

**ANALISIS BANJIR ROB (*Sea Inundation*) DI PESISIR CILACAP DAN PRIGI
PERIODE 2013-2018**

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD RIFKI EGA PRATAMA

NIM. 155080600111048



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

**ANALISIS BANJIR ROB (*Sea Inundation*) DI PESISIR CILACAP DAN PRIGI
PERIODE 2013-2018**

SKRIPSI

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

Oleh :

MUHAMMAD RIFKI EGA PRATAMA

NIM. 155080600111048



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

Judul : ANALISIS BANJIR ROB (*Sea Inundation*) DI PESISIR
CILACAP DAN PRIGI PERIODE 2013-2018

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD RIFKI EGA PRATAMA

NIM : 155080600111048

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING :

Pembimbing 1 : Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D

Pembimbing 2 : Dr.-Ing. Widodo Setiyo Pranowo



SKRIPSI

ANALISIS BANJIR ROB (*Tidal Inundation*) DI PESISIR CILACAP DAN PRIGI
PERIODE 2013-2018

Oleh :

MUHAMMAD RIFKI EGA PRATAMA

NIM. 155080600111048

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D)

NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal: 23 DEC 2019



(Dr.-Ing. Widodo Setiyo Pranowo)

NIP. 19750905 200212 1 003

Tanggal: 23 DEC 2019

Mengetahui:

Ketua Jurusan, Pemanfaatan Sumberdaya Perairan dan Kelautan



(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.PI., MT)

NIP. 19780717 200502 1 004

Tanggal: 23 DEC 2019



UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, serta pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, Mba Win, Adik-Adik serta serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan moril, materil, doa restu serta motivasi selama ini sehingga masa perkuliahan hingga penelitian skripsi dapat berjalan dengan lancar sampai terselesaikannya laporan ini
2. Ibu Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, kritik, serta saran dalam proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi.
3. Bapak Dr.-ing. Widodo Setiyo Pranowo selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing selama pengolahan data serta kritik dan saran selama penelitian.
4. Bang Dio, Aziz dan Farrell yang memberi semangat serta mambantu melancarkan penyusunan skripsi. Kalian sangat membantu dalam kesehatan mental dan fikiran saya.
5. Shinta, Ami, dan Arfan yang selalu menyemangati dan menghibur penulis serta teman-teman PUSRISKEKEL dan POLARIS yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
6. Teman-teman penulis di Jakarta yaitu Seina, Vira, Deyo dan Erin yang memacu semangat penulis agar segera lulus dan dapat berkumpul kembali.
7. Teruntuk Patricia, Cilo, Janned, dan Tricil yang sudah menemani dan menghibur penulis disaat penulis kehilangan semangat.

RINGKASAN

MUHAMMAD RIFKI EGA PRATAMA. Analisis Banjir Rob (*Sea Inundation*) Di Pesisir Cilacap Dan Prigi Periode 2013-2018 (dibawah bimbingan Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D dan Dr.-Ing. Widodo Setiyo Pranowo).

Wilayah pesisir merupakan suatu daratan yang kerap dimanfaatkan untuk kegiatan manusia. Wilayah ini rawan dilanda bencana, salah satunya ialah banjir rob. Banjir rob merupakan fenomena kenaikan muka air laut melebihi *Mean Sea Level* (MSL). Pulau Jawa merupakan salah satu pulau dimana pada beberapa kota kerap kali dilanda banjir rob. Pada penelitian kali ini, lokasi penelitian difokuskan di kawasan pesisir Cilacap dan Prigi. Data yang digunakan diantaranya data kejadian banjir rob yang tercatat di media massa *online* selama 6 tahun (2013-2018), data tinggi muka air laut IOC selama periode terjadinya banjir rob untuk melihat pasang surut lalu dilakukan pengolahan lanjutan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mendapat data anomali kenaikan muka air laut. Data tersebut kemudian dihubungkan dengan data gelombang dan angin dari ECMWF dan pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG) selama periode terjadinya banjir rob serta dilakukan uji analisis *Principal Component Analysis* (PCA). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis hasil perhitungan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk menduga kejadian banjir rob yang tidak tercatat oleh media massa *online* di pesisir Cilacap dan Prigi selama tahun 2013-2018 serta mengetahui kaitan pasang surut, gelombang, angin serta adanya kemungkinan faktor-faktor pendukung lain yang menyebabkan terjadinya fenomena banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi.

Hasil yang didapat yaitu diketahui terdapat 4 (empat) Kejadian memiliki kecocokan serta 3 (tiga) Kejadian yang menunjukkan ketidakcocokan antara anomali residu kenaikan muka air laut hasil pengolahan FFT dengan fenomena banjir rob yang diberitakan oleh media massa. Anomali residu kenaikan muka air laut tertinggi pada Kejadian 1 sebesar 0,044 m, Kejadian 2 sebesar 0,056 m, Kejadian 3 sebesar 0,32 m, Kejadian 4 sebesar 0,035 m, Kejadian 5 tidak ditemukan anomali, Kejadian 6 sebesar 0,086 m, dan Kejadian 7 sebesar 0,033 m. Hasil uji statistik PCA menunjukkan bahwa variabel angin berada pada PC1 dengan nilai 0,98168, pasang air laut berada pada PC2 dengan nilai 0,98966, dan gelombang berada pada PC4 dengan nilai 0,94738 yang mengindikasikan bahwa secara berurutan variabel paling mempengaruhi terjadinya fenomena banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi adalah akibat adanya dorongan angin, pasang air laut serta gelombang tinggi. Faktor lain yang diduga dapat menyebabkan terjadinya banjir rob yaitu fase bulan purnama, adanya siklon tropis (*storm surge*) di suatu perairan, sedimentasi, serta faktor tak terduga lainnya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menulis Skripsi yang berjudul “Analisis Banjir Rob (*Sea Inundation*) Di Pesisir Cilacap dan Prigi Periode 2013-2018”. Penelitian tersebut menjadi salah satu syarat wajib oleh mahasiswa untuk memperoleh gelar sarjana kelautan.

Skripsi ini secara garis besar terdiri dari lima bab, yaitu bab I yang membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian. Bab II pada usulan skripsi ini berisikan tinjauan pustakan. Bab III berisi mengenai metodologi penelitian. Bab IV berisi mengenai hasil dan pembahasan penelitian, serta bab V yang berisi kesimpulan dan saran.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini. Maka dari itu, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun agar dapat lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Malang, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman:
UCAPAN TERIMA KASIH	i
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Kegunaan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kondisi Wilayah Kajian	5
2.2 Rob.....	6
2.3 Pasang Surut.....	7
2.4 Gelombang Laut.....	9
2.5 <i>Matrix Laboratory</i> (MATLAB)	11
2.6 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	12
3. METODE PENELITIAN	14
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1 Alat.....	15
3.2.2 Bahan.....	15
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	17
3.5 Pengolahan Data.....	19
3.5.1 Pengolahan Data IOC.....	19
3.5.2 Pengolahan Data BIG.....	20
3.5.3 Pengolahan Data ECMWF	21
4. HASIL & PEMBAHASAN	22
4.1 Rekapitulasi Kejadian Banjir Rob.....	22
4.2 Karakteristik Pasang Surut Perairan	23



4.3	Peramalan Gelombang.....	24
4.3.1	Cilacap	24
4.3.2	Prigi.....	27
4.4	Simulasi Kejadian Banjir Rob.....	29
4.4.1	Cilacap	29
4.4.2	Prigi.....	32
4.5	Analisis Korelasi	34
4.5.1	Kejadian 1 (Cilacap, 23-30 Mei 2013).....	34
4.5.2	Kejadian 2 (Cilacap, 17-24 April 2014)	37
4.5.3	Kejadian 3 (Cilacap, 5-12 Juni 2016).....	39
4.5.4	Kejadian 4 (Cilacap, 30 November-7 Desember 2017)	41
4.5.5	Kejadian 5 (Cilacap, 21-27 Juli 2018)	45
4.5.6	Kejadian 6 (Prigi, 5-12 Juni 2016).....	48
4.5.7	Kejadian 7 (Prigi, 14-21 Juni 2016).....	50
4.6	Analisis Hasil Kejadian Banjir Rob	52
5.	KESIMPULAN & SARAN.....	57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
	DAFTAR PUSTAKA.....	59
	LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

	Halaman:
Tabel 1. Kedudukan air laut	8
Tabel 2. Komponen harmonik metode <i>admiralty</i>	9
Tabel 3. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan <i>formzahl</i>	9
Tabel 4. Alat yang digunakan dalam penelitian banjir rob di Cilacap dan Prigi tahun 2013-2018.....	15
Tabel 5. Bahan yang digunakan dalam penelitian banjir rob di Cilacap dan Prigi tahun 2013-2018.....	15
Tabel 6. Rekapitulasi kejadian banjir rob di Cilacap dan Prigi yang tercatat di media massa <i>online</i>	22
Tabel 7. Konstanta harmonik pasang surut perairan Cilacap	23
Tabel 8. Konstanta harmonik pasang surut perairan Prigi.....	23
Tabel 9. Rekapitulasi kejadian banjir rob mulai dari perbandingan ketinggian genangan banjir yang tercatat oleh media dengan hasil pengolahan anomali muka air laut, rekapitulasi nilai maksimum dan rata-rata tiap variabel saat terjadinya banjir rob, serta kemungkinan adanya faktor-faktor pendukung lain yang dapat menyebabkan terjadinya banjir rob.....	53
Tabel 10. Hasil uji PCA yang merupakan nilai <i>components loadings</i> dari matriks korelasi analisis PCA antara anomali kenaikan muka air laut (FFT), pasang surut, gelombang, dan angin di perairan Cilacap dan Trenggalek tahun 2013-2018....	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman:
Gambar 1. Peta studi area penelitian banjir rob di Cilacap dan Prigi (Trenggalek) tahun 2013-2018.....	14
Gambar 2. Diagram alir prosedur penelitian mengenai analisis banjir rob mulai dari studi literatur hingga analisis akhir	17
Gambar 3. Alur pengolahan data IOC untuk mendapatkan data residu muka air laut yang diduga merupakan fenomena banjir rob	20
Gambar 4. Alur pengolahan data BIG untuk mendapatkan data dan tipe pasang surut	21
Gambar 5. Alur pengolahan data angin ECMWF untuk mendapatkan grafik <i>windrose</i>	21
Gambar 6. Grafik peramalan gelombang (Cilacap, 20-28 Juli 2018).....	25
Gambar 7. Grafik peramalan gelombang menggunakan metode SMB (Trenggalek, 14 - 21 Juni 2016).....	28
Gambar 8. Residu muka air laut hasil pengolahan data elevasi muka air laut IOC menggunakan <i>software</i> Matlab dengan metode <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) di perairan Cilacap	31
Gambar 9. Residu muka air laut hasil pengolahan data elevasi muka air laut IOC menggunakan <i>software</i> Matlab dengan metode <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) di perairan Prigi.....	33
Gambar 10. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 23-30 Mei 2013).....	34
Gambar 11. Grafik <i>windrose</i> di perairan Cilacap pada bulan Mei 2013.....	35
Gambar 12. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 17-24 April 2014)	37
Gambar 13. Grafik <i>windrose</i> di perairan Cilacap pada bulan April 2014	38
Gambar 14. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 5-12 Juni 2016).....	40
Gambar 15. Grafik <i>windrose</i> di perairan Cilacap pada bulan Juni 2014.....	40
Gambar 16. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 30 November-7 Desember 2017)	42
Gambar 17. Grafik <i>windrose</i> di perairan Cilacap pada bulan November 2017 ...	42
Gambar 18. Grafik <i>windrose</i> di perairan Cilacap pada bulan Desember 2017 ...	42
Gambar 19. Lintas pergerakan siklon tropis Cempaka (biru) dan Dahlia (hijau) yang melewati kawasan Samudera Hindia.....	44
Gambar 20. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 21-27 Juli 2018)	46
Gambar 21. Grafik <i>windrose</i> di perairan Cilacap pada bulan Juli 2018	46
Gambar 22. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Prigi, 5-12 Juni 2016).....	48
Gambar 23. Grafik <i>windrose</i> di perairan Trenggalek pada bulan Juni 2016	48
Gambar 24. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Prigi, 14-21 Juni 2016).....	50
Gambar 25. Grafik <i>windrose</i> di perairan Prigi pada bulan Juni 2016.....	50

