

**IDENTIFIKASI ZONA DAN BAHAYA *RIP CURRENT*  
DI PANTAI WISATA BALEKAMBANG-REGENT KABUPATEN MALANG  
SEBAGAI REKOMENDASI TERKAIT KESELAMATAN BERWISATA**

**SKRIPSI**

Oleh:

**CLEOVANO REINHARD**

**155080600111038**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2019**

**IDENTIFIKASI ZONA DAN BAHAYA *RIP CURRENT*  
DI PANTAI WISATA BALEKAMBANG-REGENT KABUPATEN MALANG  
SEBAGAI REKOMENDASI TERKAIT KESELAMATAN BERWISATA**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas  
Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya**

Oleh:

**CLEOVANO REINHARD**

**155080600111038**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

**SKRIPSI**

**IDENTIFIKASI ZONA DAN BAHAYA *RIP CURRENT*  
DI PANTAI WISATA BALEKAMBANG-REGENT KABUPATEN MALANG  
SEBAGAI REKOMENDASI TERKAIT KESELAMATAN BERWISATA**

Oleh:

**CLEOVANO REINHARD**

**NIM. 155080600111038**

**Telah Dipertahankan di Depan Penguji Pada Tanggal 26 September 2019**

**dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat**

**Dosen Pembimbing 1**

**Dosen Pembimbing 2**

**( Nurin Hidayati, ST., M.Sc )  
NIP. 19781102 200502 2 001  
Tanggal:**

**( Citra Satrya Utama Dewi, S.Pi., M.Si )  
NIK. 201304 840127 2 001  
Tanggal:**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan PSPK**

**( Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT )  
NIP. 19780717 200502 1 004  
Tanggal:**

**Judul : IDENTIFIKASI ZONA DAN BAHAYA RIP CURRENT DI  
PANTAI WISATA BALEKAMBANG-REGENT  
KABUPATEN MALANG SEBAGAI REKOMENDASI  
TERKAIT KESELAMATAN BERWISATA**

**Nama Mahasiswa : Cleovano Reinhard**

**NIM : 155080600111038**

**Program Studi : Ilmu Kelautan**

**PENGUJI PEMBIMBING:**

**Pembimbing 1 : Nurin Hidayati, ST., M.Sc**

**Pembimbing 2 : Citra Satrya Utama Dewi, S.Pi., M.Si**

**PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:**

**Dosen Penguji 1 : M. A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc**

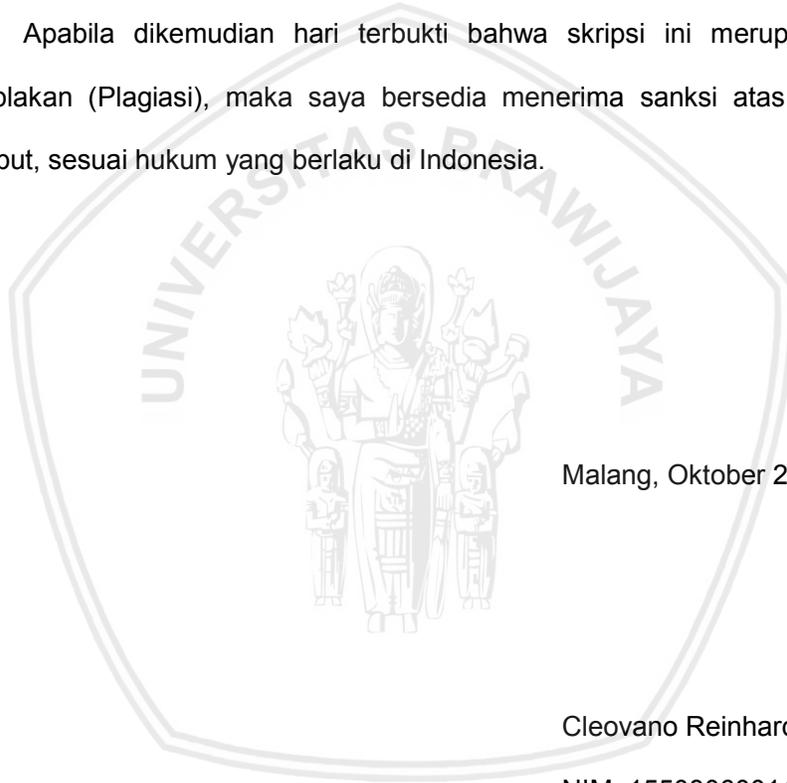
**Dosen Penguji 2 : Rarasrum Dyah K, S.Kel., M.Sc., M.Si**

**Tanggal Ujian : 26 September 2019**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul **“Identifikasi Zona dan Bahaya Rip Current Di Wilayah Pantai Balekambang-Regent Sebagai Rekomendasi Terkait Keselamatan Berwisata”**, merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang sudah tertulis dalam skripsi ini dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil penjiplakan (Plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, Oktober 2019

Cleovano Reinhard

NIM. 155080600111038

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada beberapa pihak atas doa dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulisan skripsi ini diberikan kelancaran dan kemudahan. Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan anugerah-Nya kepada penulis sehingga dapat diberikan kelancaran dari awal sampai akhir proses penyusunan skripsi.
2. Kedua Orangtua penulis, Christian Hendrik Sahertian dan Caroline Sandra Hetharia, yang telah memberikan doa dan dukungan dari awal sampai akhir proses penyusunan skripsi.
3. Kakak dan Adik penulis, Chrysand Ravenska Sahertian dan Cheryl Reviona Sahertian, yang telah memberikan doa dan dukungan dari awal sampai akhir proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Nurin Hidayati ST., M.Sc dan Ibu Citra Satrya Utama Dewi S.Pi., M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dari awal sampai akhir proses penyusunan skripsi.
5. Teman-teman Ilmu Kelautan angkatan 2015 (POLARIS) yang mendukung penulis dalam penyusunan skripsi.
6. Keluarga besar Satmenwa 803 Universitas Brawijaya yang turut memberikan pengaruh besar dalam penyusunan skripsi.
7. Teman-teman KMKK FPIK UB dan PMK IMMANUEL yang mendukung dan mendoakan penulis.
8. Ratna Yunita Napitupulu yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.

## RINGKASAN

**CLEOVANO REINHARD.** Identifikasi Zona dan Bahaya *Rip Current* di Wilayah Pantai Wisata Balekambang-Regent Kabupaten Malang sebagai Rekomendasi Terkait Keselamatan Berwisata (dibawah bimbingan **Nurin Hidayati, ST., M.Sc** dan **Citra Satrya Utama Dewi, S.Pi, M.Si**).

---

*Rip current* merupakan arus yang bergerak dari pantai menuju ke laut secara tegak lurus dan menjadi fenomena menakutkan bagi wisatawan pantai. Penelitian mengenai *rip current* belum banyak dilakukan di Indonesia khususnya di wilayah Malang Selatan. Pantai Balekambang-Regent Kabupaten Malang merupakan pantai yang populer dan banyak dikunjungi oleh wisatawan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi zona *rip current* dan bahaya *rip current* sebagai rekomendasi terkait keselamatan wisatawan di Pantai Balekambang-Regent Kabupaten Malang. Alur penelitian dimulai dari pengumpulan data primer dan sekunder, pengolahan data, identifikasi zona *rip current*, identifikasi bahaya *rip current*, dan rekomendasi keselamatan berwisata. Data primer meliputi foto serta video udara, data morfologi pantai (kemiringan pantai, kenampakan dan tipe *sandbar*, dan, kenampakan *slope break*/jeda kemiringan). Data sekunder meliputi gelombang, pasang surut, dan citra Google Earth Pro.

Hasil penelitian ini adalah tingkat bahaya *rip current* di Pantai Balekambang-Regent masuk dalam kategori sedang karena memiliki nilai indeks bahaya *rip current* sebesar 3,5. Pantai Balekambang-Regent memiliki zona bahaya *rip current* berada di sekitar lintang  $-8,4030^{\circ}$  hingga  $-8,4070^{\circ}$  dan bujur  $112,5360^{\circ}$  hingga  $112,540^{\circ}$ . Zona tersebut berada di area depan *tower* listrik atau di sekitar tanda larangan berenang sebelah timur. Rekomendasi wisata untuk wisatawan Pantai Balekambang-Regent yaitu wisatawan dianjurkan tidak berenang di zona *rip current*. Wisatawan dapat berenang di sebelah timur jembatan Pantai Balekambang (lintang  $-8,4020^{\circ}$  hingga  $-8,4040^{\circ}$  dan bujur  $112,5340^{\circ}$  hingga  $112,5360^{\circ}$ ) dan lokasi sekitar pos keamanan pantai (lintang  $-8,4030^{\circ}$  hingga  $-8,4040^{\circ}$  dan bujur  $112,5400^{\circ}$  hingga  $112,5460^{\circ}$ ) sebelah timur yang berada di Pantai Regent. Wisatawan tidak direkomendasikan berenang pada saat kondisi air laut surut. Rekomendasi wisata untuk pihak pengelola pantai yaitu agar memperhatikan bahaya *rip current* dan dapat membangun beberapa pos keamanan pantai di pantai demi keselamatan wisatawan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat rahmat yang dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "**Identifikasi Zona dan Bahaya Rip Current Di Wilayah Pantai Balekambang-Regent Sebagai Rekomendasi Terkait Keselamatan Berwisata**". Semoga skripsi ini dapat dipergunakan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Kelautan dan dapat bermanfaat bagi insan akademik maupun masyarakat luas khususnya menjadi rekomendasi terkait keselamatan berwisata di wilayah Pantai Balekambang-Regent Kabupaten Malang.

Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa di dalam skripsi ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari apa yang kita harapkan. Kritik dan saran sangat diperlukan demi perbaikan di masa yang akan datang, mengingat tidak ada sesuatu yang sempurna tanpa saran yang membangun.

Malang, Oktober 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
RINGKASAN .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Kegunaan.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian <i>Rip Current</i> .....	4
2.2 Proses dan Karakteristik Umum <i>Rip Current</i> .....	4
2.3 Identifikasi Zona <i>Rip Current</i> .....	5
2.4 Faktor Terjadinya <i>Rip Current</i> .....	6
2.4.1 Morfologi Pantai.....	7
2.4.2 Gelombang.....	8
2.4.3 Pasang Surut.....	10
2.5 Dampak <i>Rip Current</i> Terhadap Wisatawan .....	12
3. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	13
3.2.1 Alat .....	13
3.2.2 Bahan .....	14
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	15
3.4 Pengumpulan Data.....	16
3.4.1 Data Primer .....	16
3.4.2 Data Sekunder.....	19
3.5 Pengolahan Data.....	19
3.5.1 Identifikasi Zona <i>Rip Current</i> .....	19
3.5.2 Identifikasi Bahaya <i>Rip Current</i> .....	20
3.5.3 Rekomendasi Keselamatan Berwisata.....	29
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	30
4.2 Zona <i>Rip Current</i> .....	31
4.3 Bahaya <i>Rip Current</i> .....	40
4.3.1 Bahaya <i>Rip Current</i> Berdasarkan Morfologi Pantai .....	40
4.3.2 Bahaya <i>Rip Current</i> Berdasarkan Faktor Gelombang .....	42
4.3.3 Total Nilai Indeks Bahaya <i>Rip Current</i> .....	44
4.3.4 Faktor Pasang Surut .....	45
4.4 Rekomendasi Keselamatan Berwisata .....	46
5. PENUTUP .....	48
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN .....	53



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	14
2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	14
3. Koordinat Stasiun Pengambilan Data Lapang.....	17
4. Alat Bantu Penentuan Tipe Pantai .....	23
5. Klasifikasi Nilai Indeks Bahaya <i>Rip Current</i> .....	27
6. Data Kunjungan Wisata 2015 - 2018 .....	30
7. Data Citra Lokasi .....	31
8. Hasil Pengolahan Data untuk Menentukan Tipe Pantai .....	40
9. Hasil Akhir Penilaian Indeks Tipe Pantai.....	41
10. Karakteristik <i>Rip Current</i> .....	44
11. Hasil Akhir Penilaian Indeks Faktor Gelombang .....	44
12. Penjumlahan Nilai Indeks Bahaya <i>Rip Current</i> .....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagian <i>Rip Current</i> .....	5
2. Tipe Pantai .....	7
3. <i>Sandbar</i> .....	8
4. Peta Lokasi Penelitian .....	13
5. Diagram Alir Penelitian .....	15
6. Peta Lokasi Stasiun Pengambilan Data Lapang .....	17
7. Ilustrasi Pengukuran Kemiringan Pantai .....	18
8. <i>Slope Break</i> .....	18
9. Alur Identifikasi Bahaya <i>Rip Current</i> .....	21
10. Penilaian Indeks Bahaya <i>Rip Current</i> (Morfologi Pantai).....	22
11. Penilaian Indeks Bahaya <i>Rip Current</i> (Faktor Gelombang).....	25
12. Identifikasi Faktor Pasang Surut .....	28
13. Tanda Larangan Berenang .....	31
14. Peta Zona <i>Rip Current</i> Tanggal 11 Juni 2009 .....	32
15. Peta Zona <i>Rip Current</i> Tanggal 4 Juni 2012 .....	33
16. Peta Zona <i>Rip Current</i> Tanggal 10 Mei 2014 .....	33
17. Peta Zona <i>Rip Current</i> Tanggal 24 April 2016.....	34
18. Peta Zona <i>Rip Current</i> Tanggal 26 Mei 2016.....	34
19. Peta Zona <i>Rip Current</i> Tanggal 28 Oktober 2016 .....	35
20. Hasil <i>Overlay</i> Beberapa Peta Citra Google Earth Pro .....	35
21. Lokasi <i>Rip Current</i> di Depan <i>Tower</i> Listrik .....	36
22. Indikasi <i>Rip Current</i> .....	36
23. Tidak Ditemukan Indikasi <i>Rip Current</i> di Bagian Pantai Lainnya .....	37
24. Tidak Ditemukan Indikasi <i>Rip Current</i> di Bagian Pantai Lainnya .....	37
25. Hasil Foto Udara dengan UAV .....	38
26. Zona Bahaya <i>Rip Current</i> .....	39
27. <i>Slope Break</i> Pantai Balekambang-Regent .....	41
28. Penampakan Batu Karang saat Air Laut Surut.....	42
29. Peta Tinggi Gelombang .....	42
30. Peta Periode Gelombang.....	43
31. Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Mei 2019 .....	45
32. Peta Zona Rekomendasi Wisata.....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kondisi Umum Lokasi Penelitian.....	53
2. Pengamatan Lapang.....	54
3. Hasil Pengolahan Data Kemiringan Pantai .....	56
4. Hasil Pengolahan Data Gelombang .....	57
5. Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian .....	61
6. Perhitungan Tipe Pasang Surut.....	65



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Arus adalah gerakan mengalir suatu massa air yang disebabkan oleh berbagai faktor yang meliputi tiupan angin, perbedaan densitas, atau pergerakan gelombang panjang yang ada di lautan. Arus laut banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan yang menunjang kehidupan manusia khususnya dalam kelautan (Daruwedho *et al.*, 2016). Arus laut memiliki dampak yang positif bagi dunia kelautan, akan tetapi bagi wisatawan pantai, arus memiliki dampak negatif yang biasa dikenal dengan *rip current*.

*Rip current* adalah arus yang bergerak dari pantai menuju ke laut yang dapat terjadi setiap hari. *Rip current* memiliki kondisi bervariasi mulai dari yang kecil, pelan, dan tidak berbahaya, sampai arus yang dapat menyeret orang ke tengah laut dan dibangun oleh hubungan antara gelombang yang datang menuju pantai dan kondisi morfologi pantai (NOAA, 2005). *Rip current* umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gelombang, geomorfologi pantai, maupun kemiringan pantai yang berkolaborasi dalam membentuk sebuah arus ganas di wilayah pantai.

*Rip current* merupakan fenomena yang populer di wilayah pantai selatan Jawa sekaligus menjadi hal yang menakutkan bagi para wisatawan pantai dibuktikan dengan banyaknya korban dari keganasan *rip current*. Setiap lokasi pantai selatan Jawa, hampir seluruhnya terdapat *rip current* karena wilayah selatan Jawa yang langsung berbatasan dengan laut lepas dan identik dengan angin kencang.

Malang Selatan merupakan wilayah yang cukup populer bagi kalangan wisatawan dari berbagai daerah. Malang Selatan menyimpan banyak tempat-tempat wisata khususnya pantai dimana jumlah wisatawannya tidak sedikit.

Semakin banyak jumlah wisatawan yang mengunjungi pantai, maka semakin besar juga peluang terjadinya kecelakaan laut khususnya yang disebabkan oleh *rip current*. Panguruan *et al.* (2015) menyatakan bahwa, semakin tinggi minat wisatawan pantai, maka resiko kecelakaan pantai semakin tinggi.

Beberapa titik di pantai Malang Selatan sudah dipasang bendera sebagai peringatan dini akan *rip current*, akan tetapi wisatawan pantai sering menghiraukan bendera tersebut. Kurangnya pengetahuan wisatawan akan *rip current* juga menjadi faktor yang mempengaruhi potensi kecelakaan pantai. Hal ini menjadi masalah yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan dengan keselamatan wisatawan pantai.

