *Academia*.
- Amindoni, A. and Adzkia, A. (2021) 'Banjir dan bencana beruntun di tengah cuaca ekstrem, "Menurut pemerintah itu anomali cuaca, kami menyebutnya krisis iklim"', *BBC News*. Available at: <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-56007558>.
- Anditya Devi Rachmadianti, Frida Purwanti, N. L. (2018) 'Analisis Kerentanan Pantai Menggunakan Coastal Vulnerability Index (CVI) di Wilayah Pesisir Tanjung Pandan Kabupaten Belitung', *Journal of Maquares*, 7(4), p. 298. Available at:

<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares>.

Aniessa Delima Sari Nyoman Prayoga Ratri Sutarto (2017) *Panduan Penyusunan Kajian Risiko Iklim - Climate Risk Assessment (CRA)*.

Ansar, N. Al, Arsyad, M. and Sulistiawaty (2014) 'Studi Analisis Sedimentasi di Sungai Pute Rammang - Rammang Kawasan Karst Maros', *Jurnal Fisika*, 10(3), pp. 301–307.

Ario Damar Wicaksono*) Moehammad Awaluddin, N. B. (2020) 'Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode Net Shore Line Movement (NSM) dengan Add-in Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi Kasus : Pesisir Barat Kabupaten Pandeglang)', *Jurnal Geodesi Undip*, 9(April), pp. 21–31. Available at: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/26919/23727>.

Aris, M., Butudoka, M. A. and Pristianto, H. (2018) 'Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Potensi Penutupan Muara Oleh Sedimentasi', pp. 1–28. doi: 10.31227/osf.io/rvkxq.

Aseel Mezher Hussein, A. J. M. (2020) 'Spasial Analysis of School Using Geographic Information System (GIS) - Case Study Al Jihad Scoter', *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt - Egyptology*, 17(5).

Asp, N. E. *et al.* (2018) 'Sediment dynamics of a tropical tide-dominated estuary: Turbidity maximum, mangroves and the role of the Amazon River sediment load', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp. 10–24. doi: 10.1016/j.ecss.2018.09.004.

Asra, R. (2021) 'Analisis Spasial Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1998 dan Tahun 2018 di Desa Tanatoro Kabupaten Sidenreng Rappang - Spatial Analysis of Land Cover Changes in 1998 And 2018 in Tanatoro Village, Sidenreng Rappang', *J.Plantklopedia : Jurnal Sains dan Teknologi Pertanian*, 1(1), pp. 19–27.

Aysun Koroglua, B. *et al.* (2019) 'Comparison of Coastal Vulnerability Index applications for Barcelona Province'. Volume 178, 1 August 2019, 104799, p. 1787.

Badan Standardisasi Nasional (2010) 'Klasifikasi Penutup Lahan', *Sni 7645*, pp. 1–28.

Baig, M. R. I. *et al.* (2021) 'Coastal Vulnerability Mapping by Integrating Geospatial Techniques and Analytical Hierarchy Process (AHP) along the Vishakhapatnam Coastal Tract, Andhra Pradesh, India', *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, pp. 215–231. doi: 10.1007/s12524-020-01204-6.

Banyuasin, B. K. (2020) *BPS Kecamatan Banyuasin II dalam Angka*.

Barus, B. S., Pratama, M. A. P. and Putri, W. A. E. (2020) 'Perubahan Garis Pantai Di Perairan Muara Banyuasin Kaitannya Dengan Sedimentasi', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), pp. 107–118. doi: 10.29244/jitkt.v12i1.28276.

Benkhatab, F. Z. *et al.* (2020) 'Spatial-temporal analysis of the shoreline change rate using automatic computation and geospatial tools along the Tetouan coast in Morocco', *Natural Hazards*, 104(1), pp. 519–536. doi: 10.1007/s11069-020-04179-2.

Bera, R. and Maiti, R. (2019) 'Quantitative analysis of erosion and accretion (1975–2017) using DSAS — A study on Indian Sundarbans', *Regional Studies in Marine Science*. doi: 10.1016/j.rsma.2019.100583.

Bomer, E. J. *et al.* (2020) 'Surface elevation and sedimentation dynamics in the Ganges-Brahmaputra tidal delta plain, Bangladesh: Evidence for mangrove adaptation to human-

induced tidal amplification', *Catena*, 187(October 2019), p. 104312. doi: 10.1016/j.catena.2019.104312.

BPS Kabupaten Banyuasin (2021) *Kabupaten Banyuasin Dalam Angka 2021*, BPS Kabupaten Banyuasin. Available at: <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.una.n.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>.

Brooks, W. R. *et al.* (2020) 'Social and ecological outcomes of conservation interventions in tropical coastal marine ecosystems : a systematic map protocol', *Environmental Evidence*, 9(9), pp. 1–12. doi: 10.1186/s13750-020-00193-w.