Gambar 26. Grafik Biplot korelasi antara residu dengan pasang surut, angin dan gelombang..... 54



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman:
Lampiran 1. <i>Script</i> metode FFT untuk menampilkan data anomali muka air laut menggunakan <i>software</i> MATLAB	64
Lampiran 2. Peramalan pasang surut menggunakan data BIG ditiap bulan terjadinya banjir rob di Cilacap dan Prigi	68
Lampiran 3. Beritayang diperoleh dari media massa <i>online</i> terkait fenomena banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi	70
Lampiran 4. Dokumentasi kegiatan pengolahan data di Pusat Riset Kelautan KKP ANCOL	72



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan suatu daratan dimana kawasan tersebut berbatasan langsung dengan lautan. Wilayah ini dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti pusat pemerintahan, pemukiman, pariwisata, pelabuhan dan lain sebagainya. Tingginya pemanfaatan wilayah pesisir oleh manusia mengakibatkan kawasan mengalami tekanan serta perubahan tata guna lahan. Perubahan-perubahan yang terjadi di wilayah tersebut ditambah kondisi hidro-oseanografi perairan seperti gelombang dan pasang surut yang sangat dinamis serta faktor penunjang lain seperti angin membuat kawasan ini rentan terjadinya bencana, salah satunya ialah banjir pasang (rob).

Banjir pasang (rob) merupakan fenomena pasang air laut yang melebihi *Mean Sea Level* (MSL) sehingga air naik ke daratan (Cahyadi *et al.*, 2013). Banjir rob juga dapat dikatakan sebagai fenomena penggenangan air di pesisir pantai yang diakibatkan oleh tinggi air pasang sebagai penggerak dominan serta adanya seretan angin dan gelombang sebagai pendukung. Kawasan pesisir utara Pulau Jawa lebih rentan terjadi fenomena banjir rob dibandingkan dengan kawasan pesisir selatan Pulau Jawa dikarenakan topografi di utara lebih landai (Sauda *et al.*, 2019). Pada kawasan utara, banjir rob umumnya terjadi akibat pasang air laut (*tidal inundation*) sedangkan pesisir selatan umumnya penggenangan diakibatkan oleh *storm surges*. Dikutip dari HarianKompas (2019) pada tahun 2007 telah terjadi gelombang tinggi dengan ketinggian rata-rata 2-6 meter menerjang pesisir selatan mulai dari Aceh hingga selatan Bali. Wilayah yang paling parah terdampak dari gelombang tinggi ini ialah Kebumen serta Cilacap. Akibat dari kondisi ini, terjadi kelumpuhan di sektor pariwisata serta

menyebabkan ribuan warga mengungsi ke tempat yang aman. Faktor kuat yang memicu terjadinya kondisi tersebut adalah adanya badai di Tanjung Harapan (Afrika Selatan), pasang surut ekstrim (purnama dan *perigee*), dan gelombang Kelvin.

Penelitian mengenai banjir rob yang terjadi di kawasan pesisir selatan Pulau Jawa masih sangat jarang dilakukan. Ningsih *et al* (2010) pernah melakukan penelitian di pesisir selatan Pulau Jawa hingga Nusa Tenggara Barat mengenai penentuan daerah rawan bencana gelombang badai pasang (*storm tide*) yang dibangkitkan pasang surut dan badai untuk studi kasus badai siklon Jacob (2-12 Maret 2007) dan George (3-9 Maret 2007) menggunakan model hidro-dinamika dua dimensi (2D) horisontal (Mike 21). Pada penelitian kali ini, lokasi penelitian difokuskan di kawasan pesisir Cilacap dan Prigi. Dasar pertimbangan penulis dalam memilih lokasi tersebut ialah perbedaan intensitas banjir yang terjadi sehingga dapat dilakukan analisis perbedaan penyebab terjadinya banjir rob. Penelitian di 2 lokasi tersebut pernah dilakukan oleh Nugraheni *et al* (2017) dengan menggunakan *software* Matlab. Namun, rentan waktu penelitian berbeda dimana dalam penelitian tersebut bersifat *short-term* yang dilakukan pada 4-9 Juni 2016, sedangkan penelitian yang dilakukan kali ini bersifat *long-term* dan dilakukan selama 6 tahun (2013-2018). Penelitian yang bersifat *long-term* ini diharapkan dapat menyajikan perbandingan kejadian yang lebih banyak sehingga analisis hasil dapat dilakukan dengan lebih akurat.

1.2 Perumusan Masalah

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang rentan mengalami bencana akibat padatnya aktivitas manusia dikawasan tersebut. Hal ini diperparah dengan kondisi hidro-oseanografi perairan selatan Pulau Jawa yang sangat dinamis. Banjir rob merupakan salah satu bencana yang kerap melanda pesisir akibat

adanya kenaikan muka air laut sehingga air masuk ke kawasan pesisir. Fenomena ini akan bertambah parah apabila mengalami superposisi dengan pasang tinggi, gelombang, badai, angin kencang dan lain sebagainya. Lokasi penelitian dilakukan di Cilacap dan Prigi dengan asumsi bahwa penelitian mengenai banjir rob di pesisir selatan Pulau Jawa masih sangat jarang dilakukan. Maka dari itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pendugaan banjir rob menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) berdasarkan informasi kejadian dari media massa *online* di pesisir Cilacap dan Prigi selama tahun 2013-2018?
2. Apa saja faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kejadian banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian skripsi ini yaitu terfokus kepada variabel pasang surut, gelombang dan angin dengan tidak mempertimbangkan secara deslisit sudut kemiringan (*slope*) perairan dari pantai tersebut serta luasnya area yang terinundasi.

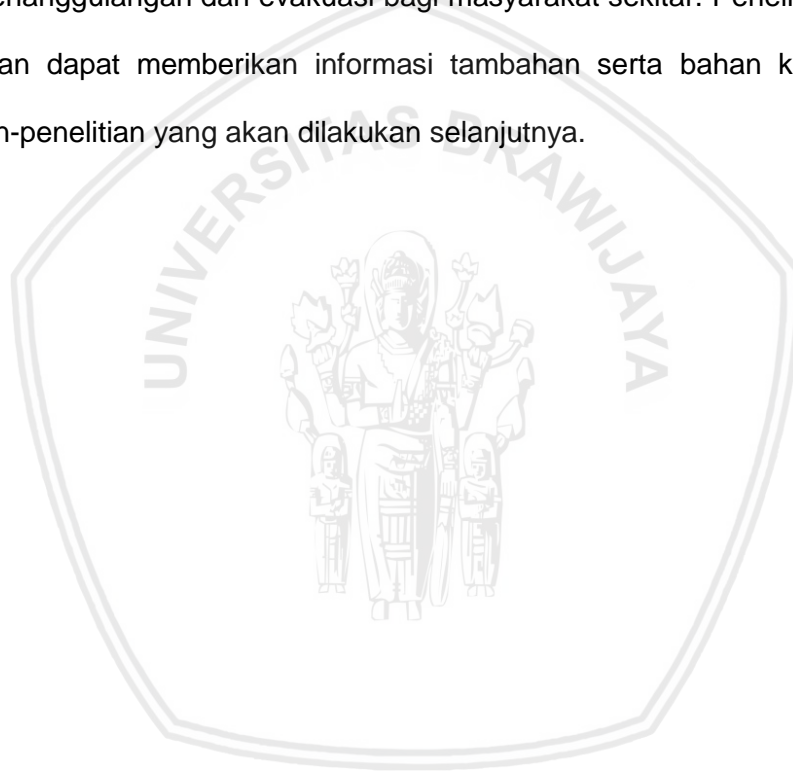
1.4 Tujuan

Penelitian ini berjudul Analisis Banjir Rob (*Sea Inundation*) di Pesisir Cilacap dan Prigi Periode 2013-2018 memiliki beberapa tujuan yaitu:

1. Menganalisis kejadian banjir rob yang tercatat & tidak tercatat oleh media massa *online* di pesisir Cilacap dan Prigi selama tahun 2013-2018 menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).
2. Menganalisis kaitan pasang surut, gelombang, angin terhadap fenomena banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi.

1.5 Kegunaan

Hasil penelitian ini memiliki kegunaan yaitu dapat menyediakan informasi terkait pendugaan kejadian banjir rob di pesisir Cilacap serta Prigi, mengetahui kejadian banjir rob yang kemungkinan tidak tercatat di media, serta untuk mendapatkan hasil dari analisis data sehingga dapat diketahui bagaimana faktor hidro-oseanografi maupun faktor pendukung lain dapat mempengaruhi fenomena banjir rob. Hal ini bermanfaat bagi pemerintah terkait dalam mengambil langkah upaya penanggulangan dan evakuasi bagi masyarakat sekitar. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan informasi tambahan serta bahan kajian untuk penelitian-penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Wilayah Kajian

Cilacap merupakan salah satu kota yang berada di pesisir selatan Jawa yang dikembangkan menjadi kawasan perkotaan dan sedang dalam revitalisasi dalam pembangunan *waterfront city*. Cilacap merupakan daerah terluas di Jawa Tengah (termasuk Kabupaten Cilacap) dengan luas mencapai 225,360,840 ha, terletak diantara $108^{\circ} 4-30^{\circ}$ - $109^{\circ} 30^{\circ} 30^{\circ}$ garis Bujur Timur dan $7^{\circ}30^{\circ}$ - $7^{\circ} 45^{\circ} 20^{\circ}$ garis Lintang Selatan. Wilayah tertinggi di Cilacap yaitu berada pada ketinggian 198 meter dari permukaan laut yaitu Kecamatan Dayeuhluhur dan wilayah terendah berada pada ketinggian 6 meter dari permukaan laut yaitu Kecamatan Cilacap Tengah (Cilacapkab, 2019). Perairan Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah merupakan perairan yang terletak di Samudera Hindia yang diduga terdapat potensi energi pasang surut yang tinggi. Selain itu faktor lokal yang mempengaruhi adalah bentuk morfologi pantai yang berbentuk alamiah dan diperairan pantai seperti teluk dan selat sempit serta kedalaman perairan (Handoyo *et al.*, 2015).