Pantai Balekambang-Regent merupakan pantai populer di wilayah Malang Selatan dengan jumlah wisatawan terbanyak (masing-masing 615.967 dan 580.483 orang) pada tahun 2018 merujuk pada data Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Malang (2019). Pantai Balekambang-Regent pernah menelan korban pada tahun 2017 karena terseret *rip current* berdasarkan informasi dari Palang Merah Indonesia (PMI) Kabupaten Malang. Penulis memilih wilayah Pantai Balekambang-Regent sebagai lokasi penelitian karena jumlah wisatawan yang banyak patut menjadi perhatian jika dikaitkan dengan kecelakaan pantai.

Penelitian mengenai *rip current* memang sudah pernah dilakukan di beberapa pantai di Indonesia khususnya di pantai selatan. Penelitian terkait fenomena *rip current* di wilayah pantai Malang Selatan khususnya wilayah Pantai Balekambang-Regent masih belum dikembangkan. Penelitian yang mengidentifikasi zona dan bahaya *rip current* di wilayah Pantai Balekambang-Regent, diharapkan dapat menjadi rekomendasi terkait keselamatan berwisata.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Dimana saja zona bahaya *rip current* di wilayah Pantai Balekambang-Regent?
2. Bagaimana bahaya *rip current* di wilayah Pantai Balekambang-Regent?
3. Apa rekomendasi yang dapat diberikan terkait keselamatan berwisata di wilayah Pantai Balekambang-Regent?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengidentifikasi zona bahaya *rip current* di wilayah Pantai Balekambang-Regent.
2. Mengetahui bahaya *rip current* di wilayah Pantai Balekambang-Regent.
3. Memberikan rekomendasi terkait keselamatan berwisata di wilayah Pantai Balekambang-Regent.

## 1.4 Kegunaan

Penelitian ini diharapkan memiliki kegunaan diantaranya dapat menjadi rekomendasi keselamatan dalam berwisata bagi wisatawan maupun pihak pengelola pantai di Pantai Balekambang-Regent. Penulis berharap agar rekomendasi keselamatan dalam berwisata ini dapat meminimalisir risiko *rip current*. Penelitian ini diharapkan juga memiliki kegunaan bagi peneliti lain atau mahasiswa yang tertarik mempelajari oseanografi khususnya *rip current* secara mendalam.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian *Rip Current*

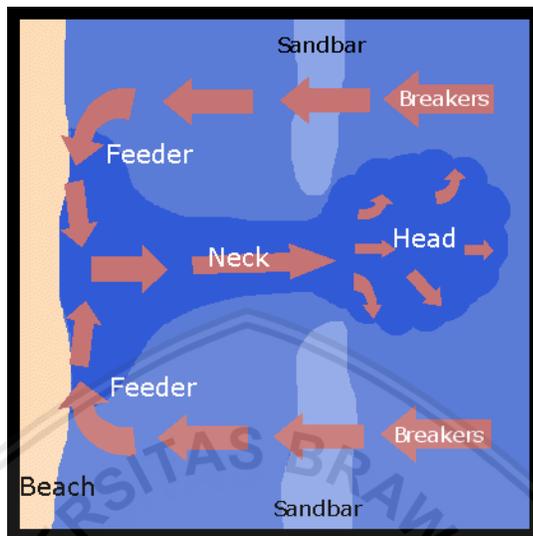
*Rip current* adalah hasil dari interaksi kompleks antara gelombang, arus, ketinggian air dan batimetri dekat pantai. Sistem *rip current* yaitu adanya gerakan air di sepanjang pantai dan lintas pantai (*onshore / offshore*). Sirkulasi dekat pantai dapat berkembang ketika gelombang pecah dengan kuat di beberapa lokasi dan lemah di tempat lain. Pola pemecah gelombang yang lebih lemah dan kuat ini sering terlihat di pantai berpasir dan saluran di zona dekat pantai. *Rip current* terbentuk sebagai bagian yang sempit dan bergerak cepat dalam perjalanan ke arah lepas pantai (NOAA, 2015).

*Rip current* adalah arus yang mengarah ke arah laut yang sempit dan terkonsentrasi memanjang dari dekat garis pantai, melewati zona selancar, dan memiliki jarak yang bervariasi. *Rip current* biasanya terdapat pada pantai yang terpapar gelombang. *Rip current* dianggap sebagai aliran air pada jalur sempit yang meluas dan keluar dari zona selancar pada kecepatan yang cukup tinggi sampai menembus gelombang pecah yang datang (Castelle *et al.*, 2016).

### 2.2 Proses dan Karakteristik Umum *Rip Current*

*Rip current* pada dasarnya adalah sistem alami yang kompleks yang dapat ditemukan di pantai planar dengan morfologi tiga dimensi sepanjang pantai. *Rip current* menempati saluran yang lebih dalam atau aliran yang berbeda dalam kaitannya terhadap struktur keras. *Rip current* bersifat sementara atau persisten dalam kejadian dan lokasi. Hal ini menunjukkan aliran rata-rata dan tidak stabil yang bervariasi tergantung pada sudut datang gelombang, akan tetapi dapat dibatasi dalam zona selancar atau meluas melampaui *breaker*. Variabilitas dalam tipe *rip current* secara mendasar ditentukan oleh berbagai

mekanisme fisik, kontrol, dan hubungan timbal balik dalam sebuah sistem yang saling mempengaruhi untuk menghasilkan aliran lepas pantai terkonsentrasi di zona selancar (Castelle *et al.*, 2016).



Gambar 1. Bagian *Rip Current*

(Sumber: WHQR, 2019)

*Rip current* terdiri dari beberapa bagian, yaitu: arus pengisi, leher arus dan kepala arus (Gambar 1). Arus pengumpul tersusun atas beberapa arus sepanjang pantai yang merupakan hasil pantulan gelombang yang bertemu, berkumpul, dan berbelok arah ke tengah laut. Leher *rip current* merupakan sebuah jalur arus yang relatif sempit. Arus di bagian ini mengalir dengan sangat deras dan kuat menuju ke tengah laut. Bagian leher arus ini dapat mengalahkan gelombang yang datang sehingga jalur gelombang terputus. Kepala *rip current* adalah bagian ujung dari *rip current* yang arah arusnya melebar karena kekuatan arus yang cenderung kekuatannya menjadi lemah (Anam, 2015).

### 2.3 Identifikasi Zona *Rip Current*

Pembagian zona dapat dilakukan dengan menggunakan foto udara yang diperoleh dari berbagai sumber seperti Google Earth. Pengidentifikasi pola *rip*

*current* selanjutnya dilakukan dengan menggunakan foto udara tersebut beserta dengan morfologi *beach cusp*. Pengklasifikasian zona potensi *rip current* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Pemetaan potensi *rip current* dapat dihasilkan berupa persentase (Khoirunnisa *et al.*, 2013).

Citra yang dapat digunakan untuk identifikasi *rip current* dapat diperoleh dari citra Landsat. Proses ini dilakukan dengan penerjemahan objek-objek pada citra dengan menggunakan parameter seperti warna, rona, bentuk, pola, dan seterusnya. Indikasi kehadiran *rip current* pada citra satelit dapat terlihat secara jelas tergantung dari tingkat resolusi citra yang digunakan. Pantai berteluk biasanya terdapat indikasi terjadinya fenomena *rip current* (Anam, 2015).

#### **2.4 Faktor Terjadinya Rip Current**

Lokasi kemunculan *rip current*/ arus retas di pantai ditentukan oleh kondisi batimetri, gelombang dan morfologi pantai. Teluk menjadi tempat pertemuan dua arus sepanjang pantai sehingga berpotensi terbentuk arus retas. Arah arus retas selalu berubah dan tidak menentu karena turut dipengaruhi oleh kondisi morfologi pantai dan kondisi gelombang (Tyas dan Dibyosaputro, 2012),

Menurut Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013), *rip current* terbentuk pada pantai dengan variasi jumlah gelombang yang memecah pantai. Gosong pasir atau *sandbar* merupakan penyebab umum *rip current* yang mempengaruhi variasi kedalaman air dan gelombang pecah sepanjang pantai. *Rip current* umumnya dapat ditemukan pada pantai berpasir yang memiliki gosong pasir dengan saluran dalam (*rip channel*) yang disebut topografi/morfologi *rip*.

## 2.4.1 Morfologi Pantai

### 2.4.1.1 Tipe Pantai

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *rip current*, salah satunya adalah tipe pantai atau bentuk pantai. University of Delaware Sea Grant (2019) menyatakan bahwa, bentuk garis pantai dan dasar dekat pantai (batimetri) dapat mempengaruhi perkembangan *rip current*. *Rip current* dapat ditemukan di antara *cusp* tepatnya pada daerah dimana garis pantai dicirikan oleh fitur *cusplate* (yaitu garis pantai "bergigi").



Gambar 2. Tipe Pantai

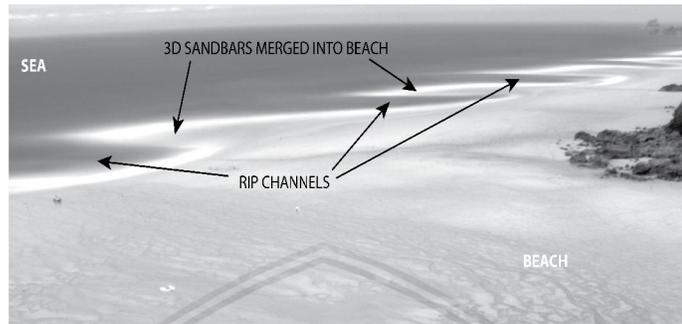
(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

Tipe pantai (Gambar 2) menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya *rip current* yang dikendalikan oleh gelombang lokal dan kondisi pasang surut, serta ukuran sedimen dan geologi lokal. Menurut Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013), *rip current* dihasilkan oleh ombak yang memecah pantai dengan pola *sandbar* kompleks yang selanjutnya dikenal dengan morfologi *rip* pada sebagian besar pantai berpasir. Jenis morfologi *rip* terjadi pada bagian tertentu dari tipe pantai *intermediate* (dinamis dan dapat berubah sesuai musim) yang diidentifikasi oleh kemiringan pantai sedang, keberadaan *sandbar*, dan saluran *rip*.

### 2.4.1.2 Sandbar

*Sandbar* merupakan sebuah gundukan pasir yang terdapat di dasar lautan. *Sandbar* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya *rip*

*current* di pantai. *Rip current* dapat terjadi pada lokasi atau celah pada *sandbar*. *Rip current* biasanya mengalir dengan kecepatan yang tinggi melalui celah tersebut menuju ke arah lautan. Saluran-saluran di *sandbar* terletak tidak jauh dari pantai (Melina, 2017).



Gambar 3. *Sandbar*

(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

*Sandbar* (Gambar 3) merupakan faktor yang turut menjadi kontrol atas bentuk dan lokasi *rip current* di pantai. Menurut Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013), *rip current* biasa ditemukan di pantai *intermediate* dengan kehadiran *sandbar*. Tipe *sandbar* berubah secara musiman dengan perubahan iklim gelombang. Sistem *sandbar* berkembang dengan baik saat kondisi air laut surut yang dimana menjadi saat paling berbahaya dan menyebabkan terjadinya *rip current*.

#### 2.4.2 Gelombang

Salah satu faktor yang turut berpengaruh terhadap *rip current* adalah gelombang. Perubahan tinggi gelombang yang cepat ketika *swell* (gelombang laut dengan periode panjang) berputar dalam skala besar dapat memicu *rip current*. Gelombang pecah saat memasuki pantai menjadi kunci utama bagi seluruh kejadian *rip current* karena jika tidak ada gelombang pecah, maka tidak ada *rip current* (Melina, 2017).

Menurut Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013), bahaya *rip current* pantai dipengaruhi oleh kombinasi pola sirkulasi *rip* dan kecepatan aliran *rip*. Kecepatan aliran *rip current* meningkat dengan tinggi sampai bagian gelombang pecah di bagian kepala *rip current*. Kecepatan aliran *rip current* pantai bisa tetap tinggi bahkan saat gelombang yang relatif kecil (ketinggian gelombang signifikan sekitar 1 meter).

#### 2.4.2.1 Faktor Musim

Tinggi gelombang dipengaruhi oleh tekanan angin di permukaan laut. Pola angin cenderung mengikuti pergerakan musonal (berarah barat laut – tenggara dan sebaliknya) disebut angin musiman. Menurut Nontji (2005), pada periode Mei – Oktober angin bertiup berarah tenggara ke barat laut dan mencapai puncaknya pada bulan Juni – Agustus (musim timur). Sebaliknya pada periode November – April, pergerakan angin berasal dari barat laut ke tenggara, mencapai puncaknya pada bulan Desember – Februari (musim barat). Bulan Maret – Mei dan September – November disebut musim peralihan I dan musim peralihan II dimana angin musim sebelumnya masih berpengaruh kuat dan bertiup tidak menentu.

Fenomena gelombang di laut turut dipengaruhi karena adanya angin pada setiap musim. Musim dibagi menjadi empat yaitu musim barat, musim peralihan I, musim timur, dan musim peralihan II. Angin musim barat terjadi pada bulan Desember – Februari. Angin musim peralihan I terjadi pada bulan Maret – Mei. Angin musim timur terjadi pada bulan Juni – Agustus. Angin musim peralihan II terjadi pada bulan September – November (Satriadi, 2017).

### 2.4.3 Pasang Surut

Pasang surut bukanlah faktor utama yang menyebabkan *rip current*, akan tetapi level air (ketinggian pasang surut) mungkin memiliki dampak bagi kecepatan *rip current*. University of Delaware Sea Grant (2019) menyatakan, level air tidak hanya berpengaruh pada kecepatan saja, tetapi juga berdampak bagi kekuatan *rip current*. Kecepatan *rip current* umumnya akan meningkat jika level air menurun.

Pasang surut merupakan faktor tambahan yang mengendalikan kejadian *rip current*. Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) menyatakan, pasang surut mengontrol jumlah gelombang yang menembus *sandbar* (morfologi *rip*). Kecepatan aliran *rip current* sering meningkat pada keadaan level air rendah ketika ombak memecah *sandbar*. *Rip current* dapat menjadi sesuatu yang “mematikan” di pantai yang tingkat pasang surutnya relatif besar.

#### 2.4.3.1 Macam Pasang Surut

Pasang surut turut dipengaruhi oleh siklus bulan, dimana macam pasang surut dibagi menjadi dua yaitu pasang purnama dan pasang perbani. Menurut Fujaya dan Alam (2012), pasang purnama adalah kondisi terjadinya pasang naik dan pasang surut tertinggi. Pada pasang purnama, posisi bumi-bulan-matahari berada pada satu garis sehingga kekuatan gaya tarik bulan dan matahari menjadi satu yang menarik bumi. Pasang perbani merupakan kondisi terjadinya pasang naik dan pasang surut terendah. Pasang perbani terjadi pada tanggal 7 dan 21 berdasarkan kalender bulan. Pada pasang perbani, posisi matahari-bulan-bumi membentuk sudut  $90^\circ$ .

Kondisi pasang surut dapat dibagi menjadi dua yaitu ketika kondisi ketinggian air maksimum dan minimum. Ketinggian air maksimum terjadi ketika

titik-titik pusat bumi, bulan, dan matahari berada dalam satu garis lurus. Kondisi ketinggian air maksimum biasa dikenal dengan pasang purnama. Ketinggian air minimum terjadi ketika garis hubung titik-titik pusat bumi dan matahari tegak lurus dengan garis hubung titik-titik pusat bumi dan bulan. Kondisi ketinggian air minimum biasa dikenal dengan pasang perbani (Nugroho, 2015).

#### 2.4.3.2 Tipe Pasang Surut

Pasang surut memiliki tiga tipe pasang surut yang dibedakan berdasarkan frekuensinya. Fujaya dan Alam (2012) menyatakan bahwa, tipe pertama yaitu pasang surut diurnal dimana terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari. Tipe tersebut biasanya terjadi di sekitar laut khatulistiwa. Tipe kedua yaitu pasang surut semi diurnal dimana terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama. Tipe ketiga yaitu pasang surut campuran yang merupakan gabungan dari tipe diurnal dan semi diurnal.

Pada umumnya sifat pasang surut (pasut) di suatu perairan dapat ditentukan menggunakan perbandingan amplitudo unsur-unsur pasang surut tunggal dan pasang surut ganda menggunakan bilangan *formzahl*. Menurut Nugroho (2015), Rumus bilangan *formzahl* ditampilkan sebagai berikut.

$$F=(O1+K1) / (M2+S2)$$

Dimana:

F = Bilangan *formzahl*

O1 = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

K1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

M2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

$S_2$  = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Berdasarkan nilai  $F$  tersebut, maka dapat diklasifikasikan tipe pasang surut sebagai berikut.