Carlos Mestanza-Ramón 1, 2, 3, 4,*ORCID, Maritza Sanchez Capa 2, 3, H. F. S. 2 and Juana R. P. 5 (2019) 'Sustainability _ Free Full-Text _ Integrated Coastal Zone Management in Continental Ecuador and Galapagos Islands_ Challenges and Opportunities in a Changing Tourism and Economic Context', pp. 2019, 11(22), 6386;

Cham, D. D. *et al.* (2020) 'An analysis of shoreline changes using combined multitemporal remote sensing and digital evaluation model', *Civil Engineering Journal (Iran)*, 6(1), pp. 1–10. doi: 10.28991/cej-2020-03091448.

Clark, J. R. (1996) 'Coastal zone management handbook', *Coastal zone management handbook*. doi: 10.1016/s0964-5691(97)00005-7.

Collier, C. J. *et al.* (2020) 'An evidence-based approach for setting desired state in a complex Great Barrier Reef seagrass ecosystem: A case study from Cleveland Bay', *Environmental and Sustainability Indicators*, 7(June), p. 100042. doi: 10.1016/j.indic.2020.100042.

Crawford, J. (2019) 'The construction of "coast" in national planning policy', *Town Planning Review*, 90(3), pp. 299–320. doi: 10.3828/tpr.2019.20.

Daniela Pantusa, Felice D'Alessandro, Luigia Riefolo, F. P. and G. R. T. (2018) 'Water _ Free Full-Text _ Application of a Coastal Vulnerability Index', *WATER*, 10(9), p. 10.3390/w10091218.

Darmawan, S. *et al.* (2020) 'Identification before-after forest fire and prediction of mangrove forest based on Markov-cellular automata in part of Sembilang national park, Banyuasin, south Sumatra, Indonesia', *Remote Sensing*, 12(22), pp. 1–25. doi: 10.3390/rs12223700.

Darmiati, I. W. N. dan A. S. A. (2020) 'Analysis of Shoreline Change in West Coast Area of Tanah Laut District South Kalimantan', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), pp. 211–222.

Darmiati, Nurjaya, I. W. and Atmadipoera, A. S. (2020) 'Analisis Perubahan Garis Pantai Di Wilayah Pantai Barat Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), pp. 211–222. doi: 10.29244/jitkt.v12i1.22815.

Darmiati, Nurjaya, I. W. and Natih, N. M. N. (2018) 'Analisis kerentanan pantai kabupaten tanah laut kalimantan selatan'.

Dat Pham, T. *et al.* (2019) 'A review of remote sensing approaches for monitoring blue carbon ecosystems: Mangroves, sea grasses and salt marshes during 2010–2018', *Sensors (Switzerland)*, 19(8). doi: 10.3390/s19081933.

- Davies, T. W. *et al.* (2020) 'Biologically important artificial light at night on the seafloor', *Scientific Reports*. doi: 10.1038/s41598-020-69461-6.
- Dicky Prasetya, Bagaskara Sugeng Widada, B. R. (2017) 'Laju Sedimentasi Dan Pergeseran Delta Di Muara Anak Sungai Porong Sidoarjo', *Journal of Oceanography*, 6(4), pp. 607–615.
- Diego Andrés Villate Daza, Hernando Sánchez Moreno 2, Luana Portz 3,*ORCID, Rogério Portantiolo Manzolli 3ORCID, Hernando José Bolívar-Anillo 2, O. and Giorgio A. 4ORCID (2020) 'Mangrove Forests Evolution and Threats in the Caribbean Sea of Colombia', p. 1113.
- Din Hashmi, S. G. M. and Ahmad, S. R. (2018) 'GIS-Based Analysis and Modeling of Coastline Erosion and Accretion along the Coast of Sindh Pakistan', *Journal of Coastal Zone Management*, 21(1). doi: 10.4172/2473-3350.1000455.
- Dr. Ir. Halim Akbar, M. S. (2016) *Kajian Perubahan Landuse Terhadap Respon Hidrologi*.
- Dwinanto, A. W. *et al.* (2017) 'Current Pattern and Sediment Transport in the Case of Rising Land Puteri Island, District of Karawang', *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2), pp. 152–160.
- Eddy S, Ridho MR, Iskandar saya, M. A. . 2019 (2019) 'Komposisi spesies dan struktur vegetasi mangrove yang terdegradasi di Hutan Lindung Air Telang, Sumatera Selatan, Indonesia _ Jurnal Biodiversitas Keanekaragaman Hayati', *Jurnal Biodiversitas Keanekaragaman Hayati*, Vol. 20 No(8).
- Eddy, S. *et al.* (2017) 'Land cover changes in the air telang protected forest, South Sumatra, Indonesia (1989-2013)', *Biodiversitas*, 18(4), pp. 1538–1545. doi: 10.13057/biodiv/d180432.
- Eddy, S. *et al.* (2021) 'Anthropogenic drivers of mangrove loss and associated carbon emissions in South Sumatra, Indonesia', *Forests*, 12(2), pp. 1–14. doi: 10.3390/f12020187.
- Eslami, S. *et al.* (2019) 'Tidal amplification and salt intrusion in the Mekong Delta driven by anthropogenic sediment starvation', *Scientific Reports*, 9(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/s41598-019-55018-9.
- Fanning, L. M. *et al.* (2021) 'Applying the ecosystem services - EBM framework to sustainably manage Qatar's coral reefs and seagrass beds', *Ocean and Coastal Management*, 205(October 2020), p. 105566. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105566.
- Fatma, D. (2017) *Sedimentasi: Pengertian, Penyebab, Proses Terjadinya dan Jenisnya*, <https://ilmugeografi.com>.
- Febriansyah, R., Agustriani, F. and Agussalim, A. (2019) 'Analisis Vegetasi Dan Pemanfaatan Mangrove Oleh Masyarakat Di Solok Buntu Taman Nasional Sembilang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan', *Journal of Tropical Marine Science*, 2(1), pp. 15–22. doi: 10.33019/jour.trop.mar.sci.v2i1.670.
- Febriyanti, L., Purnomo, P. W. and A'in, C. (2017) 'Karakteristik Oseanografi Dan Sedimentasi Di Perairan Tererosi Desa Bedono , Demak Pada Musim Barat', *Journal of Maquares*, 6, pp. 367–375.
- Felice Rubino 1, Antonio Nisticò 2, Fausto Tucci 3ORCID and Pierpaolo Carlone 3, O. (2020) 'Marine Application of Fiber Reinforced Composites_ A Review', p. 26.