Kabupaten Trenggalek berada diantara koordinat $111^{\circ}24-112^{\circ}11'$ Bujur Timur dan $7^{\circ}53'-8^{\circ}34'$ Lintang Selatan. Kabupaten Trenggalek juga mempunyai wilayah kepulauan yang tersebar di kawasan selatan Kabupaten Trenggalek. Sedangkan luas wilayah laut (Zona Ekonomi Eksklusif) yaitu sebesar $\pm 35,558$ km², termasuk 57 pulau kecil tidak berpenghuni (BAPPEDA, 2019). Perairan disekitar Kabupaten Trenggalek memiliki karakteristik gelombang yang besar, terlebih banyaknya pesisir Trenggalek yang berbentuk teluk. Gelombang yang menjalar masuk ke wilayah teluk membuat energi gelombang terjebak di wilayah tersebut. Keadaan topografi perairan di sekitar Kabupaten Trenggalek memiliki kontur yang curam. Perairan Trenggalek memiliki tipe pasang surut campuran

condong ke harian ganda dan rata-rata Muka Air Rerata (MLR) di perairan Trenggalek berkisar antara 1158,3 mm (Mahatmawati *et al.*, 2009).

2.2 Rob

Banjir rob merupakan kondisi dimana meluapnya air laut ke darat sehingga menyebabkan banjir (*flooding*) sehingga menggenangi daratan yang ada di pesisir tersebut. Proses terjadinya banjir rob yang diakibatkan oleh adanya badai dimulai dari kemunculan gelombang badai (*storm surge*) yang dibangkitkan oleh badai serta gangguan atmosfer. Ketika terjadi badai, tekanan udara di pusat badai sangat rendah sehingga permukaan laut akan naik. Kenaikan permukaan air laut tersebut yang diakibatkan oleh melintasnya daerah tekanan atmosfer yang rendah akan membangkitkan gelombang yang menjalar keluar daerah pembangkitnya. Gelombang yang menjalar tersebut dinamakan *swell* dimana ketika ia sampai ke perairan pesisir ketinggian gelombang akan semakin meningkat seiring berkurangnya kedalaman di daerah tersebut. Semakin mendekati garis pantai seiring meningkatnya ketinggian gelombang, kecepatan gelombang akan berkurang serta memendeknya panjang gelombang. Ketinggian gelombang akan lebih meningkat apabila terjadi pasang tertinggi (*high tide*) bersamaan dengan *swell*. Gabungan dari dua keadaan tersebut disebut *storm tide* atau gelombang badai pasang yang mengakibatkan terjadinya gelombang ekstrim dengan ketinggian bisa mencapai lebih dari 6 m. Kondisi ini dapat mengakibatkan fenomena banjir rob yang parah, terlebih apabila ketinggian tanah di daratan pesisir tersebut terbilang rendah (Ningsih *et al.*, 2010).

Rob merupakan banjir yang disebabkan oleh proses pasang surut air laut lalu menggenangi lahan/kawasan pesisir yang ketinggiannya lebih rendah dibandingkan dengan permukaan air laut rata-rata. Proses terjadinya pasang surut merupakan pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara vertikal

akibat gaya tarik bulan-matahari serta benda angkasa terhadap bumi. Air yang bergerak terbantu oleh gaya gravitasi akan mengalir ke tempat yang rendah sehingga ruang-ruang yang ada ditempat rendah akan terisi. Fenomena inilah yang mengakibatkan banjir genangan efek dari pasang air laut pada kawasan pesisir, terutama pada daerah dengan morfologi landai. Kondisi ini akan diperperah apabila adanya intensitas curah hujan yang tinggi, banjir lokal maupun kiriman berlebih dengan kondisi drainase yang buruk. Terjadinya kenaikan muka air laut (*sea level rise*) yang diakibatkan oleh perubahan iklim dapat mempengaruhi suhu dan tekanan yang dapat menyebabkan badai sehingga muka air laut akan semakin meningkat (Suryanti & Marfai, 2008).

2.3 Pasang Surut

Pasang surut merupakan pergerakan naik turunnya muka air laut yang terjadi secara periodik. Ketika bumi-bulan-matahari berada pada satu garis lurus (bulan baru dan bulan purnama), maka pasang surut yang terbentuk berada pada ketinggian maksimal yang disebut dengan pasang purnama (*spring tide*). Sedangkan ketika posisi bumi-bulan-matahari berada pada tegak lurus maka akan terbentuk pasang perbani (*neap tide*). Resultan gaya antara gaya sentrifugal dan gaya tarik bulan inilah yang bertanggung jawab terhadap terjadinya fenomena pasang surut yang terjadi di laut (Azis, 2006).

Pasang surut terbentuk akibat adanya gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal merupakan dorongan ke arah luar pusat rotasi bumi. Gravitasi memiliki variasi secara langsung terhadap massa namun berbanding terbalik dengan jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dibandingkan dengan matahari, namun gaya tarik gravitasi oleh bulan dua kali lebih besar dibandingkan dengan gaya tarik matahari dalam pembangkitan pasang surut. Hal ini dikarenakan jarak antara bumi dengan bulan lebih dekat daripada jarak bumi

dengan matahari. Gaya gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari (Triatmodjo, 1999).

Menurut Hidayati (2017), terdapat beberapa definisi pasang surut seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kedudukan air laut

Parameter Elevasi	Keterangan
HWL (<i>High Water Level</i>)	Muka air tinggi saat air pasang dalam satu siklus pasut
LWL (<i>Low Water Level</i>)	Kedudukan air terendah saat air surut dalam siklus pasut
MHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	Rerata muka air tinggi selama periode 19 tahun
MLWL (<i>Mean Low Water Level</i>)	Rerata muka air rendah selama periode 19 tahun
MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	Rerata dari rerata muka air tinggi dan rerata muka air rendah. Digunakan untuk elevasi daratan
HHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	Air tertinggi saat pasut purnama
LLWL (<i>Lowest Low Water Level</i>)	Air terendah saat pasut purnama, digunakan untuk keperluan kedalaman alur pelayaran dan kolam pelabuhan

Kemudian untuk mengetahui perhitungan pasang surut di suatu perairan terdapat dua cara. Djaja (1989), menyatakan cara pertama adalah cara Konvensional, yaitu dengan mengambil rata-rata dari semua data pengamatan, dimana nilai yang didapatkan menyatakan kedudukan permukaan air laut rata-rata. Cara kedua adalah dengan pengolahan metode *Admiralty*, dimana permukaan air laut rata-rata diperoleh dengan menghitung konstanta komponen harmonik pasang surut. Tujuan adalah untuk menghasilkan komponen dinamik pasang surut berupa nilai konstanta-konstanta harmonik seperti S_0 , M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , MS_4 dan M_4 . Keterangan komponen harmonik hasil pengolahan metode admiralty dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen harmonik metode *admiralty*

No	Komponen Harmonik	Keterangan
1	S ₀	Pasang surut tunggal utama yang dipengaruhi gaya tarik matahari
2	M ₂	Pasang surut tunggal utama yang dipengaruhi gaya tarik bulan
3	S ₂	Pasang surut ganda utama yang dipengaruhi matahari
4	N ₂	Pasang surut ganda utama yang dipengaruhi bulan
5	K ₁	Pasang surut yang dipengaruhi deklimasi bulan dan matahari
6	K ₂	Pasang surut yang dipengaruhi perubahan jarak matahari
7	O ₁	Pasang surut yang dipengaruhi deklimasi bulan
8	P ₁	Pasang surut yang dipengaruhi oleh deklimasi matahari terhadap sudut matahari
9	M ₄	Pasang surut yang dipengaruhi ganda M ₂
10	MS ₂	Pasang surut yang dipengaruhi M ₂ dan S ₄

Komponen harmonik dapat digunakan untuk menentukan datum vertikal dan menghitung nilai *formzahl* (F). Menurut Qhomariyah dan Yuwono (2016) untuk mengetahui tipe pasang surut pada suatu perairan dapat ditentukan berdasarkan nilai *formzahl*. mendapatkan nilai ini dapat digunakan sebuah rumus yaitu:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Menurut Fadilah (2014), nilai *formzahl* memiliki *range* tertentu yang digunakan untuk mengklasifikasi tipe pasang surut di suatu lokasi. *Range formzahl* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan *formzahl*

Nilai <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut
0.00 < F ≤ 0.25	Setengah Harian (Semidiurnal/Ganda)
0.25 < F ≤ 1.50	Campuran condong harian ganda (Condong Ganda)
1.50 < F ≤ 3.00	Campuran condong harian tunggal (Condong Tunggal)
F > 3.00	Harian (Tunggal)

2.4 Gelombang Laut

Menurut Loupatty (2013), gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya suatu badan perairan secara perlahan yang dapat ditemui diseluruh perairan di

dunia. Pembangkit utama yang menyebabkan timbulnya gelombang ini adalah adanya hembusan angin dipermukaan. Angin berhembus diatas permukaan air mengakibatkan air yang semula tenang akan menerima gangguan sehingga muncul riak-riak kecil diatas permukaan air. Riak-riak tersebut yang semula kecil akan semakin besar apabila angin yang berhembus semakin kuat serta terus menerus. Pergerakan massa air yang ditimbulkan oleh angin dapat menghasilkan momentum dan energi sehingga gelombang yang terbentuk menjadi tidak menentu. Hal inilah yang menyebabkan gelombang yang dibangkitkan oleh angin memiliki bentuk yang sangat bervariasi serta arah perambatan yang tidak menentu.

Gelombang yang terbentuk di laut terdiri dari beberapa bagian diantaranya:

1. Puncak gelombang (*crest*) merupakan titik tertinggi dari sebuah gelombang;
2. Lembah gelombang (*trough*) merupakan titik terendah dari sebuah gelombang yang terletak diantara dua puncak gelombang;
3. Panjang gelombang (*wave length*) adalah jarak yang berbentuk mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang;
4. Tinggi gelombang (*wave height*) adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang;
5. Periode gelombang (*wave period*) adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik (Kurniawan *et al.*, 2014).