1.  $0 < F \leq 0,25$ : Pasang Ganda Murni
2.  $0,25 < F \leq 1,5$ : Pasang Campuran Ganda
3.  $1,5 < F \leq 3$ : Pasang Campuran Tunggal
4.  $F > 3$ : Pasang Tunggal Murni

## 2.5 Dampak *Rip Current* Terhadap Wisatawan

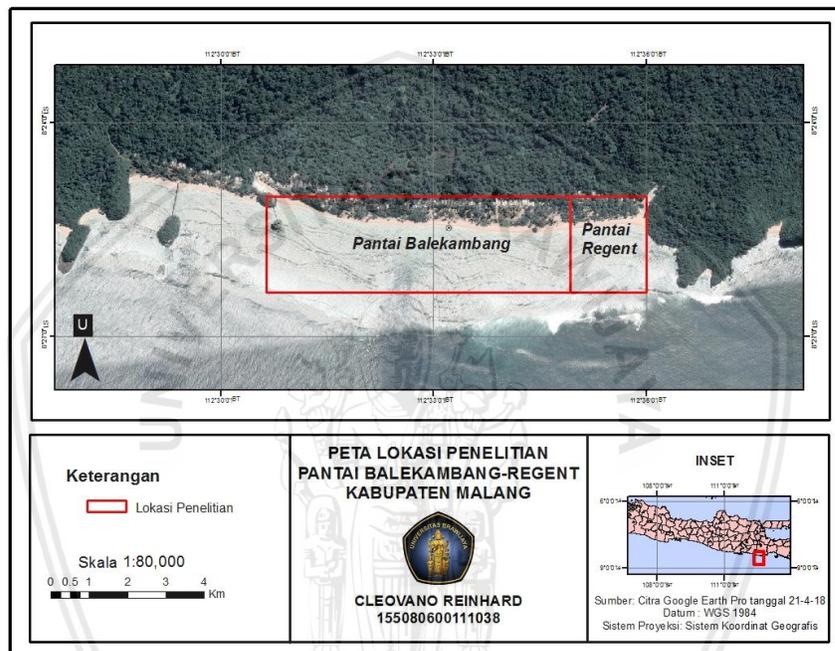
Kasus kecelakaan yang terjadi di pantai dapat diakibatkan oleh pengawasan yang lemah maupun fasilitas pengawasan yang kurang memadai. Wisatawan atau masyarakat yang kurang paham mengenai karakteristik dan bahaya pantai khususnya *rip current* menjadi salah satu faktor dari timbulnya sejumlah korban yang terseret arus. Pengetahuan untuk menghadapi *rip current* juga belum dimiliki oleh seluruh wisatawan (Khoirunnisa *et al.*, 2013).

Kecelakaan yang sering terjadi di pantai adalah terseretnya wisatawan ke laut lepas oleh tarikan dari pergerakan massa air yang kembali ke laut dan dikenal sebagai *rip current*. Bagian diantara hampasan gelombang sampai tepian pantai merupakan tempat yang menarik bagi para wisatawan untuk bermain atau berenang di pantai. Terjadinya kecelakaan atau bencana di pantai biasanya diakibatkan oleh lemahnya keamanan pantai dan tidak adanya peringatan dini bagi para wisatawan di pantai (Panguruan *et al.*, 2015).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Mei 2019 di wilayah Pantai Balekambang-Regent yang secara administratif terletak di Desa Srigonco, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang, Jawa Timur seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	Perangkat Lunak Microsoft Excel 2016	Untuk mengolah data hasil pengambilan data
2.	Perangkat Lunak Google Earth Pro	Untuk menyediakan citra yang membantu identifikasi zona <i>rip current</i>
3.	Perangkat Lunak ArcGIS 10.3	Untuk membuat peta yang digunakan dalam penelitian
4.	Program Tidal Model Driver (TMD) Matlab R2015a	Untuk memprediksi pasang surut dan menganalisis komponen harmonik
5.	Perangkat Lunak Agisoft PhotoScan Professional	Untuk mengolah hasil foto udara
5.	Perangkat Lunak GPS Test Plus	Untuk membantu <i>tracking</i> stasiun pengukuran
6.	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) jenis <i>quadcopter</i> tipe DJI Phantom 4 dan DJI Mavic Pro	Untuk melakukan foto dan video udara di lokasi penelitian
7.	Tongkat Skala 2 m	Untuk membantu mengukur kemiringan pantai
8.	Tali Tampar 10 m	Untuk membantu mengukur kemiringan pantai

### 3.2.2 Bahan

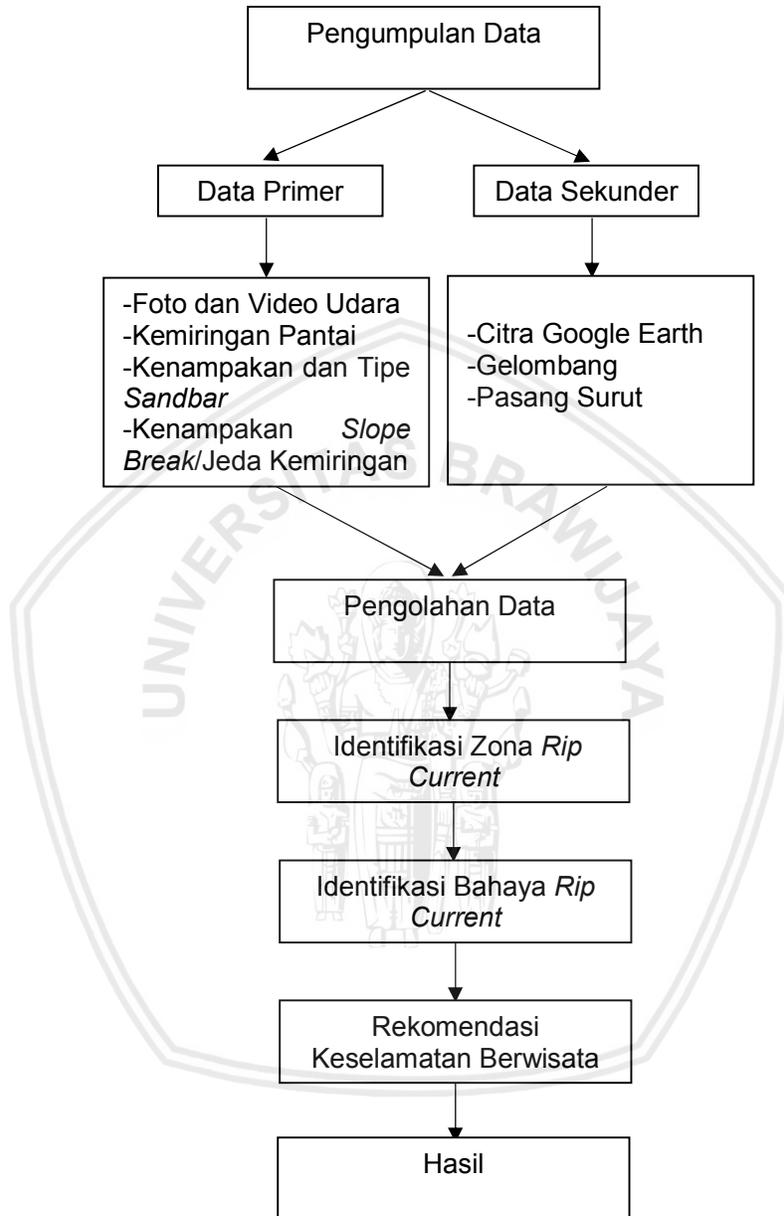
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1.	Foto dan video udara lokasi penelitian	Sebagai bahan untuk validasi zona <i>rip current</i>
2.	Citra lokasi penelitian (multi-temporal) dari perangkat lunak Google Earth Pro	Sebagai citra yang menjadi bahan untuk identifikasi zona <i>rip current</i> dan bahan pembuatan peta dalam penelitian
3.	Data primer kemiringan pantai	Sebagai data yang digunakan dalam menentukan morfologi pantai
4.	Dokumentasi lapang	Sebagai bahan yang digunakan dalam menentukan morfologi pantai
5.	Data tinggi dan periode gelombang tahun 2018 diunduh dari European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)	Sebagai data yang digunakan dalam menentukan faktor gelombang terhadap bahaya <i>rip current</i>
6.	Data pasang surut bulan Mei 2019 dan sesuai waktu citra Google Earth Pro yang didapatkan dari program TMD Matlab R2015a	Sebagai data yang digunakan dalam menentukan faktor pasang surut terhadap bahaya <i>rip current</i>

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian seperti yang ditampilkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu foto dan video udara lokasi penelitian serta morfologi pantai (tipe pantai dan tipe *sandbar*).

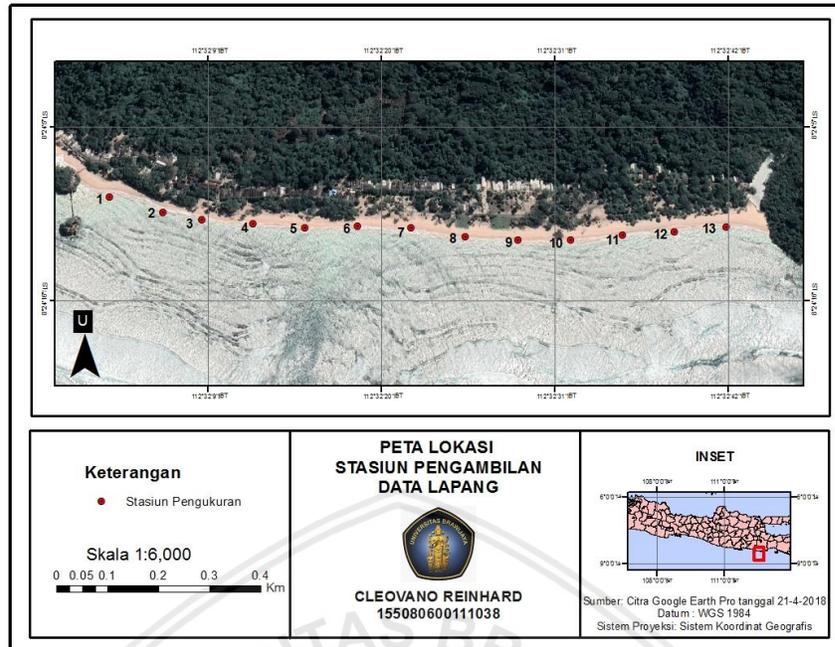
##### 3.4.1.1 Foto dan Video Udara

Foto dan video udara dilakukan dengan tujuan untuk validasi zona *rip current* yang sebelumnya diambil dari data sekunder yaitu citra dari perangkat lunak Google Earth Pro (multi-temporal). Foto udara dilakukan dengan menggunakan UAV tipe DJI Phantom 4. Video udara dilakukan dengan menggunakan UAV tipe DJI Mavic Pro.

##### 3.4.1.2 Morfologi Pantai

Data morfologi pantai terbagi menjadi dua yaitu data tipe pantai dan data tipe *sandbar*. Data tipe pantai didapatkan melalui pengukuran kemiringan pantai, pengamatan kenampakan *sandbar*, dan pengamatan kenampakan *slope break*. Data tipe *sandbar* didapatkan dari pengamatan bentuk *sandbar* setelah diketahui kenampakannya.

Pengumpulan data morfologi pantai diawali dengan penetapan stasiun pengambilan data lapang (Gambar 6). Penetapan tersebut dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu membagi lokasi penelitian menjadi 13 stasiun pengukuran agar mendapatkan hasil yang representatif.



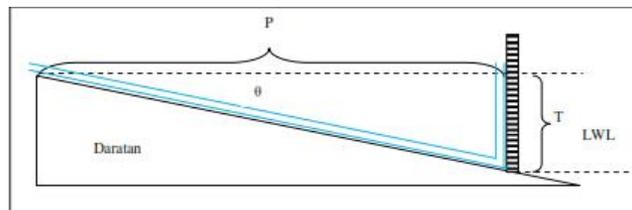
Gambar 6. Peta Lokasi Stasiun Pengambilan Data Lapang

Stasiun pengambilan data lapang beserta koordinatnya ditampilkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Koordinat Stasiun Pengambilan Data Lapang

Stasiun	Lintang(°)	Bujur(°)
1	-8,403055	112,534071
2	-8,043321	112,535095
3	-8,40346	112,535767
4	-8,403528	112,536671
5	-8,403601	112,537567
6	-8,403578	112,538477
7	-8,403556	112,539418
8	-8,403719	112,540354
9	-8,403785	112,541257
10	-8,403796	112,542162
11	-8,403721	112,543061
12	-8,403663	112,543972
13	-8,403607	112,544877

Pengukuran kemiringan pantai dilakukan menggunakan tongkat skala 2 meter dan tali tampar 10 meter pada batas pantai teratas seperti yang ditampilkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi Pengukuran Kemiringan Pantai

(Sumber: Cahyanto *et al.*, 2014)

Rumus yang digunakan untuk mengukur kemiringan pantai (Cahyanto *et al.*, 2014) adalah sebagai berikut:

$$\tan \theta = \frac{T}{P}$$

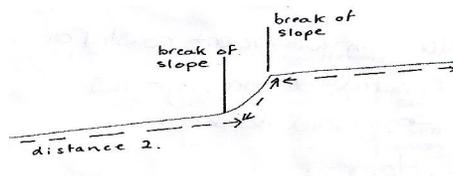
Dimana:

$\theta$  = Sudut kemiringan pantai (°)

T = Tinggi vertikal (m)

P = Panjang horizontal (m)

Pengamatan kenampakan *sandbar* di lokasi penelitian dilakukan saat pantai dalam kondisi surut. Anam (2015) menyatakan bahwa, pengamatan kenampakan *sandbar* dilakukan saat air laut surut, sehingga kenampakan *sandbar* lebih terlihat dan hasil pengamatan tersebut didokumentasikan sebagai bahan pendukung. Cara tersebut juga berlaku dalam menentukan kenampakan tipe *sandbar* di lokasi penelitian. Kenampakan *slope break* (Gambar 8) dapat diketahui dengan mengamati dan mendokumentasikan pantai dari samping.



Gambar 8. *Slope Break*

(Sumber: Samhemphill, 2019)

### 3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi citra lokasi penelitian dari perangkat lunak Google Earth Pro pada lokasi penelitian, data gelombang (periode dan tinggi gelombang), dan data pasang surut. Berikut merupakan cara memperoleh data sekunder:

- a. Data citra lokasi penelitian (multi-temporal) diperoleh dari perangkat lunak Google Earth Pro (sesuai ketersediaan data) yang digunakan sebagai bahan pembuatan peta dalam penelitian dan identifikasi zona *rip current*.
- b. Data gelombang tahun 2018 diunduh dari laman ECMWF yang diakses melalui <http://apps.ecmwf.int/datasets/dta/interim-full-daily>. Data tinggi dan periode gelombang tersebut digunakan dalam menentukan jenis gelombang dengan memetakan tinggi dan periode gelombang pada lokasi penelitian.
- c. Data pasang surut yang dibutuhkan yaitu data pasang surut bulan Mei 2019 dan data pasang surut sesuai waktu citra Google Earth Pro. Data tersebut didapatkan melalui prediksi dan ekstraksi dengan bantuan program TMD Matlab R2015a. Data pasang surut digunakan dalam identifikasi bahaya *rip current* dikaitkan dengan faktor pasang surut dan sebagai pelengkap informasi tambahan pasang surut di lokasi penelitian.

## 3.5 Pengolahan Data

### 3.5.1 Identifikasi Zona *Rip Current*

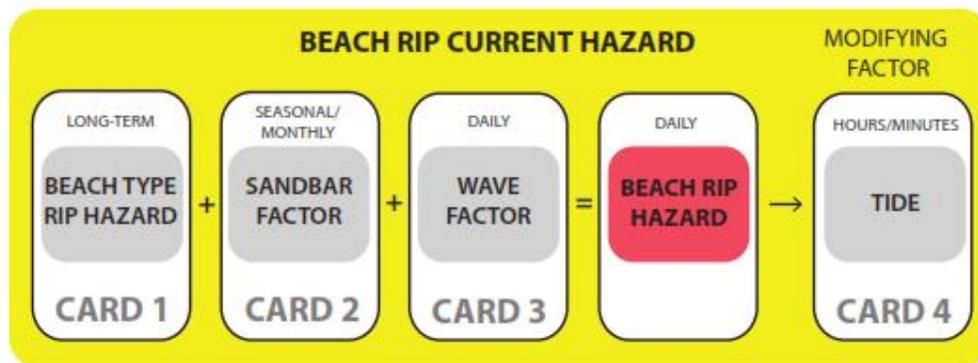
Identifikasi zona *rip current* dilakukan dengan menggunakan citra lokasi penelitian dari perangkat lunak Google Earth Pro dari berbagai waktu ke waktu disesuaikan dengan ketersediaan data. Tujuannya untuk mengamati adanya indikasi kehadiran *rip current* pada lokasi penelitian secara multi-temporal. Menurut Kusmanto dan Setyawan (2013), indikasi kehadiran *rip current* dapat diamati secara visual pada citra dalam bentuk:

1. Perbedaan kenampakan riak-riak di permukaan laut yang memanjang bergerak ke laut
2. Adanya jalur buih yang memanjang ke arah laut
3. Jalur air dengan kekeruhan tinggi yang bergerak ke arah laut
4. Adanya celah pada jalur gelombang pecah di sepanjang pantai

Selain itu, juga diperlukan data tambahan dari setiap citra berdasarkan faktor pasang surutnya dibantu menggunakan program TMD Matlab R2015a. Selanjutnya, dilakukan *overlay* (tumpang susun) dari berbagai citra lokasi yang tersedia pada perangkat lunak Google Earth Pro untuk mengetahui zona *rip current* gabungan dari berbagai waktu. Validasi dilakukan selanjutnya dengan menggunakan UAV untuk melakukan foto udara (ketinggian 100 meter) dan video udara serta mengolah hasil foto udara menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan Professional. Hasil dari validasi tersebut digunakan untuk menentukan zona bahaya *rip current* karena sudah mengetahui kenyataan di lapangan. Pembuatan peta zona bahaya *rip current* menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3.