- Francesca De Serio *ORCID, Elvira Armenio, M. M. and Antonio F. P. (2018) 'Geosciences _ Free Full-Text _ How to Define Priorities in Coastal Vulnerability Assessment', p. 415.
- GilbA.A.MarkusbA.D.VethaakbcJ.M.Pankoa, K. M. U. P. W. M. A. C. D. R. A. G. va. (2019) 'Characterizing export of land-based microplastics to the estuary - Part I_ Application of integrated geospatial microplastic transport models to assess tire and road wear particles in the Seine water', pp. 1639–1649.
- Görmüş, T. *et al.* (2021) 'Basin scale spatiotemporal analysis of shoreline change in the Black Sea', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 252. doi: 10.1016/j.ecss.2021.107247.
- Gorokhovich, Y., Leiserowitz, A. and Dugan, D. (2014) 'Integrating coastal vulnerability and community-based subsistence resource mapping in Northwest Alaska', *Journal of Coastal Research*, pp. 158–169. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-13-00001.1.
- GWI (2016) 'Hutan Mangrove Taman Nasional Sembilang Musi Banyuasin Sumatera Selatan – GPS Wisata Indonesia', *Balai Taman Nasional Sembilang*.
- Hakim, P. R. (2015) 'Model Distorsi Pembiasan Atmosfer Pada Citra Satelit Lapan-a2 Dan Lapan-a3 (Atmospheric Refraction Distortion Model on Lapan-a2 and Lapan-a3 Satellite Image)', *Teknologi Dirgantara*, 13(1), pp. 39–52.
- Hambali, R. and Apriyanti, Y. (2016) 'Studi Karakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng', *Jurnal Fropil*, 4(2), pp. 165–174.
- Hamzah, M. A. A. and Ndohali, H. (2008) 'Model Perubahan Topografi Pantai Pengaruh Gelombang Dan Arus Laut.Pdf', *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 5(1), pp. 25–37.
- Handayani, Y. *et al.* (2021) 'Analysis of Sedimentation as Implications of Beach Accretion using Spatial Analysis in the Coastal Area of Banyuasin South Sumatra, Indonesia', *Jurnal Lahan Suboptimal : Journal of Suboptimal Lands*, 10(2), pp. 244–254. doi: 10.36706/jlso.10.2.2021.554.
- Hartono (2016) 'Pemanfaatan Kartografi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Dalam Peningkatan Kecerdasan Spasial Untuk Pembangunan', in *Prosiding Seminar Nasional Geografi 2016 Kecerdasan Spasial Dalam Pembelajaran Dan Perencanaan Pembangunan*, pp. 1689–1699.
- Hasanzadeh, S., Polys, N. F. and De La Garza, J. M. (2020) 'Presence, Mixed Reality, and Risk-Taking Behavior: A Study in Safety Interventions', *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, pp. 2115–2125. doi: 10.1109/TVCG.2020.2973055.
- Hastuti, A. W., Susilo, E. and Wijaya, A. (2017) 'Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi Perairan Probolinggo Menggunakan Citra Landsat-8', *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4*, pp. 301–306.
- Haya, N., Zamani, N. P. and Soedharma, D. (2015) 'Analisi struktur ekosistem mangrove di desa kukupang kecamatan kepulauan jorong', *Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 6(1), pp. 79–89.
- Hayati, S. P. dan R. (2017) '(PDF) Dampak perkembangn pemukiman terhadap perluasan banjir di ota semarang _ ikmal tahriri - Academia'.
- Hendar Pangestu, H. H. (2013) 'Analisis Angkutan Sedimen Total pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin', *Jurnal Teknik sipil dan lingkungan*, 1(1), p. 12.