Pada dasarnya, gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkit gelombang tersebut. Salah satu faktor utama pembangkit gelombang di laut adalah angin. Angin yang berada di atas permukaan laut akan mentransfer energinya ke perairan yang kemudian menimbulkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi gelombang. Selain angin, adanya aktivitas benda-benda luar angkasa yaitu gaya tarik menarik antara bumi-bulan-matahari dapat menyebabkan terjadinya gelombang yang terjadi secara berkala (pasang surut). Adanya gempa baik

tektonik maupun vulkanik yang terjadi di dasar laut akan memicu terjadinya gelombang yang disebut dengan gelombang *tsunami*. Pergerakan kapal yang sedang melaju juga akan menyebabkan terbentuknya gelombang di suatu perairan (Kurniawan *et al.*, 2014).

Salah satu pembangkit utama terjadinya gelombang dipermukaan laut ialah adanya angin yang bertiup dan mengenai lapisan atas suatu perairan. Setidaknya terdapat dua istilah yang menggambarkan gelombang laut, yaitu *sea wave* dan *swell*. *Sea wave* merupakan gelombang laut yang masih dalam pengaruh angin dan memiliki bentuk yang tidak teratur. Berbeda dengan *swell* dimana ia merupakan gelombang yang lebih panjang dari *sea wave* dan terbentuk setelah terjadinya *sea wave* dalam artian sudah tidak terpengaruh oleh angin. *Swell* dibentuk oleh gelombang-gelombang frekuensi atau panjang gelombangnya hampir sama serta memiliki bentuk yang sudah teratur apabila dibandingkan dengan *sea wave* (Azis, 2006).

2.5 Matrix Laboratory (MATLAB)

Matrix Laboratory (Matlab) merupakan suatu program yang diciptakan untuk meningkatkan kecepatan dan keakuratan dalam perhitungan materi aljabar linier. Perkembangan program ini dapat membuat pengerjaan menjadi lebih efisien serta hasil yang didapatkan lebih akurat. Disisi lain, Matlab dapat memvisualisasikan grafik baik dalam bentuk 2 dimensi maupun 3 dimensi. Visualisasi yang baik tentunya dapat mempermudah bagi orang awam dalam membaca suatu perhitungan matematika rumit. Maka dari itu, *software* ini sangat cocok digunakan dalam perhitungan matematika dengan tingkat akurasi yang tinggi serta pemakaiannya yang terbilang mudah (Cahyono, 2013).

Matlab memiliki beberapa keunggulan dalam pengolahan grafik serta suara dengan mudah dan fleksibel. Karakteristik dari *software* Matlab ialah bahasa

pemrograman berdasarkan matriks (baris dan kolom). *Software* ini juga memiliki *toolbox* yang dapat digunakan untuk kebutuhan yang lebih spesifik seperti *simulink*, *neural network*, *state flow*, *signal processing blockset* dan lain sebagainya. Penulisan kode (coding) pemrograman tidak perlu meng-*array* terlebih dahulu. Kelebihan Matlab dibanding *software* lain yaitu memiliki waktu pengembangan program yang lebih cepat dibandingkan dengan pemrograman lain seperti *Fortran* dan C (Caesarendra *et al.*, 2011).

2.6 Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) adalah suatu algoritma yang digunakan untuk menghitung transformasi fourier diskrit dengan cepat dan efisien. Metode ini digunakan untuk mentransformasi sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi. *Fast Fourier Transform* (FFT) diterapkan dalam beragam bidang dari pengolahan sinyal digital dan memecahkan persamaan diferensial parsial menjadi algoritma-algoritma penggandaan bilangan intefer dalam jumlah banyak. Adapun kelas dasar dari FFT yaitu *Decime in Time* (DIT) dan *Decimation in Frequency* (DIF). Garis besar dari kata *Fast* diartikan karena formulasi FFT jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode perhitungan algoritma *fourier transform* sebelumnya (Sipasulta *et al.*, 2014).

Fourier Transform (FT) adalah operasi matematika yang digunakan secara luas. Penggunaan metode ini bertujuan untuk mengembangkan strategi agar *Fast Fourier Transform* lebih efisien dan untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk perhitungan. Transformasi matematis ini membuat pemrosesan gambar dengan ukuran data yang lebih besar menjadi praktis. Pada dasarnya, *Fourier Transform* menyatakan bahwa fungsi apa pun dapat dinyatakan sebagai integral dari sinus dan / atau cosinus yang dikalikan dengan fungsi pembobotan. Ia bekerja untuk segala macam fungsi kompleks, selama memenuhi beberapa

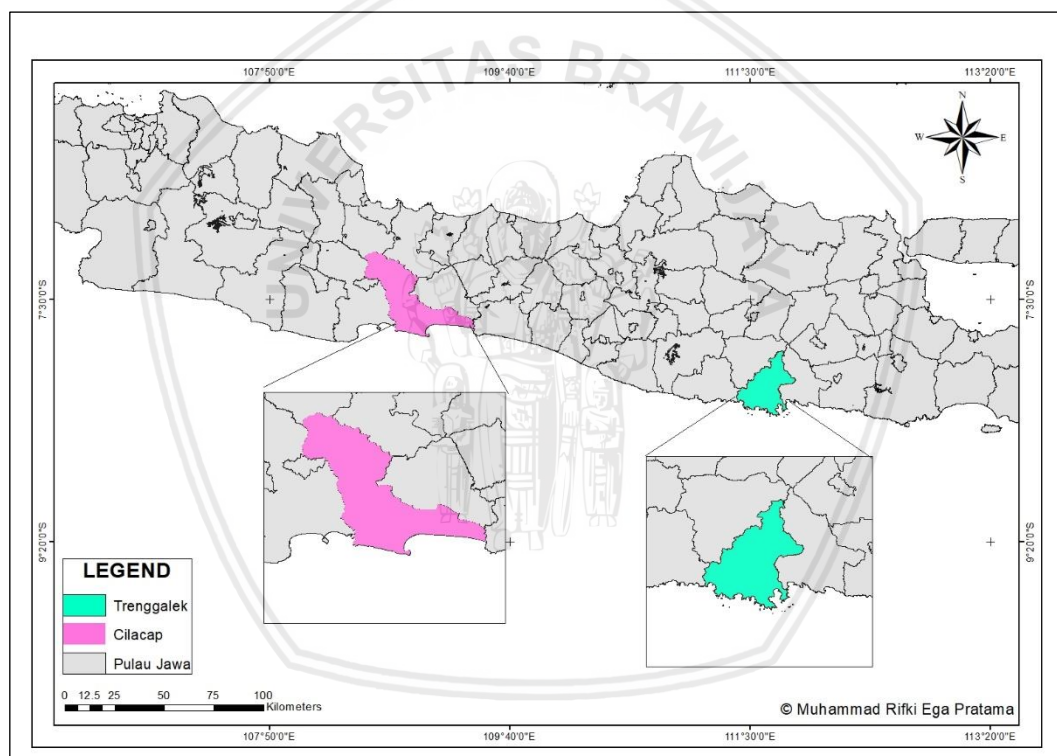
kondisi matematika ringan, ia dapat direpresentasikan dengan cara seperti itu. Fungsi dinyatakan dalam transformasi *fourier* yang kemudian dapat direkonstruksi sepenuhnya melalui proses invers (Haque & Uddin, 2011).



3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengolahan data penelitian ini dilakukan pada 4 Maret 2019 sampai dengan 1 April 2019 di Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Ancol, Jakarta Utara. Lokasi objek penelitian ini adalah pesisir Cilacap dan Prigi (Trenggalek) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta studi area penelitian banjir rob di Cilacap dan Prigi (Trenggalek) tahun 2013-2018

3.2 Alat dan Bahan

Analisis banjir rob (*sea inundation*) di pesisir Cilacap dan Prigi periode 2013-2018 membutuhkan alat dan bahan sebagai penunjang penelitian dalam menganalisis kejadian banjir rob.

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari pengumpulan data hingga penyusunan laporan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Alat yang digunakan dalam penelitian banjir rob di Cilacap dan Prigi tahun 2013-2018

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Laptop	NVIDIA GEFORCE 720M, intel CORE i3	Media untuk proses pengolahan data
2	Flashdisk	Kapasitas 8gb	Menyimpan data
3	Software Google Earth Pro	Versi 2019	Membuat garis <i>fetch</i>
4	ArcGIS	Versi 10.3	Membuat peta lokasi
5	Software Matlab	Versi R2009a	Menampilkan grafik visualisasi banjir rob
6	Software Ocean Data View	Versi 2015	Menentukan titik koordinat/ <i>cropping</i>
7	Software WRPlot	Versi 2019	Membuat <i>windrose</i>
8	Software Ms. Word	Versi 2010	Menyusun laporan skripsi
9	Software Ms. Excel	Versi 2010	Mengolah dan menyortir data
10	Software TextPad	Versi 4.6.2: 32-bit	Konversi data .xls ke .txt
11	Software PAST	Versi 3.2.6	Uji statistik

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian banjir rob ini dapat dilihat pada Tabel 5.