### **3.5.2 Identifikasi Bahaya *Rip Current***

Tahap identifikasi bahaya *rip current* dalam penelitian ini mengacu pada *Rip Current Hazard Assessment Guide* yang diterbitkan oleh Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) seperti yang ditampilkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Alur Identifikasi Bahaya *Rip Current*

(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

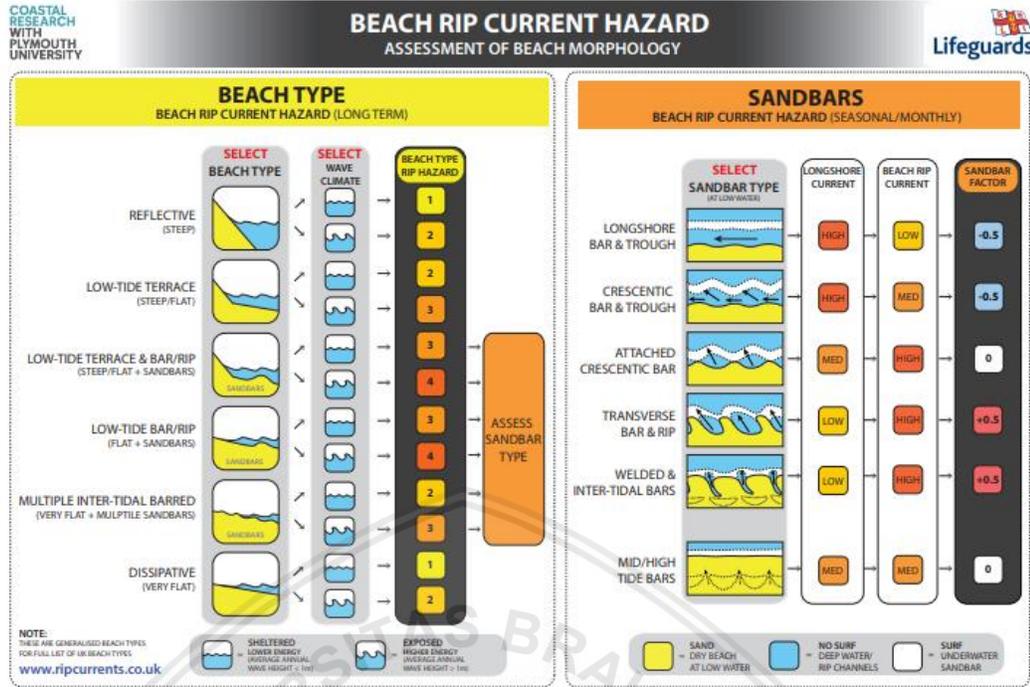
Ada dua tahap utama yang dilakukan dalam identifikasi bahaya *rip current* yaitu:

1. Penilaian indeks bahaya *rip current* berdasarkan morfologi pantai
  - a. tipe pantai
  - b. tipe *sandbar* (jika ada *sandbar*)
2. Penilaian indeks bahaya *rip current* berdasarkan faktor gelombang

Tahap selanjutnya adalah penjumlahan nilai indeks yang sudah didapatkan dari kedua tahap utama. Tahap tambahan yang diperlukan yaitu identifikasi faktor pasang surut yang mempertimbangkan pergerakan level air mempengaruhi bahaya *rip current* secara harian.

### 3.5.2.1 Penilaian Indeks Bahaya *Rip Current* berdasarkan Morfologi Pantai

Tahap pertama dalam identifikasi bahaya *rip current* yaitu penilaian indeks bahaya *rip current* berdasarkan morfologi pantai melalui indeks tipe pantai dan tipe *sandbar* seperti yang ditampilkan Gambar 10.



Gambar 10. Penilaian Indeks Bahaya *Rip Current* (Morfologi Pantai)

(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

### 3.5.2.1.1 Penilaian Indeks Tipe Pantai

Tahap dalam penilaian indeks tipe pantai dapat dilihat pada Gambar 10. Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan tipe pantai lokasi penelitian. Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) membagi tipe pantai menjadi 6 yaitu:

1. *Reflective (No Sandbars)* (tipe pantai yang sempit dan curam)
2. *Low-Tide Terrace (No Sandbars)* (tipe pantai yang tidak terlalu curam)
3. *Low-Tide Terrace + Bar (Rip) (Sandbars)* (tipe pantai yang tidak terlalu curam dengan *sandbar*)
4. *Low-Tide Bar/Rip (Sandbars)* (tipe pantai yang cenderung rata dengan *sandbar*)

5. *Multiple Inter-Tidal Barred (Sandbars)* (tipe pantai yang sangat dengan banyak *sandbar*)

6. *Dissipative (No Sandbars)* (tipe pantai yang lebar dan rata)

Penentuan tipe pantai dapat dibantu dengan menggunakan Tabel 4.

Tabel 4. Alat Bantu Penentuan Tipe Pantai

<b>Tipe</b>	<b>Reflective</b>	<b>Low-tide terrace</b>	<b>Low-tide terrace dan bar</b>	<b>Low-tide Bar</b>	<b>Multiple inter-tidal barred</b>	<b>Dissipative</b>
<b>Indikator</b>						
<b>Kemiringan pantai</b>	3-10 <sup>0</sup>	3-10 <sup>0</sup>	3-10 <sup>0</sup>	1-2 <sup>0</sup>	0,5-1,5 <sup>0</sup>	1-2 <sup>0</sup>
<b>Kenampakan sandbar</b>	Tidak ada	Tidak ada	Ada (tunggal)	Ada (tunggal)	Ada (ganda)	Tidak ada
<b>Kenampakan slope break</b>	Tidak ada	Ada	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

Jika dari hasil pengamatan tersebut diketahui ada kenampakan *sandbar*, maka dapat dilanjutkan pada tahap penilaian indeks *sandbar*. Akan tetapi, jika tidak ada kenampakan *sandbar*, maka langsung melakukan penilaian indeks bahaya *rip current* berdasarkan faktor gelombang.

Tahap kedua yang dilakukan adalah menentukan iklim gelombang lokasi penelitian. Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) membagi iklim gelombang menjadi dua yaitu:

1. *Sheltered* (Energi rendah dimana rata-rata tinggi gelombang tahunan kurang dari satu meter)
2. *Exposed* (Energi tinggi dimana rata-rata tinggi gelombang tahunan lebih dari satu meter)

Hasil penilaian indeks tipe pantai berupa nilai yang berkisar antara 1 – 4. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan tipe pantai dan iklim gelombang lokasi penelitian yang telah diketahui. Nilai indeks tipe pantai digunakan dalam penjumlahan nilai indeks bahaya *rip current* di tahap selanjutnya.

### 3.5.2.1.2 Penilaian Indeks Tipe *Sandbar*

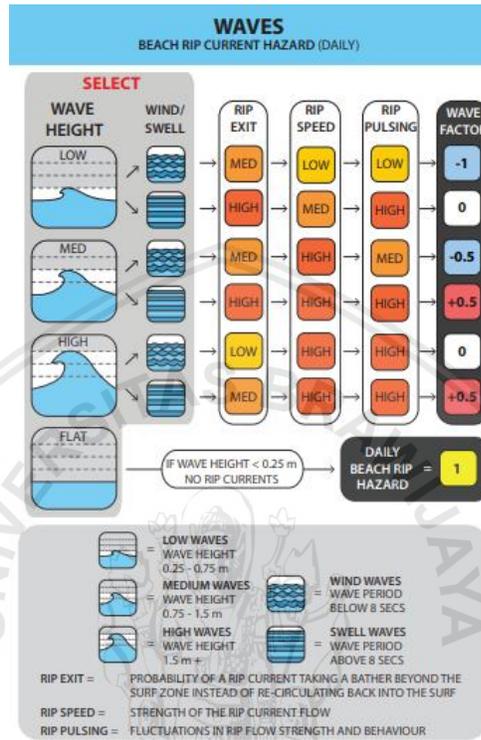
Tahap dalam penilaian indeks tipe *sandbar* dapat dilihat pada Gambar 10. Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan tipe *sandbar* lokasi penelitian. Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) membagi tipe *sandbar* menjadi 6 yaitu:

1. *Longshore Bar dan Trough* (bentuk *sandbar* dan garis pantai cenderung sejajar)
2. *Crescentic Bar dan Trough* (bentuk *sandbar* cenderung melengkung dan garis pantai sejajar)
3. *Attached Crescentic Bar* (bagian lembah *sandbar* dan puncak garis pantai bersentuhan)
4. *Transverse Bar dan Rip* (bentuk garis pantai melintang dan terdapat celah luas antar puncak garis pantai)
5. *Welded dan Inter-Tidal Bars* (bentuk garis pantai melintang dan terdapat celah sempit antar puncak garis pantai)
6. *Mid/High Tide Bars* (bentuk *sandbar* dan garis pantai menempel sejajar)

Intensitas *longshore current* dan *rip current* yang dibagi menjadi tinggi, sedang, dan rendah selanjutnya dapat diketahui berdasarkan tipe *sandbar* lokasi penelitian yang sudah diketahui. Hasil penilaian indeks tipe *sandbar* berupa nilai diantaranya yaitu -0,5; 0; dan +0,5. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan tipe *sandbar* serta intensitas *longshore current* dan *rip current* yang telah diketahui. Nilai indeks tipe *sandbar* digunakan dalam penjumlahan nilai indeks bahaya *rip current* di tahap selanjutnya.

### 3.5.2.2 Indeks Bahaya *Rip Current* Berdasarkan Faktor Gelombang

Tahap kedua dalam identifikasi bahaya *rip current* yaitu menentukan nilai indeks bahaya *rip current* berdasarkan faktor gelombang seperti yang ditampilkan oleh Gambar 11.



Gambar 11. Penilaian Indeks Bahaya *Rip Current* (Faktor Gelombang)

(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

Tahap pertama yang dilakukan adalah mengolah data gelombang untuk menentukan rata-rata tinggi dan periode gelombang di lokasi penelitian pada tahun 2018. Pengolahan data gelombang menggunakan data tinggi dan periode gelombang signifikan tahun 2018 di sekitar lokasi penelitian yang diunduh dari ECMWF. Pengolahan data gelombang dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2016 dan dilanjutkan dengan pembuatan peta gelombang di sekitar lokasi penelitian berdasarkan rata-rata tinggi dan periode gelombang pada tahun 2018 menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3.

Tahap kedua yang dilakukan adalah menggunakan peta gelombang yang sudah diketahui nilai rata-rata tinggi dan periode gelombang tersebut digunakan untuk menentukan jenis gelombang berdasarkan tinggi gelombang dan periode gelombang yang mengacu pada Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) yaitu:

Berdasarkan tinggi gelombang:

1. *Flat* = tinggi gelombang  $<0,25$  meter
2. *Low Waves* = tinggi gelombang  $0,25-0,75$  meter
3. *Medium Waves* = tinggi gelombang  $0,75-1,5$  meter
4. *High Waves* = tinggi gelombang  $>1,5$  meter

Berdasarkan periode gelombang:

1. *Wind Waves* = periode gelombang  $<8$  detik
2. *Swell Waves* = periode gelombang  $>8$  detik

Intensitas dari karakteristik *rip current* selanjutnya dapat diketahui berdasarkan jenis gelombang lokasi penelitian yang telah diketahui. Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) membagi karakteristik tersebut menjadi tiga yaitu:

1. *Rip Exit* yaitu probabilitas *rip current* kembali melampaui *surf zone*
2. *Rip Speed* yaitu kekuatan *rip current*
3. *Rip Pulsing* yaitu fluktuasi kekuatan dan pola *rip current*

Hasil penilaian indeks bahaya *rip current* berdasarkan faktor gelombang berupa nilai diantaranya yaitu  $-1$ ;  $-0,5$ ;  $0$ ; dan  $+0,5$ . Nilai tersebut diperoleh berdasarkan jenis gelombang dan intensitas karakteristik *rip current* yang telah diketahui. Nilai indeks bahaya *rip current* berdasarkan faktor gelombang digunakan dalam penjumlahan nilai indeks bahaya *rip current* di tahap selanjutnya.

### 3.5.2.3 Penjumlahan Nilai Indeks Bahaya *Rip Current*

Tahap penjumlahan nilai indeks bahaya *rip current* dilakukan dengan melakukan penjumlahan nilai indeks morfologi pantai (tipe pantai dan *sandbar*) dan nilai indeks faktor gelombang. Hasilnya berupa nilai indeks bahaya *rip current* yang diklasifikasikan berdasarkan *Rip Current Hazard Assessment Guide* oleh Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

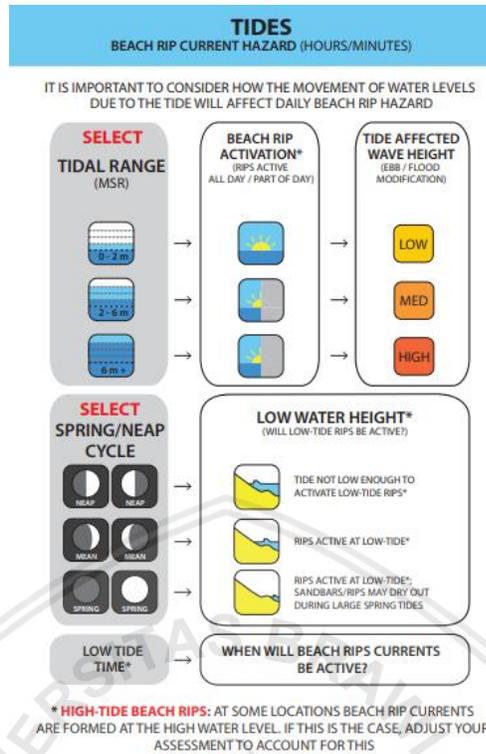
Tabel 5. Klasifikasi Nilai Indeks Bahaya *Rip Current*

Nilai Indeks Bahaya	Keterangan
1	Tidak ada <i>rip current</i>
$H > 1$ dan atau $H = 2$	Rendah
$2 < H < 4$	Sedang
$H = 4$ dan atau $H < 5$	Tinggi
5	Sangat tinggi

Ket: H = Hazard

### 3.5.2.4 Identifikasi Faktor Pasang Surut

Identifikasi faktor pasang surut dilakukan seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Identifikasi Faktor Pasang Surut

(Sumber: Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution, 2013)

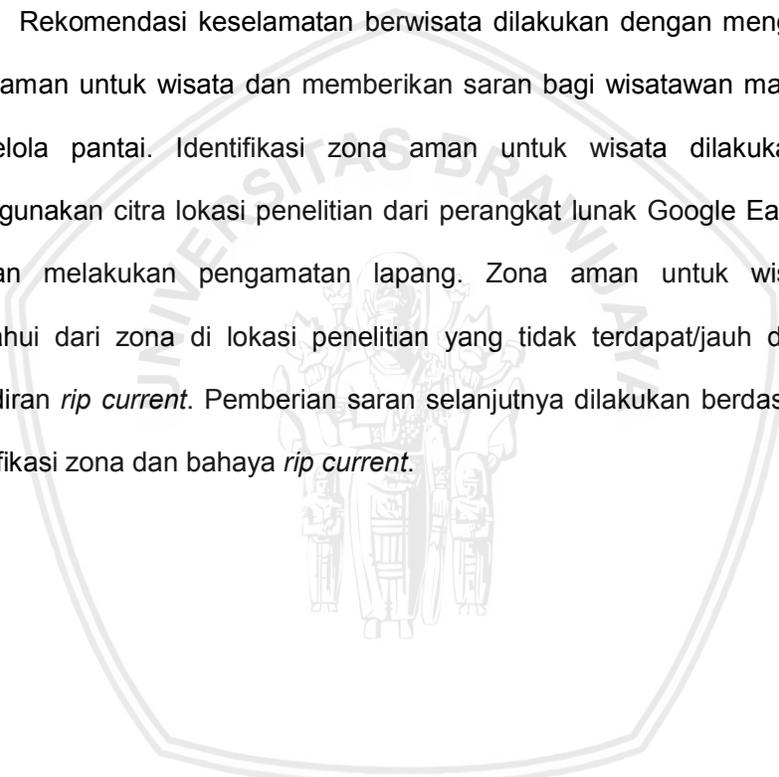
Tahap yang dilakukan adalah prediksi pasang surut bulan Mei 2019 dengan menggunakan program TMD Matlab R2015. Lokasi penelitian merupakan pantai terbuka dan bisa diterapkan menggunakan program TMD dalam mendapatkan data pasang surut. Onny *et al.* (2015) menambahkan bahwa, sebaiknya program TMD diterapkan pada stasiun teluk dan perairan laut terbuka. Hasil prediksi tersebut berupa data nilai elevasi/tinggi muka air laut ( $z$  dalam satuan meter) dalam satu tahun dengan interval satu jam. Nilai *tidal range* selanjutnya didapatkan dari selisih pasang tertinggi dengan surut terendah. Nilai tersebut ditentukan masuk ke dalam salah satu klasifikasi dibawah ini yaitu:

1. 0-2 m
2. 2-6 m
3. 6 m

Waktu aktivasi *rip current* (seharian penuh atau setengah hari) dan tingkat pengaruh pasang surut terhadap tinggi gelombang (tinggi, sedang, atau rendah) selanjutnya dapat diketahui berdasarkan nilai *tidal range* yang telah diketahui. Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013) juga menyajikan informasi tambahan terkait *rip current* dalam hubungannya dengan pasang surut (berdasarkan siklus) di lokasi penelitian.