- Hidayat, A. (2015) 'Analisis Pengembangan Kawasan Pesisir Berbasis Mitigasi Sea Level Rise (Kenaikan Muka Air Laut) Studi Kasus Kawasan Kota Lama Makassar', *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 1(1), pp. 87–100.
- Hoitink, A. J. F. *et al.* (2017) 'Tidal controls on river delta morphology', *Nature Geoscience*, pp. 637–645. doi: 10.1038/ngeo3000.
- Huxham, M. *et al.* (2017) 'Mangroves and people: Local ecosystem services in a changing climate', *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services*, pp. 245–274. doi: 10.1007/978-3-319-62206-4_8.
- Istiqomah, F., Sasmito, B. and Amarrohman, F. J. (2015) 'Aplikasi Digital Shoreline Anaysis System (DSAS)', 5, pp. 78–89.
- Iswari, M. Y. and Anggraini, K. (2018) 'Demnas: Model Digital Ketinggian Nasional Untuk Aplikasi Kepesisiran', *Oseana*, 43(4). doi: 10.14203/oseana.2018.vol.43no.4.2.
- Jayanthi, M. *et al.* (2018) 'Shoreline change and potential sea level rise impacts in a climate hazardous location in southeast coast of India', *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1). doi: 10.1007/s10661-017-6426-0.
- Jeanny Elonica Newyera, W. A. dan H. (2014) 'Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Perairan Kamal Muara, Penjaringan, Jakarta Utara', *Jurnal Oseanografi*, 3(2), pp. 210–219.
- Kanga, S. *et al.* (2020) 'Modeling the spatial pattern of sediment flow in lower Hugli estuary, West Bengal, India by quantifying suspended sediment concentration (SSC) and depth conditions using geoinformatics', *Applied Computing and Geosciences*, p. 100043. doi: 10.1016/j.acags.2020.100043.
- Karimah (2017) 'Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut', *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), p. 51. doi: 10.29303/jbt.v17i2.497.
- Kasim, F. (2012) 'Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG (Some Approaching Methods in Coastline Change Monitoring Using Remote Sensing Dataset of Landsat and GIS)', *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, 5(1), pp. 620–635.
- Kathiresan, K. (2012) 'International journal of marine science.', *International Journal of Marine Science*, 2(10), pp. 70–89. doi: 10.5376/ijms.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (2019) 'Kementerian Kelautan dan Perikanan'. Available at: <https://kkp.go.id/djpdspkp/page/2202-realisasi-investasi-sektor-kelautan-dan-perikanan>.
- Kharisma Aji Winarto, Max Rudolf Muskananfolo, P. W. P. (2016) 'Hubungan Antara Tekstur Vertikal Sedimen dengan Bahan Organik dan dan Keanekaragaman Makrobentos di Muara Sungai Tuntang Morodemak', *DIPONEGORO JOURNAL OF MAQUARES*, 5(1), pp. 69–74.
- Koroglu, A. *et al.* (2019) 'Comparison of Coastal Vulnerability Index applications for Barcelona Province', *Ocean and Coastal Management*, 178(November 2018), p. 104799. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.05.001.
- Krystyna Kurowska, Renata Marks-Bielska, Stanisław Bielski, A. A. and C. K. (2021) 'Land _ Free Full-Text _ Geographic Information Systems and the Sustainable Development of Rural Areas', *land*, 10(1).