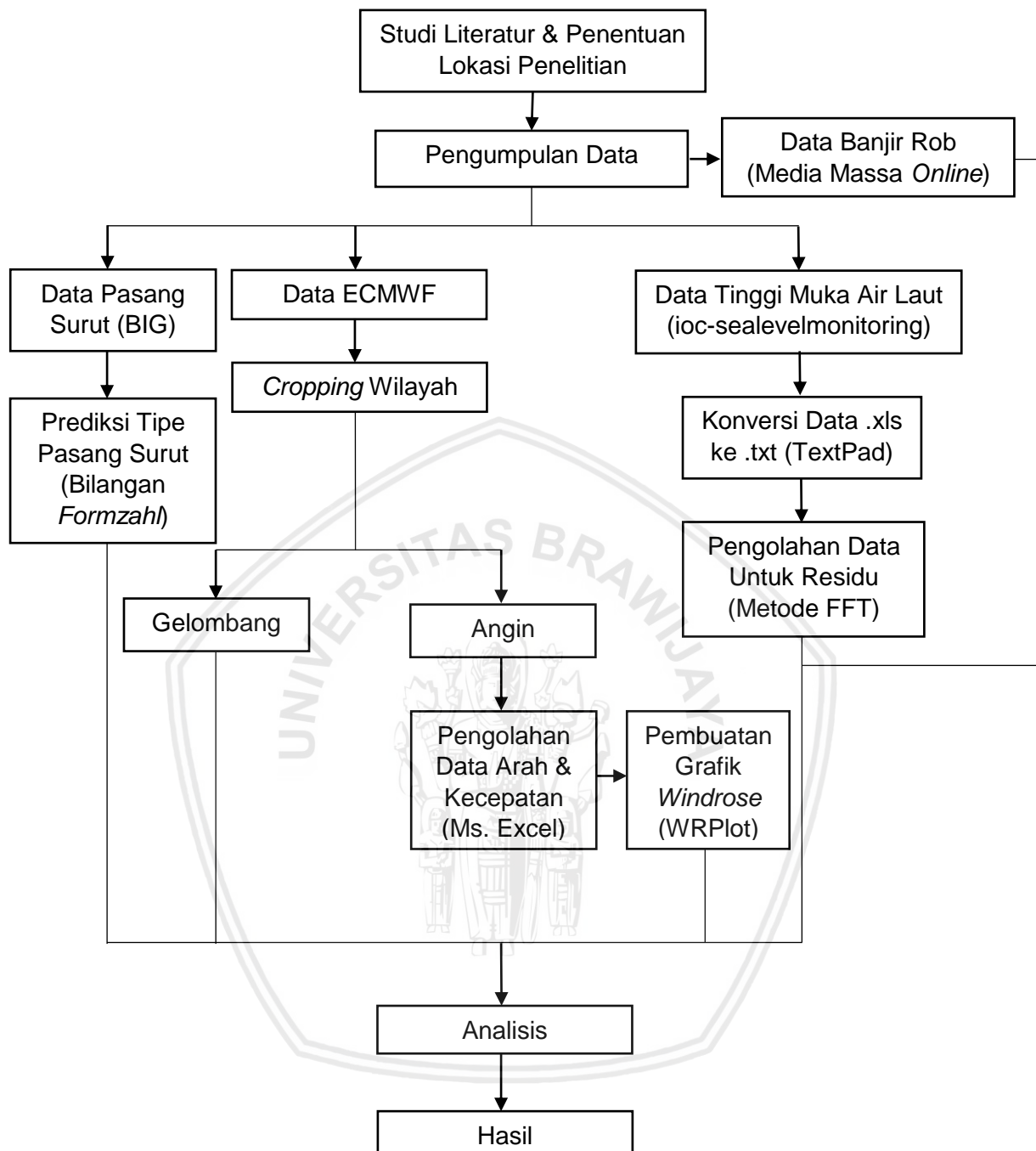
Tabel 5. Bahan yang digunakan dalam penelitian banjir rob di Cilacap dan Prigi tahun 2013-2018

No	Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Data IOC (https://ioc-sealevelmonitoring.com)	Data elevasi muka air laut per menit tiap periode kejadian banjir rob (interval 1 minggu di tiap kejadian banjir rob) yang terjadi pada kurun waktu 2013-2018.	Sebagai data pendugaan banjir rob dengan mendapatkan anomali kenaikan muka air laut.
2	Data ECMWF (https://ecmwf.intl)	Data angin dan gelombang selama	Sebagai data yang digunakan untuk

		1 bulan di tiap waktu terjadinya banjir rob kurun waktu 2013-2018.	mengetahui ketinggian gelombang, perhitungan kecepatan angin serta untuk menampilkan grafik <i>windrose</i> .
3	Data Kejadian Banjir Rob	Data kejadian banjir rob yang didapat di media massa <i>online</i> yang terjadi di Cilacap dan Trenggalek selama tahun 2013-2018.	Sebagai data yang digunakan untuk mengetahui daftar kejadian banjir rob yang terjadi selama tahun 2013-2018 di Cilacap dan Trenggalek
4	Data Pasang Surut BIG (http://tides.big.go.id/)	Data pasang surut selama 1 bulan di tiap waktu terjadinya banjir rob kurun waktu 2013-2018	Sebagai data yang digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengenai analisis banjir rob ini meliputi studi literatur, menentukan lokasi penelitian, pengunduhan data-data yang dibutuhkan, pengolahan data, serta interpretasi dan analisis kejadian banjir rob. Adapun diagram alir dari penelitian analisis banjir rob ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir prosedur penelitian mengenai analisis banjir rob mulai dari studi literatur hingga analisis akhir

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian diantaranya berupa data kejadian banjir rob di Cilacap serta Prigi dalam kurung waktu 6 tahun selama 2013-2018 yang berasal dari media massa *online*. Ketinggian muka air laut yang diperoleh dari *sea level monitoring facility* (www.ioc-sealevelmonitoring.org) dalam kurun

waktu 6 tahun periode 2013-2018 sesuai dengan kejadian banjir rob yang diketahui dari media massa *online*. Data tersebut selanjutnya dipisahkan antara data pasut dengan non pasut menggunakan *software* Matlab serta memakai metode *Fast Fourier Transform* (FFT) yang diperoleh dari Pusat Riset Kelautan Ancol dimana dari data tersebut dapat dilihat anomali kenaikan muka air laut yang diindikasikan terjadinya banjir rob pada waktu tersebut. Penerapan metode ini dalam melakukan pendugaan terhadap terjadinya banjir rob sudah pernah dilakukan oleh Jamalludin *et al* (2016) yang melakukan penelitian di Jakarta bagian utara kurun waktu 2013-2015.

Selanjutnya, untuk menduga faktor pembangkit lain penyebab terjadinya banjir rob yaitu dengan melihat hubungan banjir rob terhadap gelombang, angin serta pasang surut. Data pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), sedangkan data gelombang dan angin diperoleh dari situs resmi *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Dasar pertimbangan penulis menggunakan data sekunder ECMWF karena data dari ECMWF merupakan data *reanalysis* serta asimilasi data satelit dan data *insitu*. Disisi lain, penulis memerlukan data 6 tahun (2013-2018) untuk melakukan prediksi ketinggian gelombang serta kecepatan angin untuk dikaitkan dengan kejadian banjir rob. Salah satu penelitian yang menggunakan data ECMWF yaitu penelitian yang dilakukan oleh Lubis M.A dan Hanah (2016) yang menggunakan data ECMWF untuk menghitung tinggi gelombang, kecepatan dan arah angin.

Analisis akhir dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif serta uji statistik *Principal Component Analysis* (PCA). Analisis deskriptif adalah analisis yang menggunakan uraian kualitatif tentang temuan atau data, hubungan antar data, ataupun penyebab lain yang memiliki pengaruh terhadap penelitian merupakan data yang harus dijelaskan secara deskriptif. Analisis deskriptif berusaha memberikan gambaran mengenai hubungan antara fenomena yang

diteliti dengan aktual, faktual dan sistematis. Dalam pengaplikasiannya, analisis ini perlu dibantu dengan data kuantitatif hasil dari proses pengolahan.

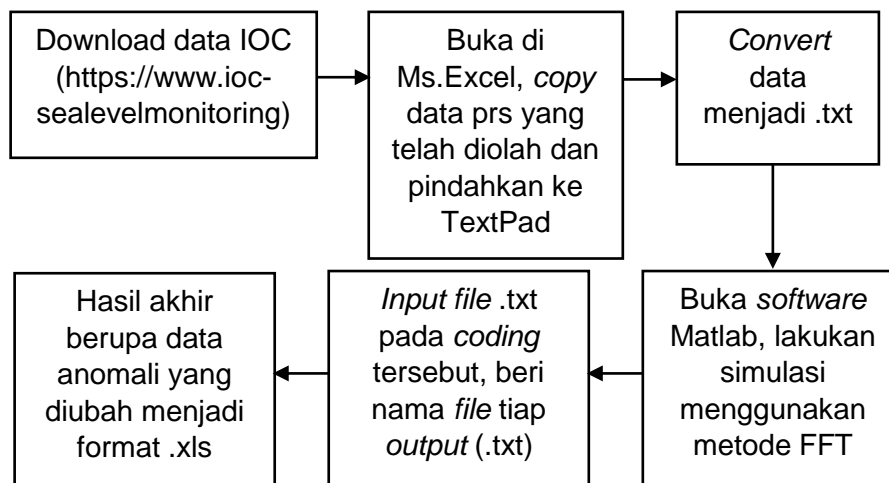
Metode analisis statistik PCA dapat digunakan untuk mengubah data dimensi yang lebih tinggi ke dimensi yang lebih rendah yang berguna dalam analisis data, visualisasi, *feature extraction* atau kompresi data (Raiko et al., 2007). Kelebihan dari metode PCA adalah data akan menjadi lebih sederhana dan waktu yang dibutuhkan untuk pengklasifikasian data menjadi lebih sedikit (Blei, 2008; Fachri et al., 2015). Hasil dari analisis PCA ini akan menunjukkan variabel yang paling mempengaruhi anomali kenaikan muka air laut.

3.5 Pengolahan Data

Data elevasi muka air laut yang diperoleh dari IOC selanjutnya dilakukan pengolahan untuk mendapatkan data residu muka air laut. Data yang diperoleh dari ECMWF diolah untuk mendapatkan data kecepatan angin serta tinggi gelombang tiap kejadian banjir rob. Sedangkan data BIG digunakan untuk mengetahui ketinggian pasang surut dan tipe pasang surut pada tiap wilayah penelitian.

3.5.1 Pengolahan Data IOC

Data yang dibutuhkan didapat berawal dari hasil perekaman tinggi elevasi muka air laut yang diperoleh dari situs resmi IOC kemudian disesuaikan dengan kejadian banjir rob selama tahun 2013-2018 di stasiun perekaman Cilacap dan Prigi. Data tersebut lalu diolah untuk mendapatkan anomali pasang air laut dengan menggunakan metode FFT (Gambar 3).

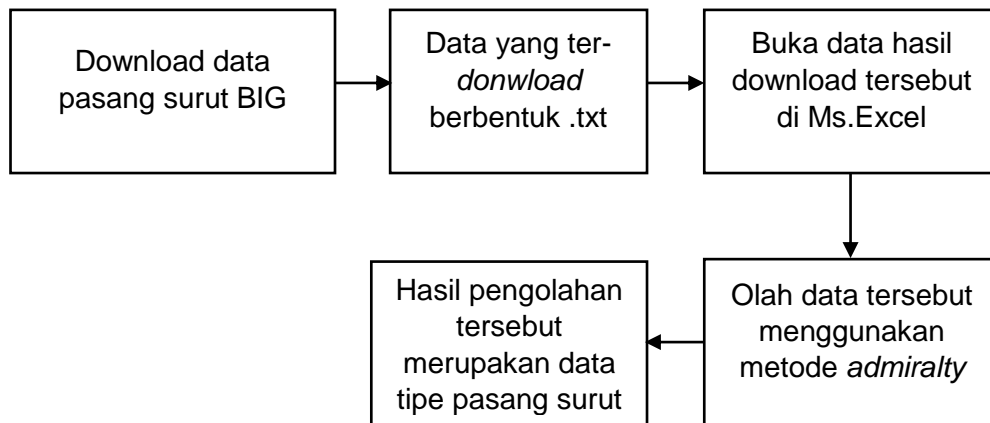


Gambar 3. Alur pengolahan data IOC untuk mendapatkan data residu muka air laut yang diduga merupakan fenomena banjir rob

Pemisahan data pasang surut dengan data non pasang surut (residu) menggunakan *script* yang telah tersedia di Pusat Riset Kelautan Perikanan dan Kelautan (KKP Ancol). *Output* data tersebut berbentuk .txt yang kemudian diubah menjadi .xls. Selanjutnya data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat terlihat residu yang terjadi dimana anomali residu tersebut diduga merupakan fenomena banjir rob.