### 3.5.3 Rekomendasi Keselamatan Berwisata

Rekomendasi keselamatan berwisata dilakukan dengan mengidentifikasi zona aman untuk wisata dan memberikan saran bagi wisatawan maupun pihak pengelola pantai. Identifikasi zona aman untuk wisata dilakukan dengan menggunakan citra lokasi penelitian dari perangkat lunak Google Earth Pro dan dengan melakukan pengamatan lapang. Zona aman untuk wisata dapat diketahui dari zona di lokasi penelitian yang tidak terdapat/jauh dari indikasi kehadiran *rip current*. Pemberian saran selanjutnya dilakukan berdasarkan hasil identifikasi zona dan bahaya *rip current*.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pantai Balekambang-Regent merupakan pantai yang berjarak kurang lebih 61 km dari kota Malang. Aksesnya mudah dan dapat ditempuh melalui kendaraan pribadi. Medan menuju lokasi pun cukup baik dan hanya terdapat beberapa kerusakan. Sebelum wisatawan masuk ke lokasi pantai, terdapat gapura yang menjadi tanda awal memasuki kawasan Pantai Balekambang-Regent (Lampiran 1).

Terdapat beberapa gazebo, penginapan, tempat makan, maupun *spot* foto untuk wisatawan yang sudah disediakan oleh pihak pengelola pantai di lokasi penelitian. Pantai ini memiliki substrat pasir putih dengan gugusan karang yang terlihat menarik saat kondisi air laut surut. Keindahan dan beberapa fasilitas tersebut yang jarang dimiliki oleh pantai wisata lain di Kabupaten Malang, menjadi salah satu faktor yang menarik minat wisatawan untuk berkunjung. Hal ini dibuktikan dengan jumlah wisatawan Pantai Balekambang-Regent yang paling banyak dibandingkan beberapa pantai lainnya di Malang dalam kurun waktu 2015-2018 (Tabel 6).

Tabel 6. Data Kunjungan Wisata 2015 - 2018

Nama Pantai	2015	2016	2017	2018	Total
Regent	0	1.005.970	699.153	580.483	2.285.606
Balekambang	490.368	526.480	540.068	615.967	2.172.883
Gua Cina	0	317.712	191.168	201.882	710.762
Pasir Panjang	0	214.761	108.589	153.091	476.441
Jembatan Panjang	0	22.749	269.707	102.413	394.869

(Sumber: Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Malang, 2019)

Demi menunjang keamanan dan keselamatan wisatawan, tanda larangan berenang sudah dipasang di beberapa titik lokasi penelitian (Gambar 13). Hal yang patut disadari adalah tanda larangan berenang tersebut kurang efektif

dikarenakan tidak adanya penjelasan spesifik mengenai makna dan cakupan tanda larangan berenang tersebut.



Gambar 13. Tanda Larangan Berenang

Pantai ini hanya memiliki satu pos keamanan pantai yang berada di bagian timur pantai (Lampiran 1). Hal ini dapat dibandingkan dengan Pantai Parangtritis di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), dimana pemasangan tanda larangan berenang disertai penjelasan dan memiliki pos keamanan pantai lebih dari satu.

#### 4.2 Zona Rip Current

Berikut merupakan data citra lokasi penelitian yang dikumpulkan dari perangkat lunak Google Earth Pro, ditampilkan melalui Tabel 7.

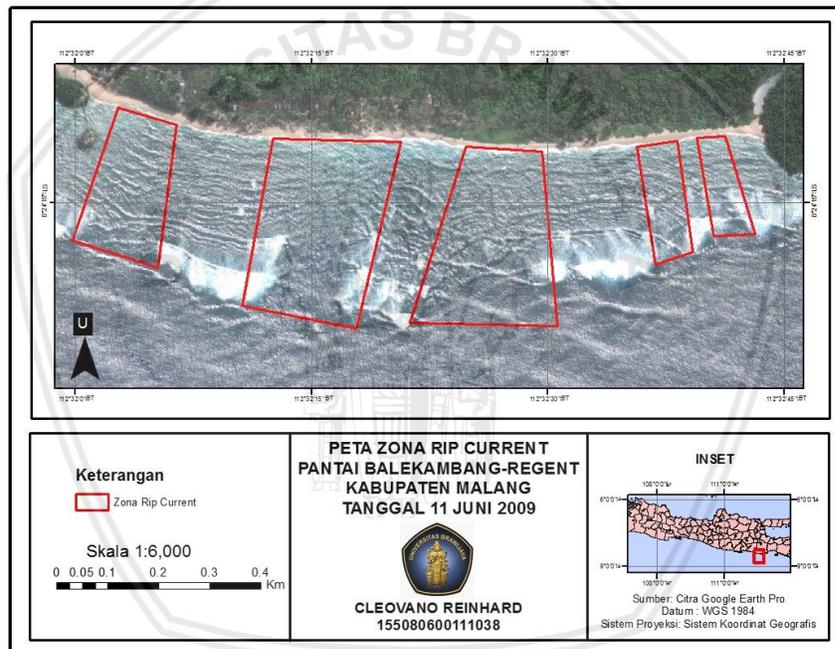
Tabel 7. Data Citra Lokasi

No.	Tanggal	Kondisi Pasut	Jenis Pasut	Tipe Pasut	Musim	Indikasi Rip Current
1.	11 Juni 2009	Pasang	Purnama	Campuran Ganda	Timur	Ada
2.	4 Juni 2012	Pasang	Purnama	Campuran Ganda	Timur	Ada
3.	10 Mei 2014	Pasang	Perbani	Campuran Ganda	Peralihan I	Ada
4.	24 April 2016	Pasang	Purnama	Campuran Ganda	Peralihan I	Ada

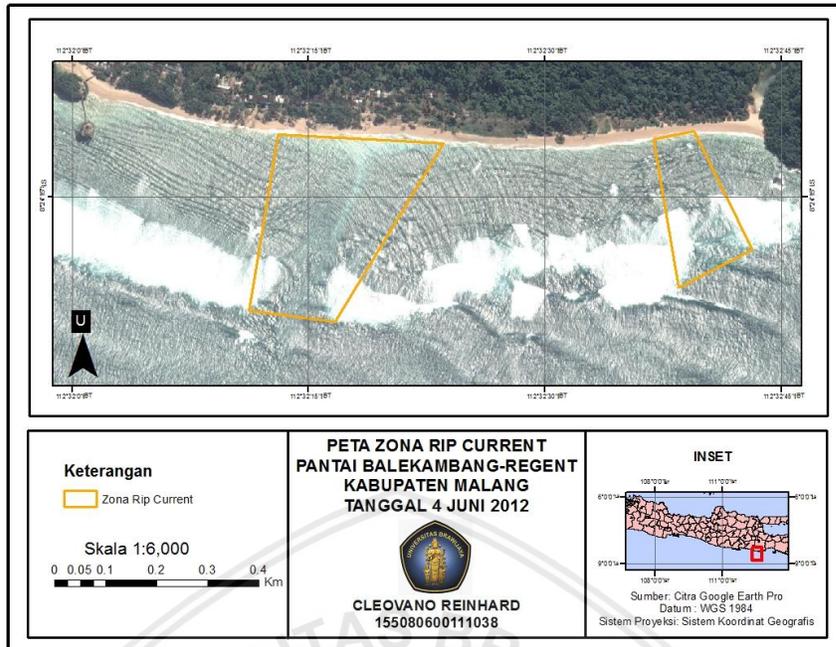
No.	Tanggal	Kondisi Pasut	Jenis Pasut	Tipe Pasut	Musim	Indikasi Rip Current
5.	26 Mei 2016	Pasang	Purnama	Campuran Ganda	Peralihan I	Ada
6.	28 Oktober 2016	Pasang	Perbani	Campuran Ganda	Peralihan II	Ada

Ket: Data tambahan pasang surut dapat dilihat pada Lampiran 5

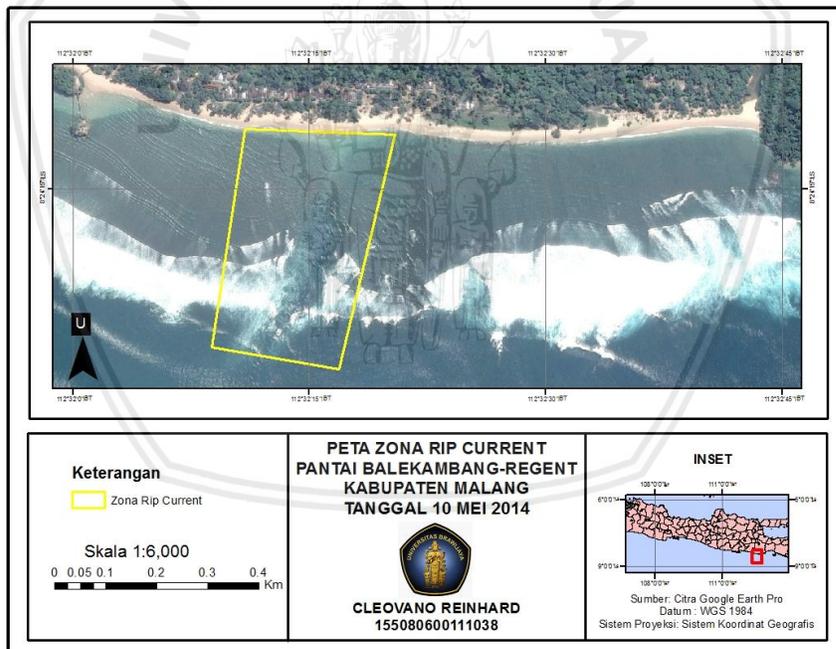
Beberapa citra lokasi penelitian yang sudah dikumpulkan, dilakukan *layouting* (penambahan unsur-unsur peta) pada masing-masing peta seperti yang ditampilkan pada Gambar 14, 15, 16, 17, 18, dan 19 serta dilakukan *overlay* dari peta-peta tersebut (Gambar 20). Pengambilan seluruh citra lokasi penelitian oleh satelit saat waktu pasang karena batu karang yang tidak terlihat.



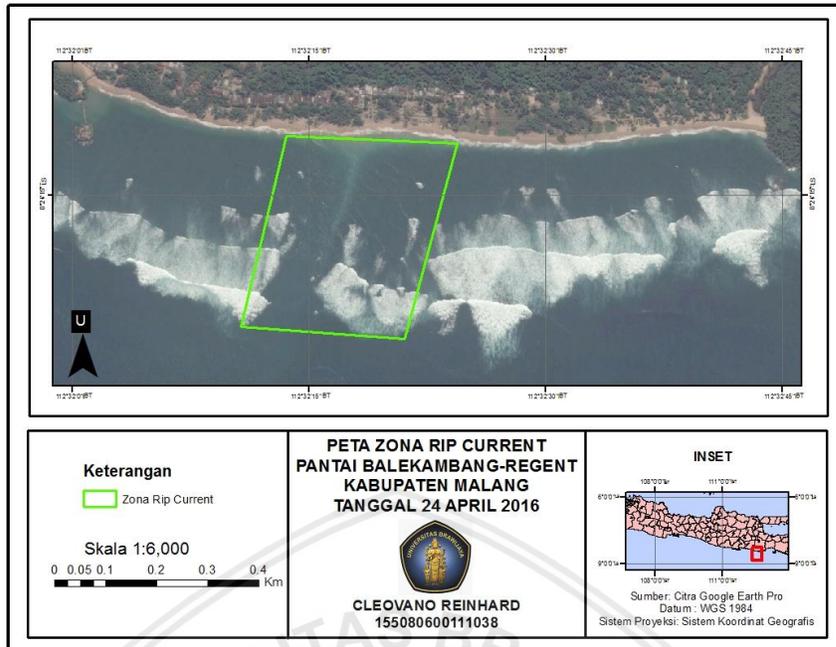
Gambar 14. Peta Zona *Rip Current* Tanggal 11 Juni 2009



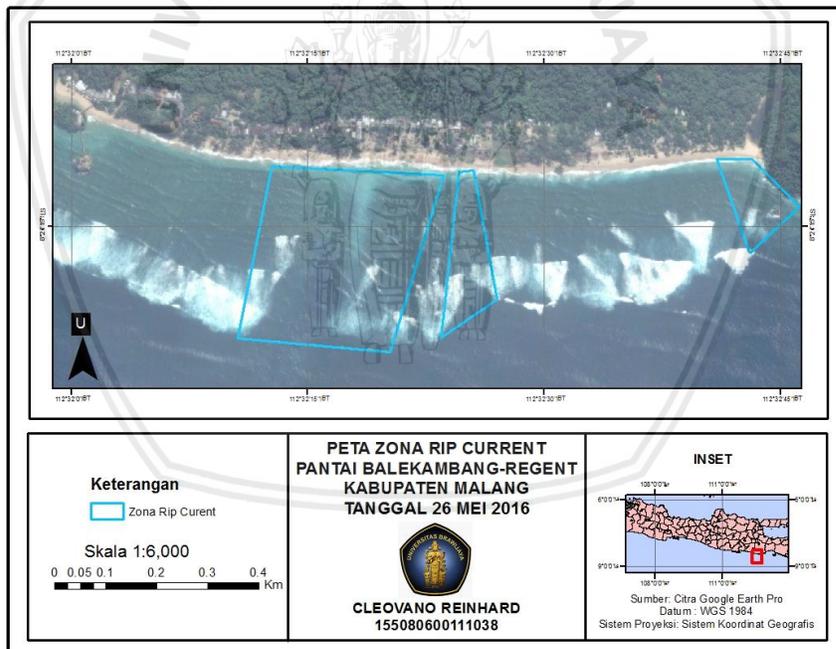
Gambar 15. Peta Zona *Rip Current* Tanggal 4 Juni 2012



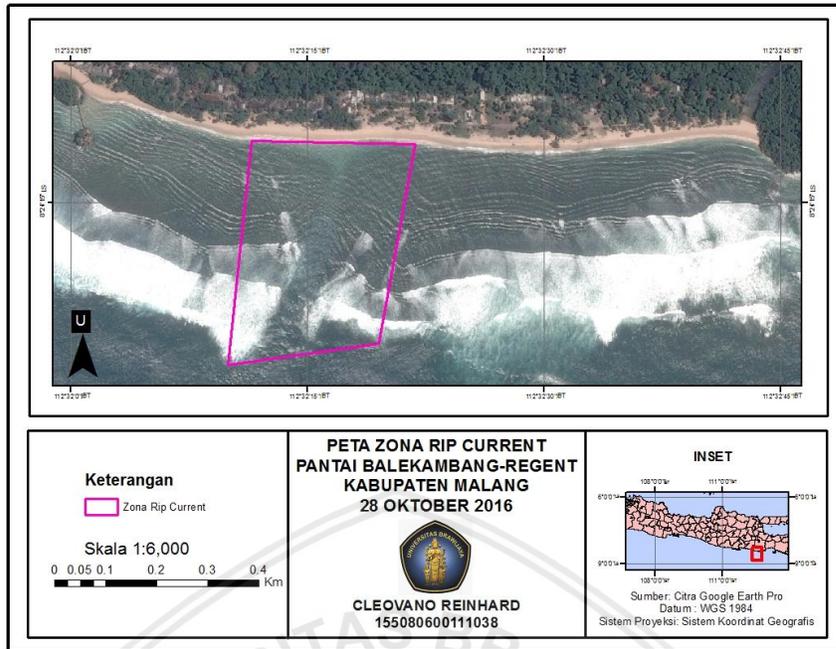
Gambar 16. Peta Zona *Rip Current* Tanggal 10 Mei 2014



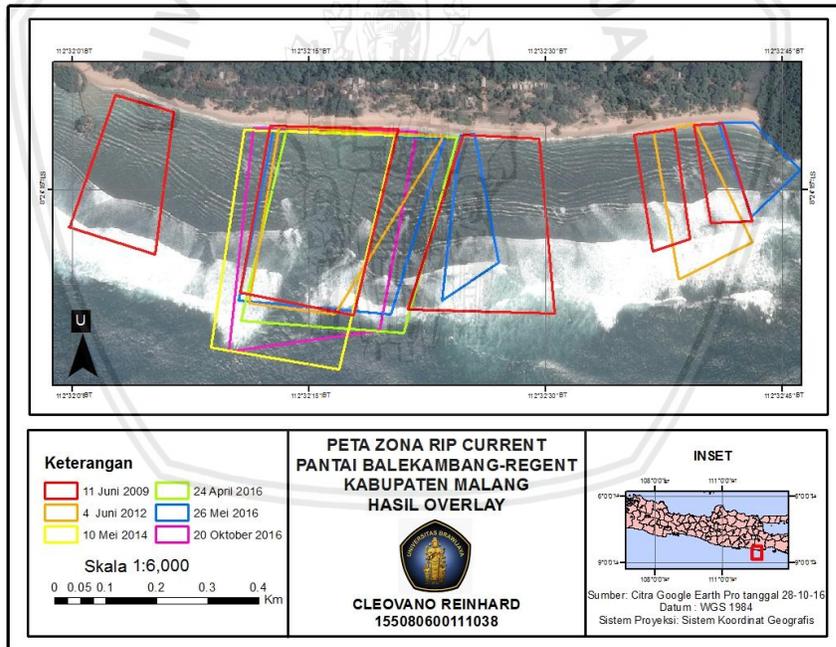
Gambar 17. Peta Zona *Rip Current* Tanggal 24 April 2016