- Kurnianto, F. A. (2019) 'Keberagaman Bentuk Lahan di Wilayah Peisir dan Kaitannya dengan Karakteristik Proses Geomorfologi', *JURNAL unej*, (2016), pp. 1–13. Available at: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/PGEO/article/download/14136/7315>.
- Kusumaningrat, M., Subiyanto, S. and Yuwono, B. (2017) 'Analisis Perubahan Penggunaan Dan Pemanfaatan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2009 Dan 2017 (Studi Kasus : Kabupaten Boyolali)', *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), pp. 443–452.
- Lita Sumiyati, S. J. (2017) 'Nilai Ekologis Ekosistem Hutan Mangrove', *Jurnal Biologi Tropis*, 17(1). doi: 10.29303/jbt.v17i1.389.
- Lugo, E. bonilla and Londoño, J. pineda (2020) 'View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk', *PENGARUH PENGGUNAAN PASTA LABU KUNING (Cucurbita Moschata) UNTUK SUBSTITUSI TEPUNG TERIGU DENGAN PENAMBAHAN TEPUNG ANGKAK DALAM PEMBUATAN MIE KERING*, pp. 274–282.
- Lukiawan, R., Purwanto, E. H. and Ayundyahrini, M. (2019) 'Analisis Pentingnya Standar Koreksi Geometrik Citra Satelit Resolusi Menengah Dan Kebutuhan Manfaat Bagi Pengguna', *Jurnal Standardisasi*, 21(1), p. 45. doi: 10.31153/js.v21i1.735.
- Luo ChenORCID, J. L. and N. J. (2019) 'Interactive and Online Buffer-Overlay Analytics of Large-Scale Spatial Data', *IJGI*, 8(1), p. 10.3390/ijgi8010021.
- Luom, T. T. *et al.* (2021) 'Protected mangrove forests and aquaculture development for livelihoods', *Ocean and Coastal Management*, 205. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105553.
- M.Loganimoce, BindiaRashniRonallal, YashikaNand, IngridQauqau, Sangeeta Mangubhai, HelenSykes†EdwardLovell, GilianneBrodie, StacyJupiter, CherieMorris, S. (2019) 'Coastal and Marine Ecosystems - ScienceDirect', *Science Direct Journal : the Indian Ocean to the Pacific*, II, pp. 765–792.
- M, R. M. P. *et al.* (2014) 'Analisa Sedimen Tersuspensi (Total Suspended Matter) Di Perairan Timur Sidoarjo Menggunakan Citra Satelit', *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, pp. 444–454.
- MacMillan, H. *et al.* (2016) 'GIS-based multi-criteria analysis of breeding habitats for recolonising species: New Zealand sea lions', *Ocean and Coastal Management*, 130, pp. 162–171. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2016.06.008.
- Maria Octarina, T., Dewa Nyoman Nurweda Putra, I. and Kadek Ayu Wirdiani, N. (2019) 'Penginderaan Jauh Pemrosesan Data Satelit Landsat 8 Untuk Deteksi Genangan', *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 7(1), p. 77. doi: 10.24843/jim.2019.v07.i01.p09.
- Marlianingrum, P. R. *et al.* (2019) 'Economic analysis of management option for sustainable mangrove ecosystem in Tangerang District, Banten Province, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 241(1), pp. 1–9. doi: 10.1088/1755-1315/241/1/012026.
- Marques, J. N. and Khakhim, N. (2016) 'Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Landsat Multitemporal Di Kota Semarang', *Jurnal Sosiologi Pedesaan*, pp. 1–10.
- McAlpine, S. A. and Porter, J. R. (2018) 'Estimating Recent Local Impacts of Sea-Level Rise on Current Real-Estate Losses: A Housing Market Case Study in Miami-Dade, Florida', *Population Research and Policy Review*, pp. 871–895. doi: 10.1007/s11113-018-

9473-5.

McKenzie, L. J. *et al.* (2021) 'Seagrass ecosystems of the Pacific Island Countries and Territories: A global bright spot', *Marine Pollution Bulletin*, 167, p. 112308. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112308.

Meidiana, C., Uma, S. D. K. and Wijayanti, W. P. (2018) 'Management of Rural Biogas from Manure Waste using Multi-Criteria Analysis and Geographical Information System (GIS) Approach', *Journal of Clean Energy Technologies*, 6(4), pp. 303–308. doi: 10.18178/jocet.2018.6.4.479.

Meidji, I. U. *et al.* (2020) 'Analisis Pengaruh Angin Terhadap Pola Arus Permukaan Dan Distribusi Salinitas Di Muara Sungai Palu', *JFT : Jurnal Fisika dan Terapannya*, p. 1. doi: 10.24252/jft.v7i1.13219.

Moechtar, R. A. T. (2021) 'The Dynamics of Holocene Sedimentary Depositional Process in Downstream of Bengawan Solo River and Tidal Zone in Gresik and Surrounding Areas, East Java', *Journal Of Geology and Mineral Resources*, 22(1), pp. 9–23. Available at: <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/553>.

Mohd, F. A. *et al.* (2019) 'Comprehensive coastal vulnerability assessment and adaptation for Cherating-Pekan coast, Pahang, Malaysia', *Ocean and Coastal Management*. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104948.

Mustafa Kamal, A. H. *et al.* (2020) 'Nutrient properties of tidal-borne alluvial sediments from a tropical mangrove ecosystem', *Regional Studies in Marine Science*, 36, p. 101299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101299>.

Naping, H., Safriadi and Musywirah, I. (2019) 'A strategy of local wisdom-based natural disaster management in coastal communities in Barru District', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 235(1). doi: 10.1088/1755-1315/235/1/012033.

Ng, K. *et al.* (2019a) 'An integrated coastal vulnerability approach to small islands: The Azores case', *Science of the Total Environment*, pp. 1218–1227. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.013.

Ng, K. *et al.* (2019b) 'An integrated coastal vulnerability approach to small islands: The Azores case', *Science of the Total Environment*, 690, pp. 1218–1227. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.013.

Niang, A. J. (2020) 'Monitoring long-term shoreline changes along Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia using remote sensing and GIS techniques', *Journal of Taibah University for Science*, pp. 762–776. doi: 10.1080/16583655.2020.1773623.

Nitivattananon, V. and Srinonil, S. (2019) 'Enhancing coastal areas governance for sustainable tourism in the context of urbanization and climate change in eastern Thailand', *Advances in Climate Change Research*, pp. 47–58. doi: 10.1016/j.accre.2019.03.003.

Niu, X. (2020) 'Conditions for the occurrence of notable edge waves due to atmospheric disturbances', *Applied Ocean Research*. doi: 10.1016/j.apor.2020.102255.