3.5.2 Pengolahan Data BIG

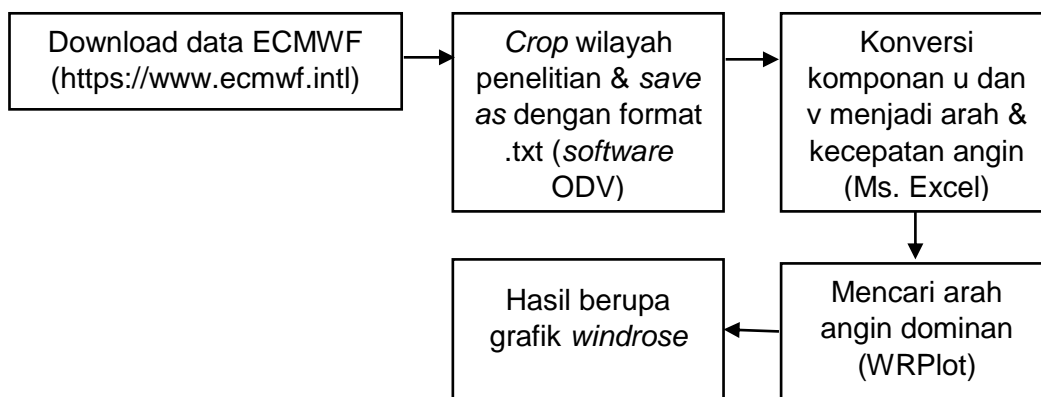
Data yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini merupakan data pasang surut bulanan yang diperoleh dari situs resmi BIG (<http://tides.big.go.id/>) yang disesuaikan dengan bulan kejadian banjir rob yang tercatat di media massa *online* selama tahun 2013-2018 di Cilacap dan Prigi. Data yang diunduh memiliki interval waktu 1 jam berbentuk format .txt yang kemudian diubah menjadi .xls. Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan metode *admiralty* untuk mengetahui tipe pasang surut pada daerah penelitian.



Gambar 4. Alur pengolahan data BIG untuk mendapatkan data dan tipe pasang surut

3.5.3 Pengolahan Data ECMWF

Data yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini merupakan data angin dengan ketinggian 10 meter dimana data tersebut merupakan data peramalan yang disesuaikan dengan kejadian banjir rob yang tercatat di media massa *online* selama tahun 2013-2018 di Cilacap dan Prigi dengan interval waktu 6 jam. Format data hasil *download* berupa netcdf (.nc) yang kemudian data tersebut diekstrak menjadi *.txt menggunakan *software Ocean Data View (ODV)*. Selanjutnya, komponen arah (u) dan kecepatan (v) diolah menggunakan *software Ms.Excel* untuk dikonversi untuk mendapatkan arah dan kecepatan. Selain itu, pengolahan data menggunakan WRPlot digunakan untuk memperoleh grafik *windrose* (Gambar 5).



Gambar 5. Alur pengolahan data angin ECMWF untuk mendapatkan grafik *windrose*

4. HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Rekapitulasi Kejadian Banjir Rob

Informasi kejadian banjir rob periode 2013-2018 di pesisir Cilacap dan Prigi didapatkan dari media massa *online* (Lampiran 3). Hasil rekapitulasi kejadian banjir rob yang tercatat selama kurun waktu 2013-2018 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi kejadian banjir rob di Cilacap dan Prigi yang tercatat di media massa *online*

NO	TANGGAL KEJADIAN	LOKASI KEJADIAN	KETINGGIAN (m)		WAKTU (WIB)	SUMBER
			Min.	Max.		
1.	25/5/2013 (Kejadian 1)	Kecamatan Kampung Laut, Cilacap	-	0,2	-	https://www.antaranews.com/berita/376716/15-tps-di-kampunglaut-cilacap-terendam-rob
2.	28/5/2013 (Kejadian 1)	Kecamatan Kampung Laut, Cilacap	0,15	0,3	Malam	https://nasional.tempo.co/read/483914/ribuan-rumah-di-kampung-laut-terendam/full&view=ok
3.	20/4/2014 (Kejadian 2)	Kelurahan Tegalkamulyan, Kabupaten Cilacap	0,1	0,5	11:30	https://nasional.republika.co.id/berita/nasional/jawa-barat-nasional/14/04/20/n4bog-l-ratusan-rumah-warga-cilacap-terendam-banjir-rob
4.	8/6/2016 (Kejadian 3)	Kelurahan Tegalkamulyan Cilacap	-	0,6	08:00	http://rri.co.id/purwokerto/post/berita/282260/cilacap/banjir_rob_pantai_selatan_450_rumah_warga_terendam.html
5.	8/6/2016 (Kejadian 6)	Pantai Pasir Putih, Prigi, Trenggalek	-	-	-	https://nasional.tempo.co/read/778238/rob-dan-gelombang-pasang-melanda-24-kabupaten-dan-kota
6.	17/6/2016 (Kejadian 7)	Pantai Pasir Putih, Prigi, Trenggalek	-	-	Pagi hingga siang	http://surabayaonline.co/2016/06/17/setelah-banjir-rob-kunjungan-wisatawan-di-pesisir-pantai-trenggalek-sepi/
7.	3/12/2017 (Kejadian 4)	Kecamatan Cilacap Selatan	0,1	0,4	19:00- 22:00	https://www.liputan6.com/regional/read/318393

8.	24/7/2018 (Kejadian 5)	dan Kecamatan Kampung Laut. Jalan Kalimantan, Cilacap (Tegalkamulyan) , dan jalan kecil di Pantai Cemara Sewu, Desa Jetis, Kecamatan Nusawungu	0,5	20:00- 22:00	9/banjir-rob-landa-2-kecamatan-di-cilacap https://jateng.antaranews.com/berita/197575/bp-bd-cilacap-antisipasi-rob-dan-gelombang-tinggi
----	---------------------------	--	-----	-----------------	---

Selama tahun 2013- 2018 di pesisir Cilacap serta pesisir Trenggalek tercatat bahwa terjadi 8 fenomena banjir rob dengan tinggi genangan yang bervariasi. Data tersebut kemudian dikelompokkan menjadi 7 kejadian yaitu kejadian 1-5 untuk wilayah Cilacap (23-30 Mei 2013, 17-24 April 2014, 5-12 Juni 2016, 30 November-7 Desember 2017, 21-27 Juli 2018) serta kejadian 6-7 untuk wilayah Trenggalek (5-12 Juni 2016, 14-21 Juni 2016).

4.2 Karakteristik Pasang Surut Perairan

Data yang digunakan bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk mengetahui ketinggian pasang surut bulanan (Lampiran 2). Perhitungan menggunakan metode *admiralty* digunakan untuk mengetahui karakteristik pasang surut di perairan Cilacap dan Prigi.

Tabel 7. Konstanta harmonik pasang surut perairan Cilacap

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
(m)	0,001	0,492	0,146	0,107	0,381	0,116	0,002	0,000	0,039	0,126

Tabel 8. Konstanta harmonik pasang surut perairan Prigi

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
(m)	0,001	0,590	0,186	0,123	0,417	0,126	0,002	0,000	0,050	0,138

Untuk mengetahui sifat pasang surut di perairan Cilacap, maka digunakan rumus nilai *formzahl* sebagai berikut:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{0,381 + 0,116}{0,492 + 0,146} = 0,78$$

Sedangkan untuk perairan Prigi, nilai *formzahl* yang didapat yaitu sebagai berikut:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{0,417 + 0,126}{0,590 + 0,186} = 0,7$$

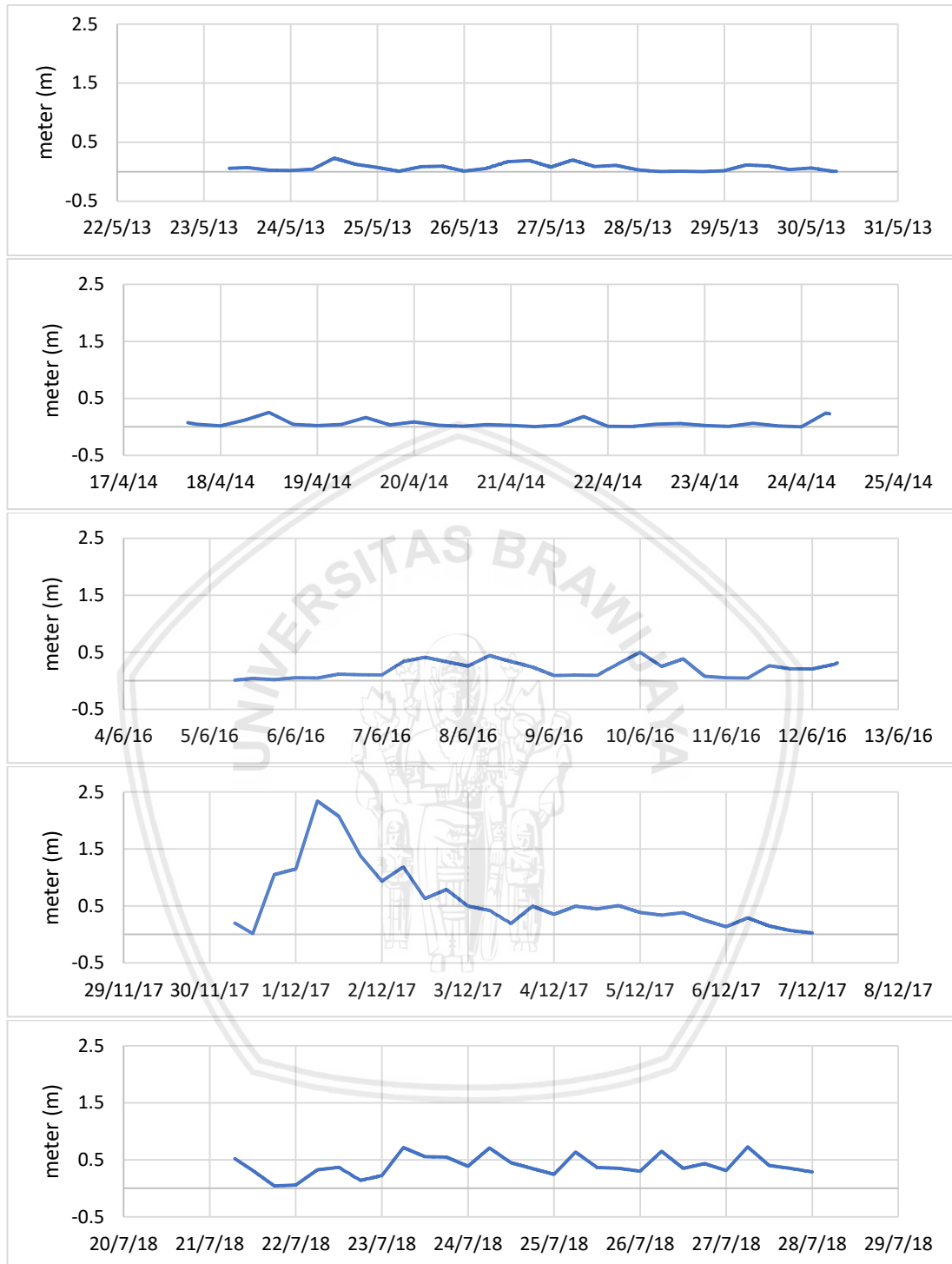
Berdasarkan hasil perhitungan nilai *formzahl* diatas, dapat disimpulkan bahwa kedua wilayah tersebut memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda (Condong Ganda).