Gambar 18. Peta Zona *Rip Current* Tanggal 26 Mei 2016



Gambar 19. Peta Zona *Rip Current* Tanggal 28 Oktober 2016



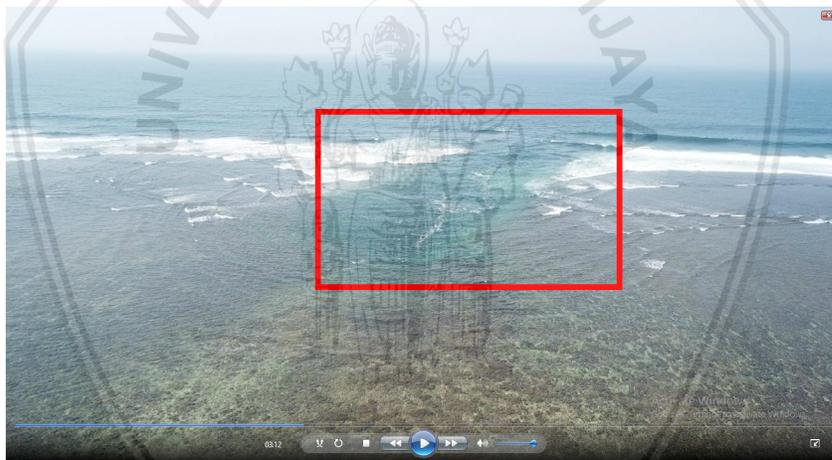
Gambar 20. Hasil *Overlay* Beberapa Peta Citra Google Earth Pro

Hasil *overlay* beberapa peta dari citra Google Earth Pro menunjukkan bahwa zona *rip current* dominan pada satu lokasi yang sama meskipun terdapat beberapa zona yang berbeda. Zona maupun ukuran *rip current* dapat berubah

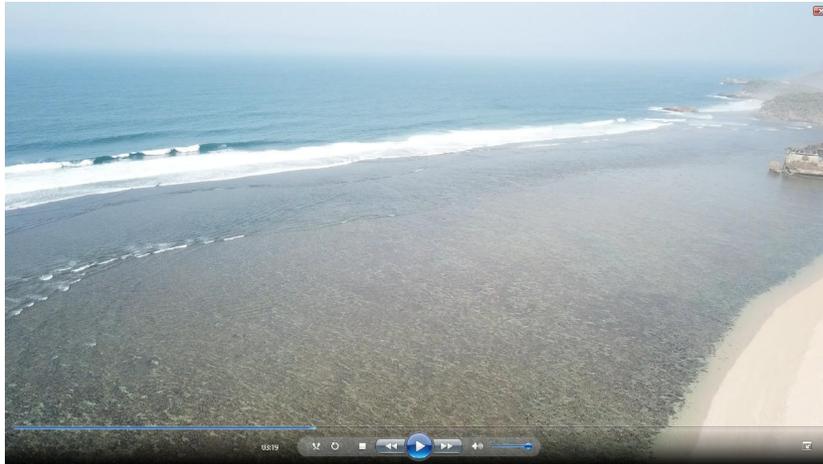
setiap waktu tergantung dari morfologi pantai dan gelombang. Hasil *overlay* tersebut dibandingkan dengan hasil *screenshot* video udara (Gambar 21, 22, 23, dan 24) serta hasil foto udara (Gambar 25) untuk validasi zona *rip current*.



Gambar 21. Lokasi *Rip Current* di Depan *Tower Listrik*



Gambar 22. Indikasi *Rip Current*



Gambar 23. Tidak Ditemukan Indikasi *Rip Current* di Bagian Pantai Lainnya



Gambar 24. Tidak Ditemukan Indikasi *Rip Current* di Bagian Pantai Lainnya

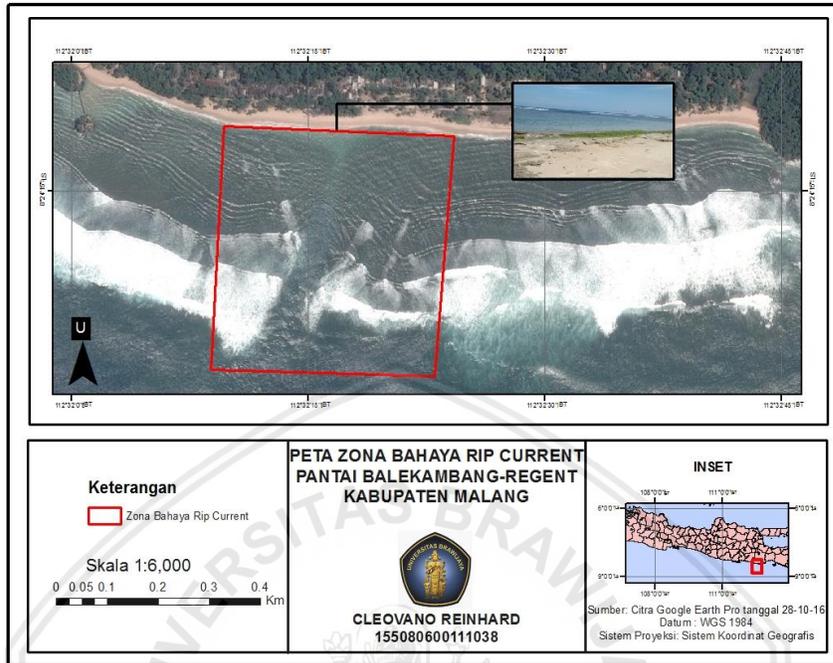
Hasil validasi menunjukkan bahwa zona *rip current* berada pada satu lokasi yang sama dengan hasil *overlay*, namun terdapat perbedaan yaitu ketika validasi di lapangan hanya ditemukan satu zona *rip current* dan tidak ditemukan di lokasi lainnya. Indikasi *rip current* dapat dilihat pada bagian pantai yang memiliki rona berbeda. Terdapat beberapa kekurangan dari hasil validasi yaitu rusaknya foto udara setelah diolah pada bagian gelombang pecah atau kepala *rip current*. Hal ini biasanya disebabkan oleh buih ombak yang sering menjadi perusak foto udara dimana objek foto kadang tidak dapat memantulkan informasi gambar dengan baik.



Gambar 25. Hasil Foto Udara dengan UAV



Berdasarkan hasil *overlay* dan hasil validasi tersebut, maka dapat diketahui zona bahaya *rip current* seperti yang ditampilkan Gambar 26.



Gambar 26. Zona Bahaya *Rip Current*

Zona bahaya *rip current* berada di sekitar lintang  $-8,403^{\circ}$  hingga  $-8,407^{\circ}$  dan bujur  $112,536^{\circ}$  hingga  $112,54^{\circ}$ . Zona tersebut berada di area depan *tower* listrik atau di sekitar tanda larangan berenang sebelah timur. Menurut NOAA (2015), *rip current* umumnya sempit kurang lebih 10 atau 20 kaki, akan tetapi terkadang bisa lebih lebar 10 kali. Panjang dari *rip current* cukup bervariasi dimana *rip current* dimulai dari bagian pantai melewati gelombang pecah dan terkadang dapat lebih memanjang sekitar ratusan kaki melewati *surf zone*. Khoirunnisa *et al.* (2013) menambahkan bahwa, ukuran panjang *rip current* akan semakin jauh ketika tinggi gelombang semakin besar.

### 4.3 Bahaya Rip Current

#### 4.3.1 Bahaya Rip Current Berdasarkan Morfologi Pantai

##### 4.3.1.1 Tipe Pantai

Berikut merupakan hasil pengolahan data untuk menentukan nilai indeks morfologi pantai berdasarkan tipe pantai yang ditampilkan oleh Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengolahan Data untuk Menentukan Tipe Pantai

Stasiun	Kemiringan Pantai (°)	Kenampakan Sandbar	Kenampakan Slope Break	Tipe Pantai
1	3,49	Tidak ada	Ada	
2	4,00	Tidak ada	Ada	
3	4,63	Tidak ada	Ada	
4	3,43	Tidak ada	Ada	
5	3,89	Tidak ada	Ada	
6	4,29	Tidak ada	Ada	Low-Tide Terrace
7	4,29	Tidak ada	Ada	
8	4,06	Tidak ada	Ada	
9	3,72	Tidak ada	Ada	
10	4,40	Tidak ada	Ada	
11	4,46	Tidak ada	Ada	
12	4,18	Tidak ada	Ada	
13	4,40	Tidak ada	Ada	

Berdasarkan tabel diatas, Pantai Balekambang-Regent memiliki tipe pantai *low-tide terrace (intermediate)*. Hal ini dapat dilihat dari nilai kemiringan pantai yang masuk dalam kisaran  $3^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  dan tidak terdapat *sandbar* pada lokasi penelitian. Bentuk pantai ini tidak terlalu curam/cenderung landai dan terdapat *slope break* (Gambar 27). Berbeda halnya dengan tipe pantai *reflective* yang sangat curam dan tidak terdapat *sandbar*. Hal ini didukung oleh Andayani *et al.* (2012), bahwa disekitar lokasi penelitian ini memiliki lahan yang landai (0-13%).



Gambar 27. *Slope Break* Pantai Balekambang-Regent

Hasil pengolahan data gelombang yang diunduh dari ECMWF periode tahun 2018, diketahui bahwa nilai rata-rata tinggi gelombang signifikan di sekitar lokasi penelitian berkisar 2,011 - 2,017 meter (Gambar 29). Hal tersebut menunjukkan bahwa iklim gelombang di lokasi penelitian termasuk *exposed* dimana tinggi rata-rata gelombang tahunan lebih dari satu meter. Faktor yang mempengaruhi karena lokasi penelitian merupakan pantai terbuka yang berada di wilayah selatan pulau Jawa dan berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Hasil akhir penilaian indeks tipe pantai berdasarkan tipe pantai dan iklim gelombang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Akhir Penilaian Indeks Tipe Pantai

<b>Tipe Pantai</b>	<b>Iklim Gelombang</b>	<b>Nilai Indeks Tipe Pantai</b>
<i>Low-tide Terrace</i>	<i>Exposed</i>	3

#### 4.3.1.2 Sandbar

Berdasarkan hasil pengamatan kenampakan *sandbar* di lokasi penelitian saat air laut surut, tidak ditemukan adanya *sandbar* di Pantai Balekambang-Regent (Tabel 8). Hal yang cenderung terlihat dan mendominasi saat pengamatan yaitu batu karang dengan jumlah yang sangat banyak (Gambar 28). Menurut Andayani *et al.* (2012), pada lokasi penelitian terdapat karang laut yang

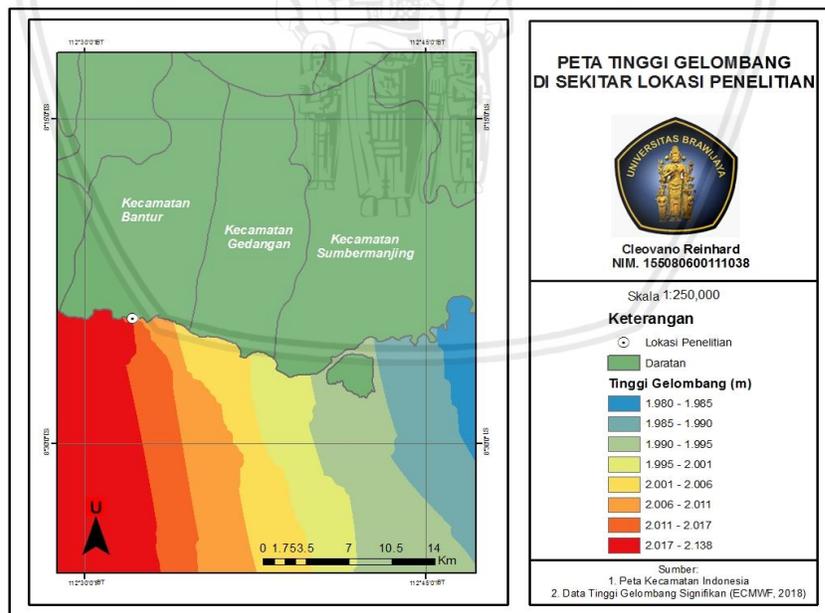
membentang sepanjang kurang lebih 2 kilometer dengan lebar 200 meter ke arah laut. Penilaian indeks *sandbar* tidak perlu dilakukan, karena tidak terdapat *sandbar* di lokasi penelitian.



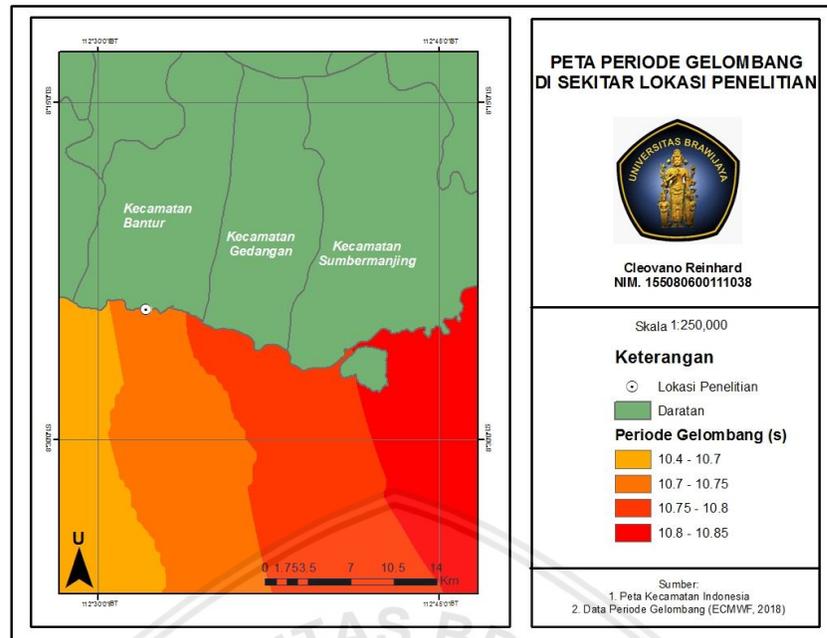
Gambar 28. Penampakan Batu Karang saat Air Laut Surut

#### 4.3.2 Bahaya *Rip Current* Berdasarkan Faktor Gelombang

Berikut merupakan hasil pengolahan data gelombang meliputi tinggi gelombang signifikan (Gambar 29) dan periode gelombang (Gambar 30).



Gambar 29. Peta Tinggi Gelombang



Gambar 30. Peta Periode Gelombang

Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui bahwa nilai tinggi gelombang di lokasi penelitian berkisar antara 2,011 – 2,017 meter, sedangkan untuk nilai periode gelombang di lokasi penelitian berkisar antara 10,70 - 10,75 sekon. Gelombang Pantai Balekambang-Regent berdasarkan tinggi gelombang termasuk dalam kategori *high waves* karena nilai tinggi gelombang lebih dari 1,50 meter. Gelombang Pantai Balekambang-Regent berdasarkan periode gelombang termasuk dalam kategori *swell waves* karena nilai periode gelombang lebih dari 8 sekon.

Hasil tersebut didukung oleh Kurniawan (2012) yang menyatakan bahwa, daerah-daerah rawan gelombang tinggi diatas dua meter lebih banyak berada di perairan Indonesia yang berbatasan dengan laut terbuka. Perairan tersebut seperti yang berdekatan dengan Samudra Pasifik, Samudra Hindia, dan Laut Cina Selatan. Habibie *et al.* (2013) menambahkan bahwa *swell* umumnya terjadi di laut lepas dan dapat mencapai jarak yang sangat jauh dari daerah pembentukannya dengan sedikit pembelokan arah.

Karakteristik *rip current* selanjutnya dapat diketahui seperti yang ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Karakteristik *Rip Current*

Karakteristik	Intensitas
<i>Rip Exit</i>	Sedang
<i>Rip Speed</i>	Tinggi
<i>Rip Pulsing</i>	Tinggi

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa bagian pengisi *rip current* atau area dekat pantai memiliki kekuatan yang tinggi (*rip pulsing*). Bagian leher atau jalur *rip current* yang tegak lurus pantai memiliki kekuatan yang tinggi juga (*rip speed*). Bagian kepala atau ketika *rip current* sudah melampaui *surf zone* dan memutus gelombang pecah memiliki kekuatan yang dimiliki relatif sedang dan cenderung berkurang. Menurut Anam (2015), *rip current* mulai terbentuk dari arus yang berbelok ke arah laut di bagian pengisi, lalu pada bagian leher bergulir dengan deras sampai menuju kepala *rip current* yang perlahan kekuatannya melemah dan melebar. Hasil akhir penilaian indeks faktor gelombang berdasarkan jenis gelombang (tinggi dan periode) dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Akhir Penilaian Indeks Faktor Gelombang

Jenis Gelombang Berdasarkan Tinggi	Jenis Gelombang Berdasarkan Periode	Nilai Indeks Faktor Gelombang
<i>High Waves</i>	<i>Swell Waves</i>	+0,5

#### 4.3.3 Total Nilai Indeks Bahaya *Rip Current*

Berikut merupakan total nilai indeks bahaya *rip current* berdasarkan indeks morfologi pantai dan faktor gelombang yang ditampilkan oleh Tabel 12.