Nn (2016) 'Perubahan Garis Pantai - Coastal Vulnerability Assessment Using Integrated Method of CVI MCA an'.

Nn (2019) 'Bab ii profil kabupaten bogor', in *BPS Banyuasin*, pp. 1–29.

Nn (2020) *SEDIMEN _ PDF*.

Noverma; sawiji, A.; Hapsari, O. E. . Y. (2018) 'Pengurangan resiko bencana melalui Pemanfaatan bambu', in *Pertemuan Ilmiah tahunan ke-5 Riset kebencanaan 2018 Ikatan Ahli kebencanaan Indonesia*, pp. 131–142. Available at: <https://seminar.unand.ac.id/index.php/iabi/pit5iabi2018/paper/view/177>.

Nurfatimah (2020) 'Klasifikasi Penggunaan Lahan', *Pertemuan 2 Mata Kuliah Penggunaan Lahan*, (1), pp. 1–9.

Oktavian, M. (2018) 'Aplikasi Citra Penginderaan Jauh Multitemporal Dan Sig Untuk Pemetaan Sedimen di Sebagian Hilir Sungai Progo', *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(2), pp. 1–13. Available at: <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/974>.

Oktaviani, A. and Johan, Y. (2016) 'Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal Dan Radiometrik Serta Kendalanya', *Jurnal Enggano*, 1(2), pp. 74–79. doi: 10.31186/jenggano.1.2.74-79.

Oloyede, M. O., Benson, N. U. and Williams, A. B. (2021) 'Climate change and coastal vulnerability assessment methods: A review', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi: 10.1088/1755-1315/665/1/012069.

Pagán, J. I. *et al.* (2016) 'The influence of anthropic actions on the evolution of an urban beach: Case study of Marineta Cassiana beach, Spain', *Science of the Total Environment*, pp. 242–255. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.03.134.

Pantusa, D. *et al.* (2018) 'Application of a coastal vulnerability index. A case study along the Apulian Coastline, Italy', *Water (Switzerland)*, 10(9), pp. 1–16. doi: 10.3390/w10091218.

Perillo, G. M. E. *et al.* (2018) 'Coastal wetlands: An integrated ecosystem approach', *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach*. doi: 10.1016/C2018-0-02302-6.

Pickering, M. D. *et al.* (2017) 'The impact of future sea-level rise on the global tides', *Continental Shelf Research*, pp. 50–68. doi: 10.1016/j.csr.2017.02.004.

Planologipcd (2017) *LANDSAT 8 – Pengolahan Citra Digital, PUBLISHED BY PLANOLOGIPCD*.

Pradipta, I. M. D., Widyantara, I. M. O. and Hartati, R. S. (2017) *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Sebagai Informasi Permukaan Bumi, Ilmu Geologi dan Mitigasi Bencana Alam, Laboratorium Geologi Dinamik Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik - Universitas Gadjah Mada*.

Pradipta, I. M. D., Widyantara, I. M. O. and Hartati, R. S. (2019) 'Penajaman Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan Transformasi Brovey', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(3), p. 353. doi: 10.24843/mite.2019.v18i03.p08.

Prasetyo B, Rochaddi B, S. A. (2019) 'Aplikasi Citra Sentinel-2 untuk Pemetaan Sebaran Material Padatan Tersuspensi Di Muara Sungai Wulan Demak', *Journal of Marine Research*, 8(4), pp. 379–386. doi: 10.14710/jmr.v8i4.25193.

Prokop, P. *et al.* (2020) 'Morphological and sedimentological responses of small stream channels to extreme rainfall and land use in the Darjeeling Himalayas', *Catena*, 188(December 2019). doi: 10.1016/j.catena.2019.104444.