4.3 Peramalan Gelombang

Peramalan gelombang dilakukan di 2 wilayah dalam penelitian ini yaitu perairan Cilacap dan Prigi.

4.3.1 Cilacap

Peramalan gelombang di perairan Cilacap, Jawa Tengah menggunakan data ECMWF. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikelompokkan berdasarkan kejadian banjir rob mengacu pada Tabel 6.



Gambar 6. Grafik peramalan gelombang diperairan Cilacap menggunakan data ECMWF selama periode terjadinya banjir rob tahun 2013-2018

Grafik peramalan gelombang (Gambar 6) menunjukkan hasil bahwa pada tanggal 23-30 Mei 2013 tercatat nilai tertinggi sebesar 0,228, nilai terendah sebesar 0,001 m, serta nilai rata-rata sebesar 0,073 m. Pada tanggal 17- 24 April

2014 tercatat nilai tertinggi sebesar 0,252 m, nilai terendah sebesar 0,001 m, serta nilai rata-rata sebesar 0,058 m. Pada tanggal 5-12 Juni 2016 tercatat nilai tertinggi sebesar 0,500 m, nilai terendah sebesar 0,010 m, serta nilai rata-rata sebesar 0,201 m. Pada tanggal 29 November-7 Desember 2017 tercatat nilai tertinggi sebesar 2,339 m, nilai terendah sebesar 0,014 m, serta nilai rata-rata sebesar 0,613 m. Sedangkan pada tanggal 20-28 Juli 2018 tercatat nilai tertinggi sebesar 0,726 m, nilai terendah sebesar 0,041 m, dan nilai rata-rata sebesar 0,396 m .

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat gelombang terbesar terjadi pada periode 29 November-7 Desember 2017 dibandingkan dengan yang terjadi pada saat periode yang lain. Hal ini terjadi akibat adanya badai yang terjadi di Samudera Hindia dimana tercatat oleh BMKG (2019) bahwa berdasarkan pantauan BMKG, siklon tropis "Cempaka" di selatan Jawa telah melemah menjadi depresi tropis (eks-Cempaka) pada 29 November 2011 yang kemudian bergerak ke arah barat daya menjauhi perairan Indonesia. Dampak dari eks-siklon tropis "Cempaka" memberikan pengaruh terhadap kondisi cuaca di Indonesia, seperti hujan dengan intensitas sedang hingga lebat di selatan Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, Bali dan Lombok. Sisa dari siklon tropis tersebut menyebabkan angin kencang hingga 20 knots (36 km/jam) yang berpotensi di wilayah selatan Jawa. Sementara untuk kondisi perairan, hal tersebut menyebabkan terbentuknya gelombang tinggi 2,5-4 meter di perairan selatan Pulau Jawa.

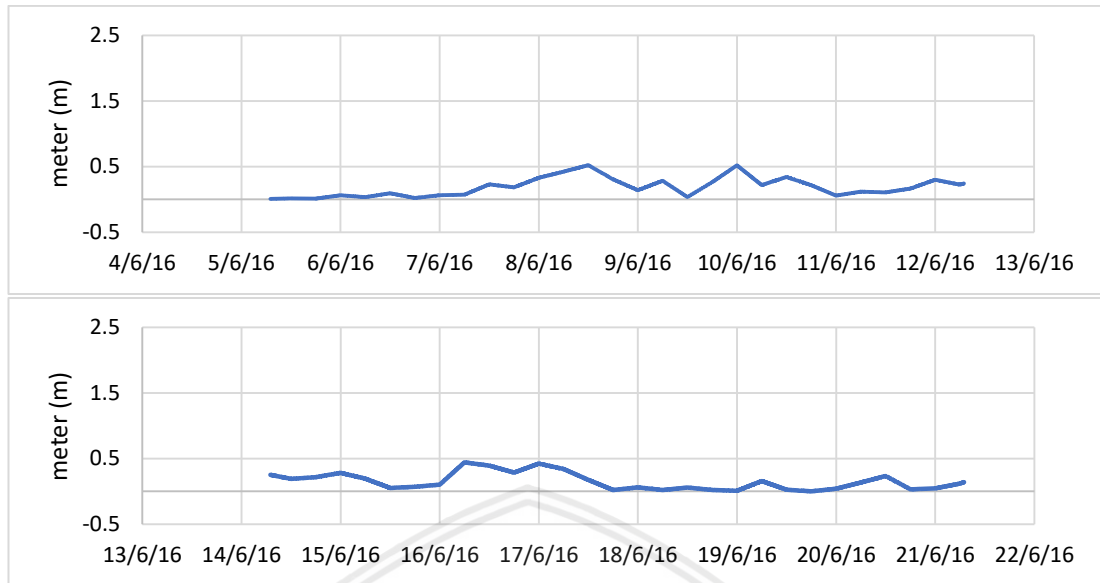
Disisi lain, fenomena gelombang tinggi pada penelitian ini terjadi pada periode bulan Juni dan Juli. Kurniawan *et al.*, (2012) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa variasi spasial dan temporal tinggi gelombang dan frekuensi terjadinya gelombang tinggi memiliki pola yang berasosiasi dengan siklus angin monsun. Wilayah perairan Indonesia yang berdekatan dengan Samudera Hindia,

baik di utara maupun selatan ekuator rawan terjadi gelombang tinggi pada monsun Australia yakni pada bulan Juni-Juli-Agustus. Hung & Yanai (2004) menambahkan bahwa Australia bagian Utara mengalami siklus muson yang kuat sepanjang tahun. Saat musim dingin terjadi di Australia (Juni-September), udara kontinental kering membuat curah hujan lemah sehingga terjadi kemarau/musim dingin di Australia.

Kuatnya hembusan angin tersebut tentu akan mempengaruhi gelombang khususnya di kawasan Samudera Hindia sehingga menyebabkan gelombang yang terbentuk akan lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan yang dikatakan oleh Wyrski (1961) bahwa pada belahan bumi utara khususnya Benua Asia terjadi kenaikan suhu dan penurunan tekanan udara, berbanding terbalik dengan Australia yang menyebabkan terjadinya pergerakan angin dari Australia menuju kawasan Asia.

4.3.2 Prigi

Peramalan gelombang di perairan Prigi, Jawa Timur menggunakan data ECMWF. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikelompokkan berdasarkan kejadian banjir rob mengacu pada Tabel 6.



Gambar 7. Grafik peramalan gelombang di perairan Prigi menggunakan data ECMWF selama periode terjadinya banjir rob tahun 2013-2018

Grafik peramalan gelombang (Gambar7) menunjukkan hasil bahwa pada tanggal 5-12 Juni 2016 tercatat nilai tertinggi sebesar 0,521 m, nilai terendah sebesar 0,007 m, serta nilai rata-rata sebesar 0,188 m. Sedangkan pada tanggal 14-21 Juni 2016 tercatat nilai tertinggi sebesar 0,441 m, nilai terendah sebesar 0,0001 m, serta nilai rata-rata sebesar 0,149 m.

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa gelombang besar terjadi lebih besar pada tanggal 14-21 Juni 2016 dibandingkan dengan yang terjadi pada tanggal 5-12 Juni 2016. Perairan di Pulau Jawa bagian selatan mempunyai karakteristik topografi dasar perairan yang curam serta gelombang besar. Hal ini tidak terlepas dari posisinya yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Perairan di pesisir Trenggalek merupakan salah satu wilayah pesisir yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia sehingga karakteristik gelombang di wilayah tersebut tergolong besar. Berbeda dengan karakteristik perairan laut di Pulau Jawa bagian utara dimana memiliki topografi dasar perairan yang cukup landai dengan kondisi gelombang yang relatif kecil (Mahatmawati *et al.*, 2009).