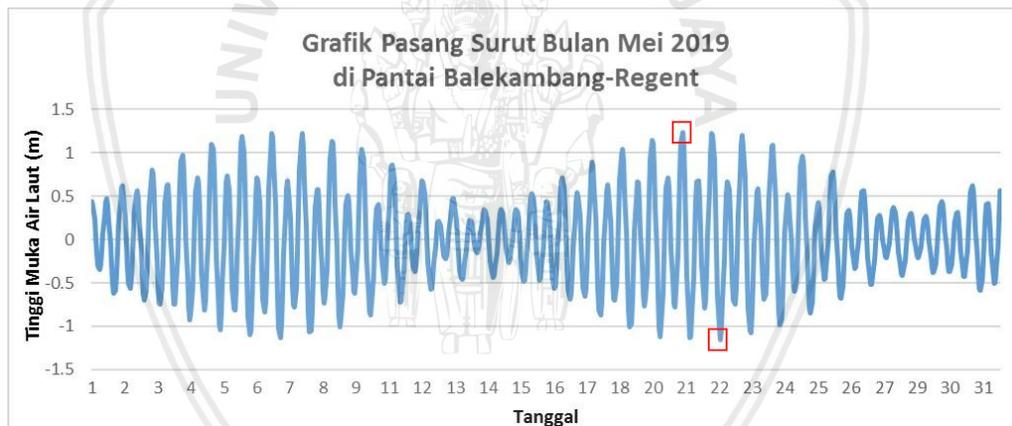
Tabel 12. Penjumlahan Nilai Indeks Bahaya *Rip Current*

Indeks	Kriteria	Nilai Indeks
Morfologi Pantai	Tipe Pantai: <i>Low-Tide Terrace</i>	3
	Iklim Gelombang: <i>Exposed</i> Tidak Ada <i>Sandbar</i>	
Faktor Gelombang	Jenis Gelombang (Tinggi): <i>High Waves</i>	+0,5
	Jenis Gelombang (Periode): <i>Swell Waves</i>	
<b>Total Nilai Indeks Bahaya <i>Rip Current</i></b>		<b>3,5</b>

Berdasarkan klasifikasi nilai indeks bahaya *rip current* oleh Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013), maka nilai indeks bahaya *rip current* Pantai Balekambang-Regent termasuk dalam kategori sedang.

#### 4.3.4 Faktor Pasang Surut

Berikut merupakan grafik hasil pengolahan data pasang surut yang ditunjukkan melalui Gambar 31.



Gambar 31. Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Mei 2019

(Sumber: Data Diolah dari Program TMD, 2019)

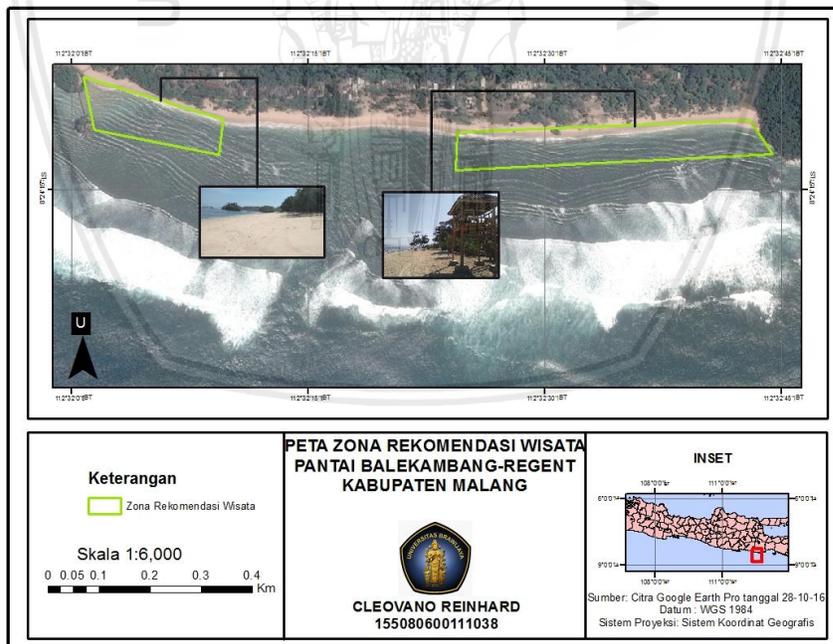
Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa pasang tertinggi sebesar 1,231 meter terjadi pada tanggal 21 Mei 2019 pukul 02.59 WIB, sedangkan surut terendah sebesar -1,1525 meter terjadi pada tanggal 22 Mei 2019 pukul 09.59 WIB. Nilai *tidal range* atau kisaran pasang surut dapat diketahui selanjutnya yaitu sebesar 2,3835 meter, maka perairan Pantai

Balekambang-Regent masuk dalam klasifikasi nilai *tidal range* 2-6 meter. Klasifikasi nilai tersebut menjelaskan bahwa *rip current* aktif hanya setengah hari dan pasang surut tidak terlalu mempengaruhi tinggi gelombang.

Berdasarkan informasi tambahan yang disajikan oleh Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution (2013), pada saat siklus pasang normal, *rip current* aktif pada saat air laut surut. Ketika siklus pasang perbani, *rip current* tidak aktif saat kondisi air laut surut. Memasuki siklus pasang purnama, *rip current* tetap aktif saat air laut surut dengan kondisi *sandbar* yang mengering saat siklus ini sedang memuncak.

#### 4.4 Rekomendasi Keselamatan Berwisata

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan zona bahaya *rip current*, maka dapat diketahui zona rekomendasi wisata seperti yang ditampilkan oleh Gambar 32.



Gambar 32. Peta Zona Rekomendasi Wisata

Zona rekomendasi untuk wisata yaitu di sebelah timur jembatan Pantai Balekambang (lintang  $-8,402^{\circ}$  hingga  $-8,404^{\circ}$  dan bujur  $112,534^{\circ}$  hingga  $112,536^{\circ}$ ) dan lokasi sekitar pos keamanan pantai (lintang  $-8,403^{\circ}$  hingga  $-8,404^{\circ}$  dan bujur  $112,540^{\circ}$  hingga  $112,546^{\circ}$ ) sebelah timur yang berada di Pantai Regent.

Rekomendasi yang dapat diberikan bagi wisatawan Pantai Balekambang-Regent adalah dengan tidak berenang di zona bahaya *rip current* yang sudah dipasang tanda larangan berenang. Sebaiknya jika ingin berenang yaitu di zona rekomendasi wisata agar tidak terjadi sesuatu yang tidak diinginkan. Wisatawan dapat berenang pada zona dekat jembatan Balekambang karena ombak cenderung tidak terlalu kencang dan jumlah karang yang relatif sedikit dibanding zona pantai lainnya. Wisatawan dapat berenang juga di lokasi sekitar wilayah pos keamanan pantai di Pantai Regent karena masih dalam pantauan pos keamanan pantai. Berdasarkan faktor pasang surut juga dimana *rip current* aktif saat laut surut, maka dapat direkomendasikan bagi para wisatawan agar tidak berenang pada saat kondisi air laut surut.

Rekomendasi yang dapat penulis sampaikan selanjutnya yaitu untuk pihak pengelola pantai agar dapat memperhatikan bahaya *rip current* dan dapat menempatkan pos keamanan pantai di wilayah sekitar zona *rip current*. Pos keamanan pantai dapat dibangun lebih dari satu di lokasi penelitian agar pemantauan lebih maksimal.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pantai Balekambang-Regent memiliki zona bahaya *rip current* berada di sekitar lintang  $-8,403^{\circ}$  hingga  $-8,407^{\circ}$  dan bujur  $112,536^{\circ}$  hingga  $112,54^{\circ}$ . Zona tersebut berada di area depan *tower* listrik atau di sekitar tanda larangan berenang sebelah timur.
2. Tingkat bahaya *rip current* di Pantai Balekambang-Regent masuk dalam kategori sedang karena memiliki nilai indeks bahaya *rip current* sebesar 3,5. *Rip exit* pada lokasi penelitian memiliki kekuatan sedang, sementara *rip speed* dan *rip pulsing* memiliki kekuatan yang tinggi. *Rip current* di lokasi penelitian aktif hanya setengah hari dan cenderung aktif saat kondisi air laut surut.
3. Rekomendasi wisata untuk wisatawan Pantai Balekambang-Regent yaitu wisatawan dianjurkan tidak berenang di zona *rip current*. Wisatawan dapat berenang di sebelah timur jembatan Pantai Balekambang (lintang  $-8,402^{\circ}$  hingga  $-8,404^{\circ}$  dan bujur  $112,534^{\circ}$  hingga  $112,536^{\circ}$ ) dan lokasi sekitar pos keamanan pantai (lintang  $-8,403^{\circ}$  hingga  $-8,404^{\circ}$  dan bujur  $112,540^{\circ}$  hingga  $112,546^{\circ}$ ) sebelah timur yang berada di Pantai Regent. Wisatawan tidak direkomendasikan berenang pada saat kondisi air laut surut. Rekomendasi wisata untuk pihak pengelola pantai yaitu agar memperhatikan bahaya *rip current* dan dapat membangun beberapa pos keamanan pantai di pantai demi keselamatan wisatawan.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis yaitu agar di penelitian selanjutnya dapat dikaji lebih spesifik seperti mengenai kecepatan *rip current* yang tentunya

didukung oleh alat yang memadai serta mengutamakan keselamatan. Penelitian selanjutnya dapat melengkapi kekurangan penelitian ini yang terletak pada keterbatasan data citra seperti mengambil foto dan video udara pada musim tertentu karena tidak semua musim disediakan oleh Google Earth Pro. Penelitian mengenai *rip current* juga dapat dilakukan di berbagai pantai lainnya mengingat fenomena ini sangat berbahaya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anam, K. 2015. Pemetaan Zona Berpotensi Rip Current Sebagai Upaya Peningkatan Keselamatan Di Objek Wisata Pantai Trikora Desa Malang Rapat Kabupaten Bintan. Paper Skripsi Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjungpinang. 14 hlm.
- Andayani, S., Anwar, M. R., dan Antariksa. 2012. Pengembangan Kawasan Wisata Balekambang Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(2), 168-78.
- Cahyanto, N. P., Setiyono, H., dan Indrayanti, E. 2014. Studi Profil Pantai di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara. *Jurnal Oseanografi*, 3(2), 161-166.
- Castelle, B., Scott, T., Brander, R. W. dan McCarroll, R. J. 2016. Rip Current Types, Circulation and Hazard. *Earth-Science Reviews*.163, 1-21.
- Daruwedho, H., Sasmito, B. dan Janu, F. A. 2016. Analisis Pola Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia dengan Menggunakan Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 145-158.
- Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Malang. 2019. Data Kunjungan Wisata 2015 – 2018. Diperoleh langsung dari Kantor Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Malang di Jl. Raya Singosari No. 275, Pangetan, Pagentan, Kec. Singosari, Malang, Jawa Timur 65153.
- Fujaya, Y dan Alam, N. 2012. Pengaruh Kualitas Air, Siklus Bulan, dan Pasang Surut Terhadap Molting dan Produksi Kepiting Cangkang Lunak (*Soft Shell Crab*) di Tambak Komersil. Makalah FIKP Unhas. 1-10.
- Habibie, M. N., Permana, D. S., dan Suratno. 2013. Simulasi Gelombang Ekstrim Akibat Swell di Indonesia Menggunakan Model Wavewatch-III. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 14(2), 99-108.

- Khoirunnisa, N., Hariyadi, Rifai, A. 2013. Pemetaan Zona Rip Current sebagai Upaya Peringatan Dini untuk Bahaya Pantai (Lokasi Kajian : Pantai Kuta Bali). *Jurnal Oseanografi*, 2(2), 151-160.
- Kurniawan, R. 2012. Karakteristik Gelombang Laut dan Daerah Rawan Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia. Tesis Program Pasca Sarjana Program Studi Magister Ilmu Kelautan Universitas Indonesia. Depok. 90 hlm.
- Kusmanto, E. dan Setyawan, W. B. 2013. Arus Rip di Perairan Pesisir Pangandaran, Jawa Barat. *Ilmu Kelautan*, 18(2), 61-70.
- Melina, R. 2017. Rip Currents: The Ocean's Deadliest Trick. *Live Science*. Diakses melalui <https://www.livescience.com/3910-rip-currents-ocean-deadliest-trick.html>. [2 Mei 2019]
- NOAA. 2015. Rip Current Science. National Weather Service. Diakses melalui <http://www.ripcurrents.noaa.gov/science.shtml>. [12 Maret 2019]
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Nugroho, T. H. 2015. Analisa Karakteristik Pasang Surut Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan *Metode Least Square*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 93 hlm.
- Onny, P. R., Kamija, Dwi, A. R. T. K., dan Mustikawan, J. A. 2015. Pemanfaatan Software Tidal Modal Driver Untuk Memprediksi Pasang Surut (Studi Kasus Perairan Pondok Dayung, Sungai Barito, dan Perairan Pulau Batek). *Jurnal Hidropilar*, 1(1), 35-43.
- Panguruan, I. P., Rochaddi, B. dan Ismanto, A. 2015. Studi Rip Current di Pantai Selatan Yogyakarta. *Jurnal Oseanografi*, 4(4), 670-679.

- Plymouth University dan Royal National Lifeboat Institution. 2013. Rip Current Hazard Assessment Guide. DRIBS. Diakses melalui <http://www.ripcurrents.co.uk/site/297/default.aspx>. [11 Maret 2019]
- Samhemphill. 2019. Beach Profile Stuff. Tripod. Diakses melalui <http://samhemphill.tripod.com/id15.html>. [14 Oktober 2019]
- Satriadi, A. 2017. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan di Perairan Dangkal (Studi Kasus Perairan Semarang). Buletin Oseanografi Marina, 6(1), 17-23.
- Tyas, D. W. dan Dibiyosaputro, S. 2012. Pengaruh Morfodinamika Pantai Glagah, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta Terhadap Keselamatan Pengunjung Pantai. Jurnal Bumi Indonesia, 1(3), 336-346.
- University of Delaware Sea Grant. 2019. Rip Current Characteristics. Rip Currents. Diakses melalui <https://www.ceoe.udel.edu/ripcurrents/characteristics/index.html>. [2 Mei 2019]
- WHQR. 2019. Fisheries Expert Says Shark Bites Overshadow Ocean's Real Danger: Rip Currents. WHQR Public Media. Diakses melalui <https://www.whqr.org/post/fisheries-expert-says-shark-bites-overshadow-oceans-real-danger-rip-currents#stream/0>. [24 Juli 2019]

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Kondisi Umum Lokasi Penelitian



Gapura Pantai Balekambang-Regent



Pos Keamanan Pantai

Lampiran 2. Pengamatan Lapang



Pengukuran Kemiringan Pantai



Kondisi Pantai saat Pasang

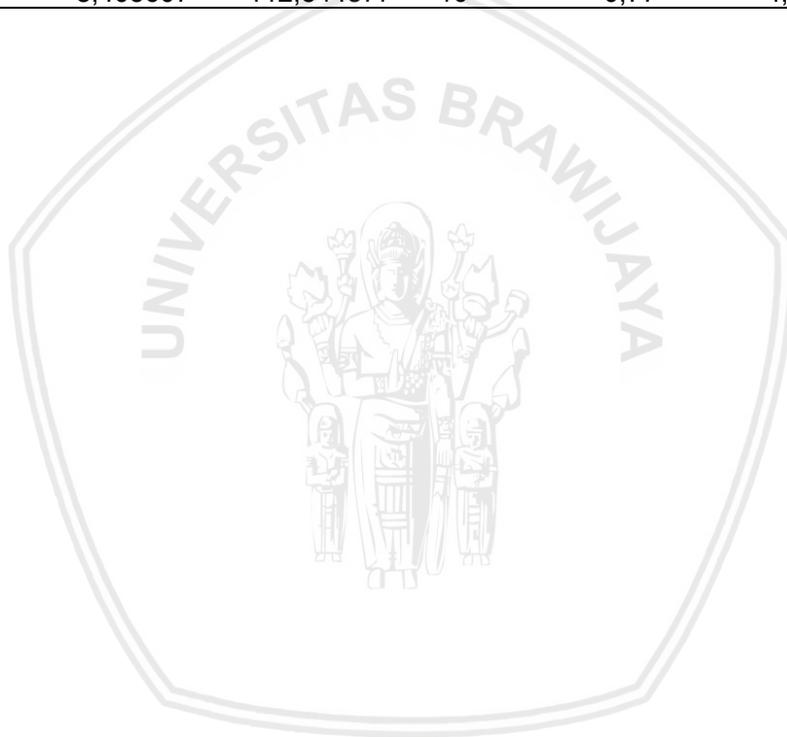


Kondisi Pantai saat Surut



## Lampiran 3. Hasil Pengolahan Data Kemiringan Pantai

Stasiun	Lintang ( $^{\circ}$ )	Bujur ( $^{\circ}$ )	P (m)	T (m)	Kemiringan Pantai ( $^{\circ}$ )
1	-8,403055	112,534071	10	0,61	3,49
2	-8,043321	112,535095	10	0,7	4,00
3	-8,40346	112,535767	10	0,81	4,63
4	-8,403528	112,536671	10	0,6	3,43
5	-8,403601	112,537567	10	0,68	3,89
6	-8,403578	112,538477	10	0,75	4,29
7	-8,403556	112,539418	10	0,75	4,29
8	-8,403719	112,540354	10	0,71	4,06
9	-8,403785	112,541257	10	0,65	3,72
10	-8,403796	112,542162	10	0,77	4,40
11	-8,403721	112,543061	10	0,78	4,46
12	-8,403663	112,543972	10	0,73	4,18
13	-8,403607	112,544877	10	0,77	4,40