- Purba, M. and Jaya, I. (2014) 'Analysis of Coast Line and Land Use Coverage Changes between Way Penet and Way Sekampung, Kabupaten Lampung Timur', *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 11(2), pp. 109–121.
- Putra, I. M. A. W., Susanto, A. and Soesanti, I. (2015) 'Pemodelan Perubahan Garis Pantai Dengan Metode End Point Rate Pada Citra Satelit Landsat', *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015*, 4, pp. 6–8.
- Putranto, D. D. A., Fitriani, H. and Andriani (2020) 'Analysis of carrying capacity of land for special economic zones tanjung api-api in infrastructure development', *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), pp. 1248–1253.
- R.Oh, R. Y., Friess, D. A. and Brown, B. M. (2017) 'The role of surface elevation in the rehabilitation of abandoned aquaculture ponds to mangrove forests, Sulawesi, Indonesia', *Ecological Engineering*, 100, pp. 325–334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.021>.
- Randa Kurniawan, Sigit Sutikno, B. S. (2017) 'Analisis Perubahan Morfologi Sungai Rokan Berbasis Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh', *Jom FTEKNIK Vo*, 4(1), pp. 1–10.
- Ratmoko, I. A. *et al.* (2021) 'Analytic hierarchy process for zonation review of Sembilang National Park, Banyuasin Regency, South Sumatera Province, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 737(1). doi: 10.1088/1755-1315/737/1/012019.
- Roy, S., Mahapatra, M. and Chakraborty, A. (2018) 'Shoreline change detection along the coast of Odisha, India using digital shoreline analysis system', *Spatial Information Research*, pp. 563–571. doi: 10.1007/s41324-018-0199-6.
- Sakti, B. and Ikhwan, J. (2019) 'Model Sistem Dinamik Ketersediaan Lahan Terbangun di Provinsi Bengkulu', *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 2(2), pp. 1–12.
- Santos, C. A. G. *et al.* (2021) 'Analysis of long- and short-term shoreline change dynamics: A study case of João Pessoa city in Brazil', *Science of the Total Environment*, 769. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144889.
- Satta, A. *et al.* (2016) 'An index-based method to assess risks of climate-related hazards in coastal zones: The case of Tetouan', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp. 93–105. doi: 10.1016/j.ecss.2016.03.021.
- Sawungrana, A. R. (2014) 'Pemanfaatan Data Aster Gdem Dan Srtm Untuk Pemodelan Aliran Lahar Gunung Kelud Pasca Erupsi 2014'.
- Scales, I. R. and Friess, D. A. (2019) 'Patterns of mangrove forest disturbance and biomass removal due to small-scale harvesting in southwestern Madagascar', *Wetlands Ecology and Management*, 27(5–6), pp. 609–625. doi: 10.1007/s11273-019-09680-5.
- Sekovski, I., Del Río, L. and Armaroli, C. (2020) 'Development of a coastal vulnerability index using analytical hierarchy process and application to Ravenna province (Italy)', *Ocean and Coastal Management*. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104982.
- Selvan, S. C. *et al.* (2020) 'Shoreline change along Kerala, south-west coast of India, using geo-spatial techniques and field measurement', *Natural Hazards*, pp. 17–38. doi: 10.1007/s11069-019-03790-2.
- Sklar, L. S. *et al.* (2017) 'The problem of predicting the size distribution of sediment

supplied by hillslopes to rivers', *Geomorphology*, 277, pp. 31–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.05.005>.

Soegianto, A. (2019) 'Ekologi Perairan Tawar', pp. 48–51.

Subowo G (2011) 'Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan Dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan Dan Hayati Tanah', *Imago Temporis - Medium Aevum*, 5(2), pp. 1–12.

Sudirman adibrata (2017) 'Analisis Pasang Surut Di Pulau Karampuang , Provinsi Sulawesi Barat', *Sumberdaya Perairan*, 1(1), pp. 1–6.

Suharyo, O. S. and Hidayah, Z. (2019) 'Pemanfaatan Citra Satelit Resolusi Tinggi Untuk Identifikasi Perubahan Garis Pantai Pesisir Utara Surabaya', *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(1), p. 89. doi: 10.21107/jk.v12i1.5084.

Sujarto, D. (2010) *Mengelola Risiko Bencana barang Negara Maritim Indonesia, Mengelola Risiko Bencana barang Negara Maritim Indonesia*.

Sukristijiono Sukristijiono (2016) 'View of BIODEGRADABILITY OF BIOPLASTIC IN NATURAL ENVIRONMENT | Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)', *Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 6(2), p. VOL. 6 NO. 2 (2016). Available at: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsl/article/view/19198/17191>.

Sulaiman Hakim Sinaga, Andri Suprayogi, H. (2018) 'Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index Dan Soil Adjusted Vegetation Index Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2a (Studi Kasus : Kabupaten Demak)', *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), pp. 202–211.

Sunaryo, D. K., Mt, S. T. and Nurhadi, I. H. M. (2019) 'Pemanfaatan Citra Untuk Pemantauan Perubahan Garis Pantai Dengan Digital Shoreline Analysis System (DSAS)', iv(2), pp. 15–22.

Surahman, M. *et al.* (2018) 'Five steps toward the Indonesian soybean self-sufficiency', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 196(1). doi: 10.1088/1755-1315/196/1/012044.

SURNI, S. (2015) 'Dinamika perubahan penggunaan lahan, penutupan lahan terhadap hilangnya biodiversitas di DAS Tallo, Sulawesi Selatan', in. doi: 10.13057/psnmbi/m010515.

Susilo, S. B. (2017) *Pengindraan Jarak Jauh " Ocean Color "*. IPB Press.

Sutasoit, Y., . M. and . S. (2017) 'Struktur Vegetasi Mangrove Alami Di Areal Taman Nasional Sembilang Banyuasin Sumatera Selatan', *Maspari Journal*, 9(1), pp. 1–8.

Syafnidawaty (2020) 'Multi Criteria Decision Making (MCDM) - UNIVERSITAS RAHARJA', *Universitas Raharja*. Available at: <https://raharja.ac.id/2020/04/11/multi-criteria-decision-making-mcdm/>.

Syahputra, H. and Nugraha, R. B. A. (2016) 'Analisis Perbandingan Akurasi Model Prediksi Pasang Surut : Studi Kasus Di Selat Larantuka , Flores Timur , Nusa Tenggara Timur', 8(2), pp. 119–126.