## Lampiran 4. Hasil Pengolahan Data Gelombang

Lintang <sup>(0)</sup>	Bujur <sup>(0)</sup>	Periode (s)	Tinggi (m)
-8,375	113	10,8487411	1,980064
-8,5	112,875	10,8487411	1,980064
-8,5	113	10,8487411	1,980064
-8,5	113,125	10,8487411	1,980064
-8,625	112	10,5458699	2,066458
-8,625	112,125	10,5829562	2,056125
-8,625	112,25	10,6202116	2,045717
-8,625	112,375	10,6656719	2,032649
-8,625	112,75	10,8020925	1,993468
-8,625	112,875	10,8475349	1,980397
-8,625	113	10,8487411	1,980064
-8,625	113,125	10,8487411	1,980064
-8,75	111,875	10,5272123	2,071674
-8,75	112	10,5581233	2,063042
-8,75	112,125	10,5890137	2,05443
-8,75	112,25	10,6200541	2,045773
-8,75	112,375	10,6579021	2,034899
-8,75	112,5	10,6957904	2,023988
-8,75	112,625	10,7336493	2,013114
-8,75	112,75	10,7715452	2,002235
-8,75	112,875	10,8093945	1,991356
-8,75	113	10,8472452	1,980471
-8,75	113,125	10,8487411	1,980064
-8,875	111,875	10,5403932	2,067986
-8,875	112	10,5668548	2,060609
-8,875	112,125	10,5933342	2,053216
-8,875	112,25	10,6199349	2,045803
-8,875	112,375	10,6523795	2,036468
-8,875	112,5	10,6848247	2,027155
-8,875	112,625	10,7172589	2,01784
-8,875	112,75	10,7497281	2,008494
-8,875	112,875	10,7821747	1,999166
-8,875	113	10,8145973	1,989842
-8,875	113,125	10,8470281	1,980534
-9	111,875	10,5502623	2,065231
-9	112	10,5734075	2,058782
-9	112,125	10,5965836	2,052325
-9	112,25	10,6198404	2,045827
-9	112,375	10,6482103	2,037668
-9	112,5	10,6766096	2,029515
-9	112,625	10,7049842	2,021359
-9	112,75	10,7333699	2,013193

Lintang <sup>(0)</sup>	Bujur <sup>(0)</sup>	Periode (s)	Tinggi (m)
-9	112,875	10,7617534	2,005036
-9	113	10,7901123	1,996887
-9	113,125	10,8184616	1,988744
-9,125	111,875	10,5256062	2,074915
-9,125	112	10,5487247	2,068466
-9,125	112,125	10,5718493	2,062025
-9,125	112,25	10,5950671	2,055542
-9,125	112,375	10,6234603	2,047367
-9,125	112,5	10,6234603	2,047367
-9,125	112,625	10,6802068	2,031057
-9,125	112,75	10,7085877	2,022923
-9,125	112,875	10,7369363	2,014779
-9,125	113	10,7652767	2,006618
-9,125	113,125	10,7936192	1,998491
-9,25	111,875	10,5008514	2,084626
-9,25	112	10,5239705	2,078177
-9,25	112,125	10,5470753	2,071734
-9,25	112,25	10,5703068	2,065255
-9,25	112,375	10,5986815	2,057089
-9,25	112,5	10,6270411	2,048934
-9,25	112,625	10,6554089	2,040775
-9,25	112,75	10,6837582	2,032648
-9,25	112,875	10,7121062	2,024497
-9,25	113	10,7404411	2,016356
-9,25	113,125	10,7512664	2,010718
-9,375	111,875	10,4760925	2,094345
-9,375	112	10,4992075	2,087892
-9,375	112,125	10,5223158	2,081453
-9,375	112,25	10,5455178	2,074962
-9,375	112,375	10,5739	2,066808
-9,375	112,5	10,6022527	2,058671
-9,375	112,625	10,6306068	2,050515
-9,375	112,75	10,6589473	2,04236
-9,375	112,875	10,6872822	2,034226
-9,375	113	10,6979568	2,028613
-9,375	113,125	10,707824	2,023101
-9,5	111,875	10,4513644	2,104041
-9,5	112	10,4744349	2,097586
-9,5	112,125	10,4975507	2,091164
-9,5	112,25	10,5207466	2,084695
-9,5	112,375	10,549113	2,076524
-9,5	112,5	10,5774582	2,068393
-9,5	112,625	10,6057822	2,060247

Lintang <sup>(0)</sup>	Bujur <sup>(0)</sup>	Periode (s)	Tinggi (m)
-9,5	112,75	10,6341199	2,0521
-9,5	112,875	10,6446096	2,046505
-9,5	113	10,6545021	2,041001
-9,5	113,125	10,6643637	2,035507
-9,625	111,875	10,4266178	2,113763
-9,625	112	10,4496788	2,107311
-9,625	112,125	10,4727705	2,100866
-9,625	112,25	10,4959705	2,094408
-9,625	112,375	10,5243219	2,086243
-9,625	112,5	10,5526527	2,078101
-9,625	112,625	10,580989	2,06996
-9,625	112,75	10,5912637	2,064408
-9,625	112,875	10,6011815	2,058892
-9,625	113	10,6110479	2,053401
-9,625	113,125	10,6209267	2,047897
-9,75	111,875	10,4118096	2,12205
-9,75	112	10,4249418	2,117033
-9,75	112,125	10,4479966	2,110595
-9,75	112,25	10,4712007	2,10411
-9,75	112,375	10,4995247	2,09596
-9,75	112,5	10,5277425	2,087675
-9,75	112,625	10,5377993	2,082147
-9,75	112,75	10,5477055	2,07665
-9,75	112,875	10,557589	2,07114
-9,75	113	10,5674712	2,065648
-9,75	113,125	10,5774493	2,060293
-9,875	111,875	10,3976555	2,130249
-9,875	112	10,4102575	2,125288
-9,875	112,125	10,4232418	2,120308
-9,875	112,25	10,4464151	2,11384
-9,875	112,375	10,4746089	2,105699
-9,875	112,5	10,4845486	2,100211
-9,875	112,625	10,4944705	2,094683
-9,875	112,75	10,5043781	2,089181
-9,875	112,875	10,5142836	2,083671
-9,875	113	10,5241384	2,078177
-9,875	113,125	10,534013	2,072682
-10	111,875	10,3835253	2,138412
-10	112	10,3961171	2,133472
-10	112,125	10,4087068	2,12856
-10	112,25	10,4212171	2,123615
-10	112,375	10,4311815	2,118095
-10	112,5	10,4411219	2,112581

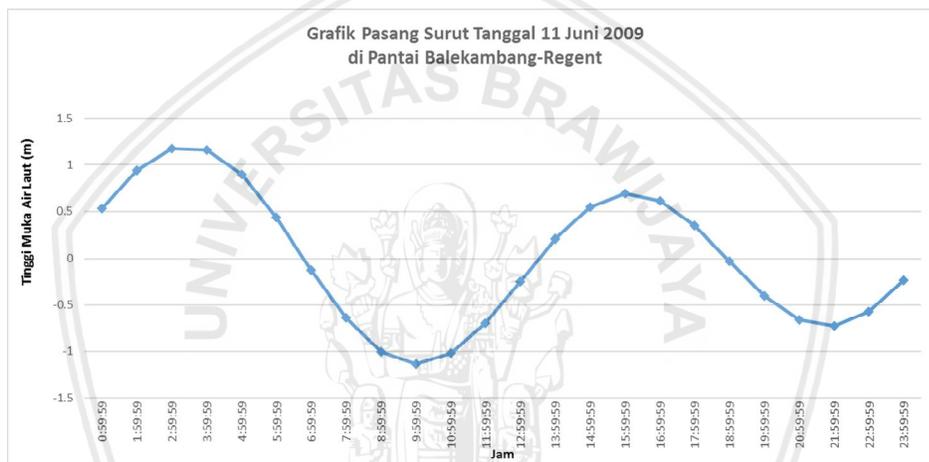
Lintang <sup>(0)</sup>	Bujur <sup>(0)</sup>	Periode (s)	Tinggi (m)
-10	112,625	10,4510329	2,107074
-10	112,75	10,4609418	2,101574
-10	112,875	10,4708253	2,096073
-10	113	10,4806897	2,09057
-10	113,125	10,4905438	2,085079



Lampiran 5. Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian



Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Juni 2009



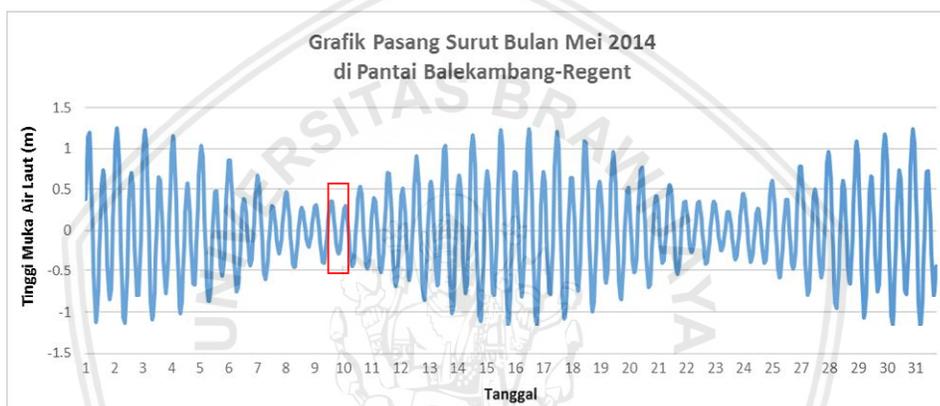
Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian 11 Juni 2009



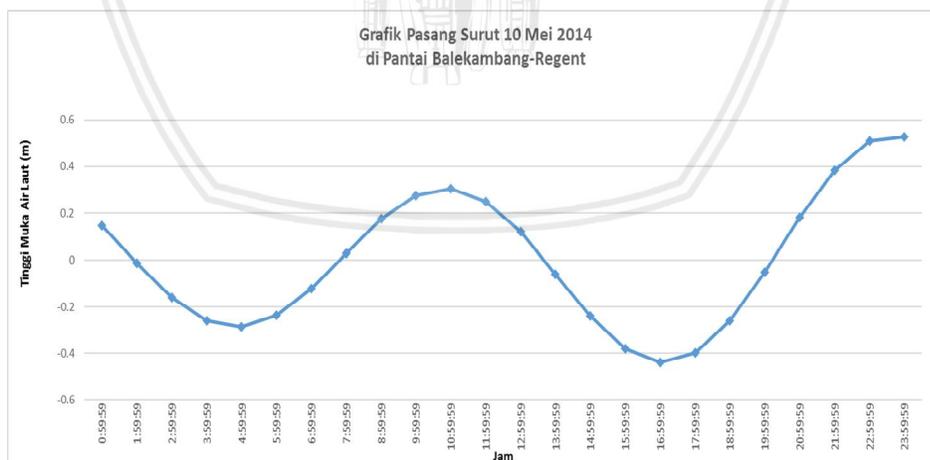
Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Juni 2012



Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian 4 Juni 2012



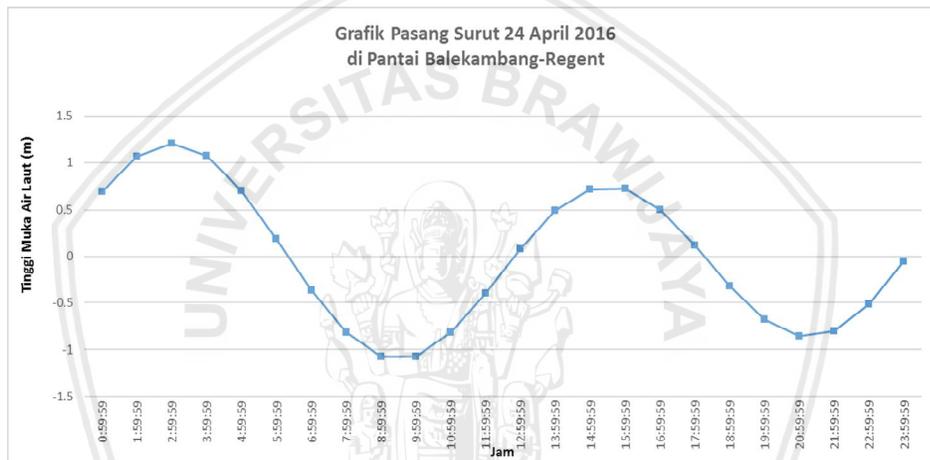
Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Mei 2014



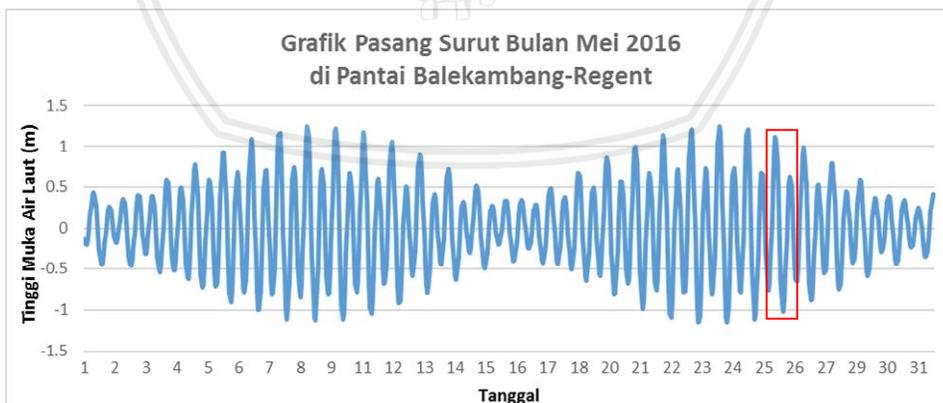
Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian 10 Mei 2014



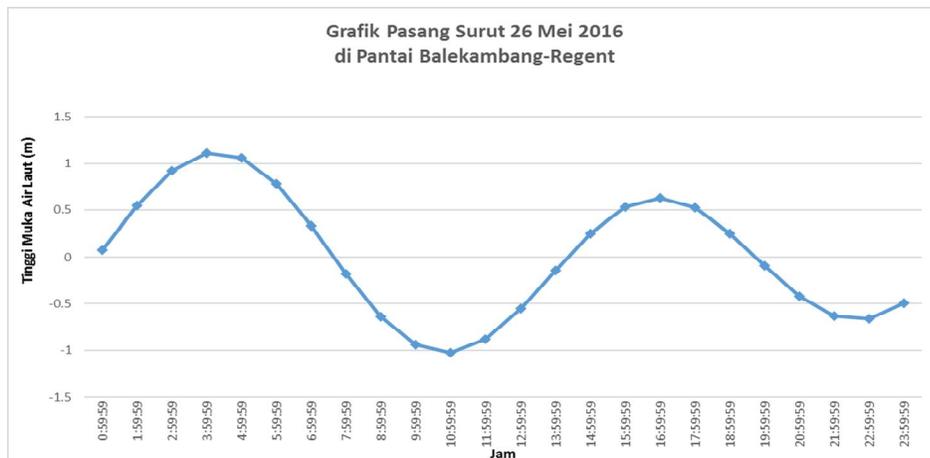
Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan April 2016



Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian 24 April 2016



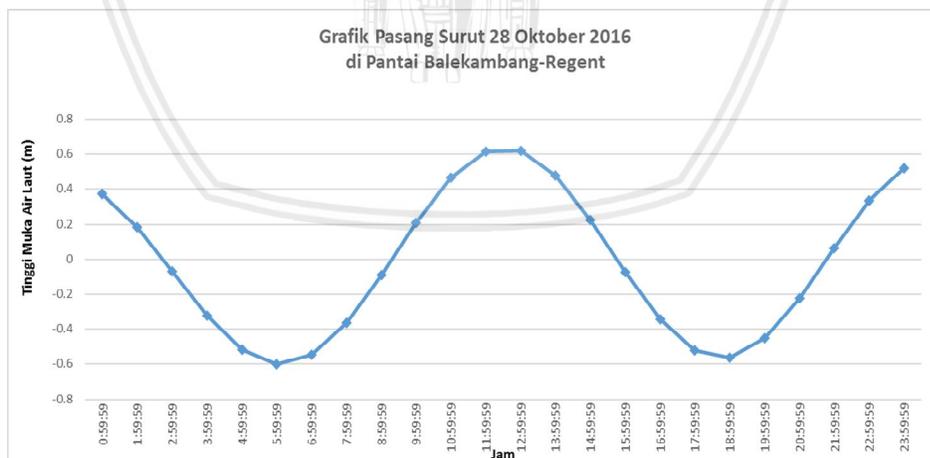
Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Mei 2016



Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian 26 Mei 2016



Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian Bulan Oktober 2016



Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian 28 Oktober 2016

## Lampiran 6. Perhitungan Tipe Pasang Surut

<b>Konstanta</b>	<b>Amplitudo</b>
K1	0,6246
O1	0,3381
M2	0,2174
S2	0,1347
Formzahl	0,36