- Syahrial, Karsim, N. and Lubis, M. K. (2018) 'Keanekaragaman Hayati Mangrove Sejati True Mangrove Biodiversity in Miangas Island', *Maspari Journal*, 10(2), pp. 207–216.
- Syukhrani, S., Nofridiansyah, E. and Sulisty, B. (2017) 'Analisis Data Citra Landsat Untuk Pemantauan Perubahan Garis Pantai Kota Bengkulu', *Jurnal Enggano*, 2(1), pp. 90–100. doi: 10.31186/jenggano.2.1.90-100.
- Taredja, K. W. and Nugroho, E. O. (2018) 'Penanganan Sedimentasi di Pelabuhan Tanjung Api-Api pada Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan', *Jurnal Teknil Sipil*, 4(3), pp. 117–126. doi: 10.26760/rekaracana.v4i3.117.
- Thao Nguyen, T. H., Park, S. W. and Ahn, J. (2019) 'Numerical Method to Determine Upstream Scour Slope in Relation to Turbulence and Particle Movement', *Journal of Coastal Research*, p. 189. doi: 10.2112/jcoastres-d-18-00130.1.
- Theresia, Boer, M. and Pratiwi, N. T. . (2016) 'Pengelolaan ekosistem mangrove di taman nasional sembilan kabupaten banyuasin provinsi sumatera selatan theresia'.
- Tien Dat Pham, Junshi Xia, Nam Thang Ha, Dieu Tien Bui, N. N. L. 5 and Wataru T. (2019) 'A Review of Remote Sensing Approaches for Monitoring Blue Carbon Ecosystems Mangroves, Seagrass and Salt Marshes during 2010–2018', *MDPI*, 19(8).
- Tumurang, K. S. W. *et al.* (2016) 'Karakteristik Muar Sungai Malalayang yang Berdampak pada Bantaran Banjir - Characteristics of River Estuary Malalayang Consequential Floodplain', *Japanese Journal of Radiological Technology*, 46(3), p. 479. doi: 10.6009/jjrt.KJ00003575952.
- UGM (2017) 'Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Sebagai Informasi Permukaan Bumi, Ilmu Geologi dan Mitigasi Bencana Alam', *Laboratorium Geologi Dinamik Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik - Universitas Gadjah Mada*.
- Victor Andreas Tarigan, Bandi Sasmito, H. (2019) 'Citra Satelit Landsat-8', *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), pp. 328–337.
- W.Halla, M. S. G. (2020) 'The potential of Tidal River Management for flood alleviation in South Western Bangladesh', *Science of The Total Environment*, 731(20 August).
- Wanayumini (2021) *Supervised image classification*. doi: 10.1007/0-306-47647-9_9.
- Wang, J. *et al.* (2018) 'Effects of sea level rise, land subsidence, bathymetric change and typhoon tracks on storm flooding in the coastal areas of Shanghai', *Science of The Total Environment*, 621, pp. 228–234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.224>.
- Warsilan, W. (2019) 'Dampak Perubahan Guna Lahan Terhadap Kemampuan Resapan Air (Kasus: Kota Samarinda)', *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 15(1), p. 70. doi: 10.14710/pwk.v15i1.20713.
- WH Diemont, G Toi, S Wulffraat, CD Field, R. E. wur. n. (1369) 'WH Diemont, G Toi, S Wulffraat, CD Field, R Eijkens - edepot.wur.nl', in *The BOS NiEuWSLETTER is a bulletin of the Foundation for International Forestry Cooperation (Stichting voor Internationale Bosbouwsamenwerking)*, p. 116.
- Wu, T. and Qin, J. (2020) 'Influence of Flow and Sediment Transport Processes on Sedimentation in Groyne Fields', *Journal of Coastal Research*, pp. 304–308. doi: 10.2112/SI95-059.1.

Yuwanto, L. (2019) 'Penginderaan Jauh, Sistem Informasi Geografis Dan Mitigasi Bencana | Universitas Surabaya (UBAYA)'. Available at: https://www.ubaya.ac.id/2018/content/articles_detail/273/Penginderaan-Jauh--Sistem-Informasi-Geografis--dan-Mitigasi-Bencana.html.

Zamroh, M. R. A. (2014) 'Analisis Perubahan Penggunaan Lahan untuk Pemukiman di Kecamatan Kaliwungu dengan Sistem Informasi Geografis', *Jurnal Ilmiah Pendidikan Geografi*, 2(1), pp. 106–115. Available at: <https://docplayer.info/54139595-Analisis-perubahan-penggunaan-lahan-untuk-permukiman-di-kecamatan-kaliwungu-dengan-sistem-informasi-geografis.html>.

Zuhdi, M. (2019) *Buku Ajar Pengantar Geologi*, Penerbit Duta Pustaka Ilmu. Available at: http://eprints.unram.ac.id/14627/1/BUKU_AJAR_PENGANTAR_GEOLOGI.pdf.