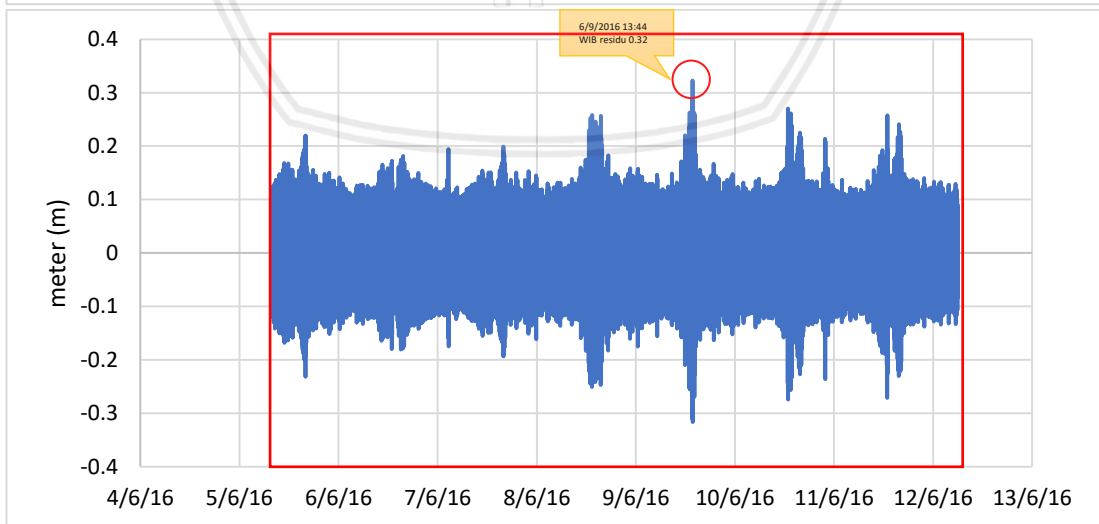
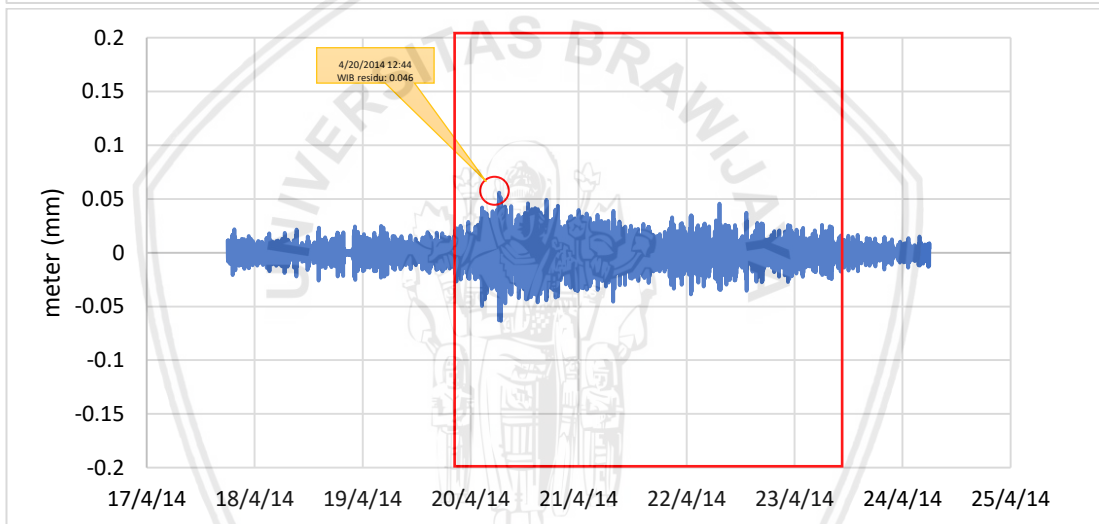
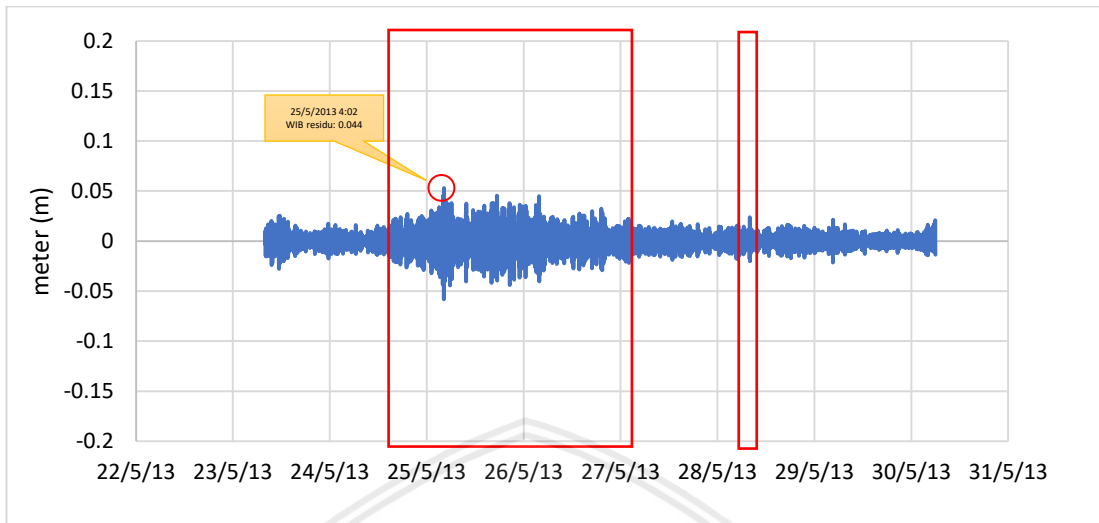
Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Taryono *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa panjang rata-rata gelombang signifikan maksimum di Samudera Hindia lebih panjang dibandingkan dengan yang terjadi di Perairan Indonesia lainnya. Tinggi gelombang yang terbentuk merupakan akibat dari panjang gelombang tersebut sehingga tinggi gelombang di Samudera Hindia pun akan lebih tinggi. Umumnya, periode Musim Timur/Monsun Australia (April – Oktober) menghasilkan panjang gelombang yang lebih signifikan berimbang pada kawasan Samudera Hindia dibandingkan dengan yang terjadi pada periode Musim Barat/Monsun Asia (November-Maret).

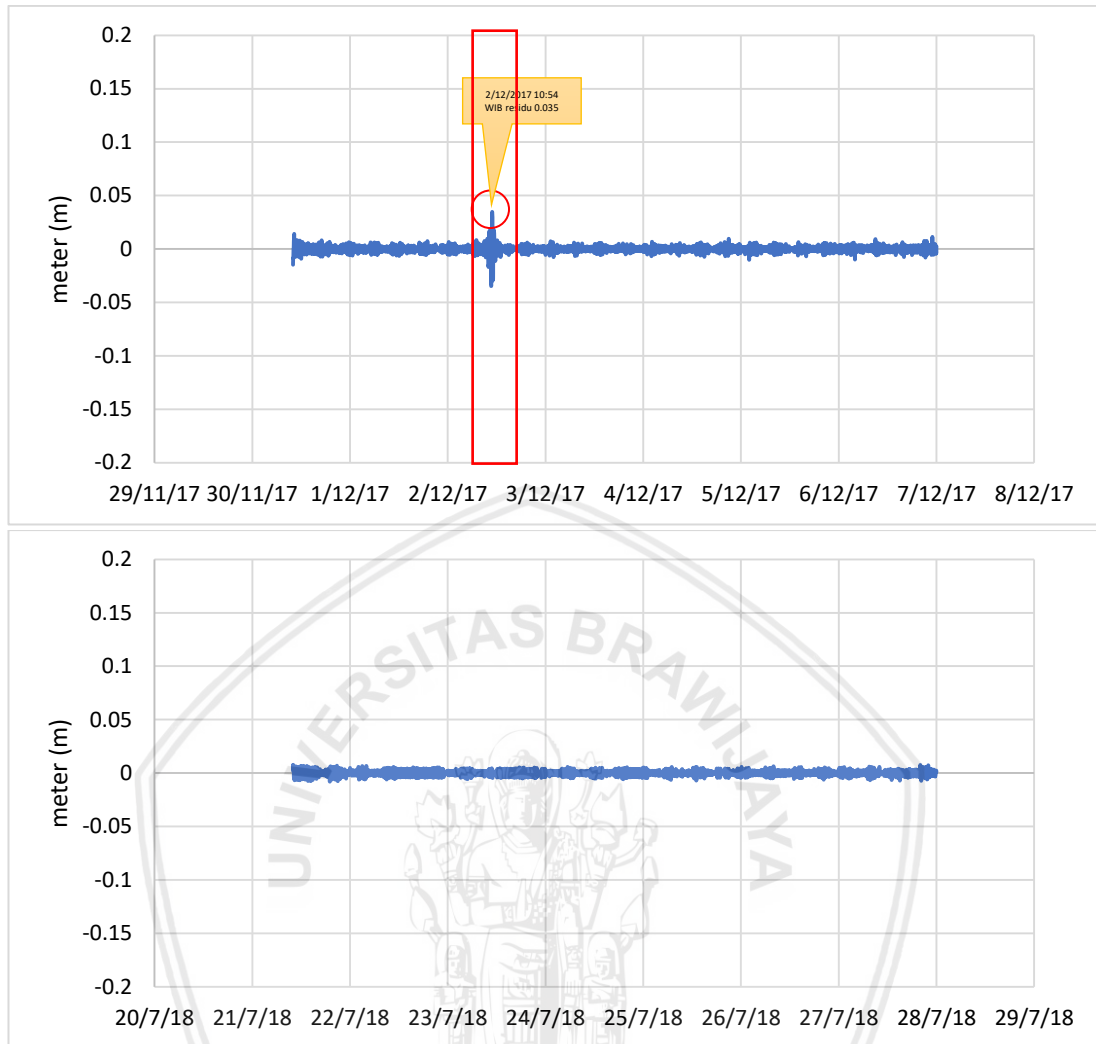
4.4 Simulasi Kejadian Banjir Rob

Pembagian *time series* simulasi kejadian banjir rob yang dilakukan menggunakan *software* Matlab dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dalam penelitian ini disesuaikan berdasarkan kejadian yang mengacu pada Tabel 6.

4.4.1 Cilacap

Simulasi kejadian banjir rob yang terjadi di Cilacap menggunakan metode FFT disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:





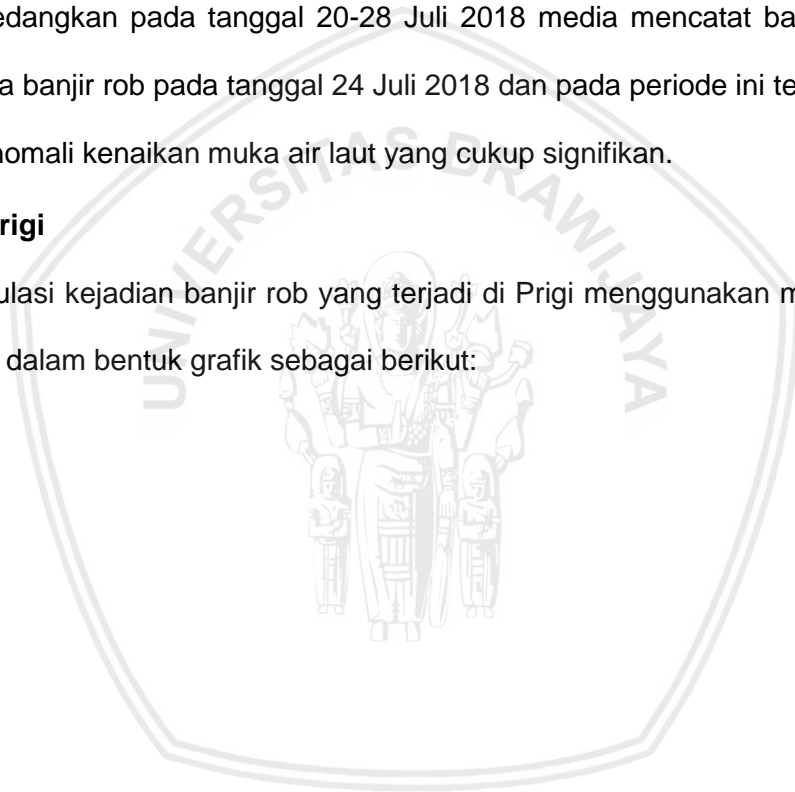
Gambar 8. Residu muka air laut hasil pengolahan data elevasi muka air laut IOC menggunakan *software* Matlab dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) di perairan Cilacap

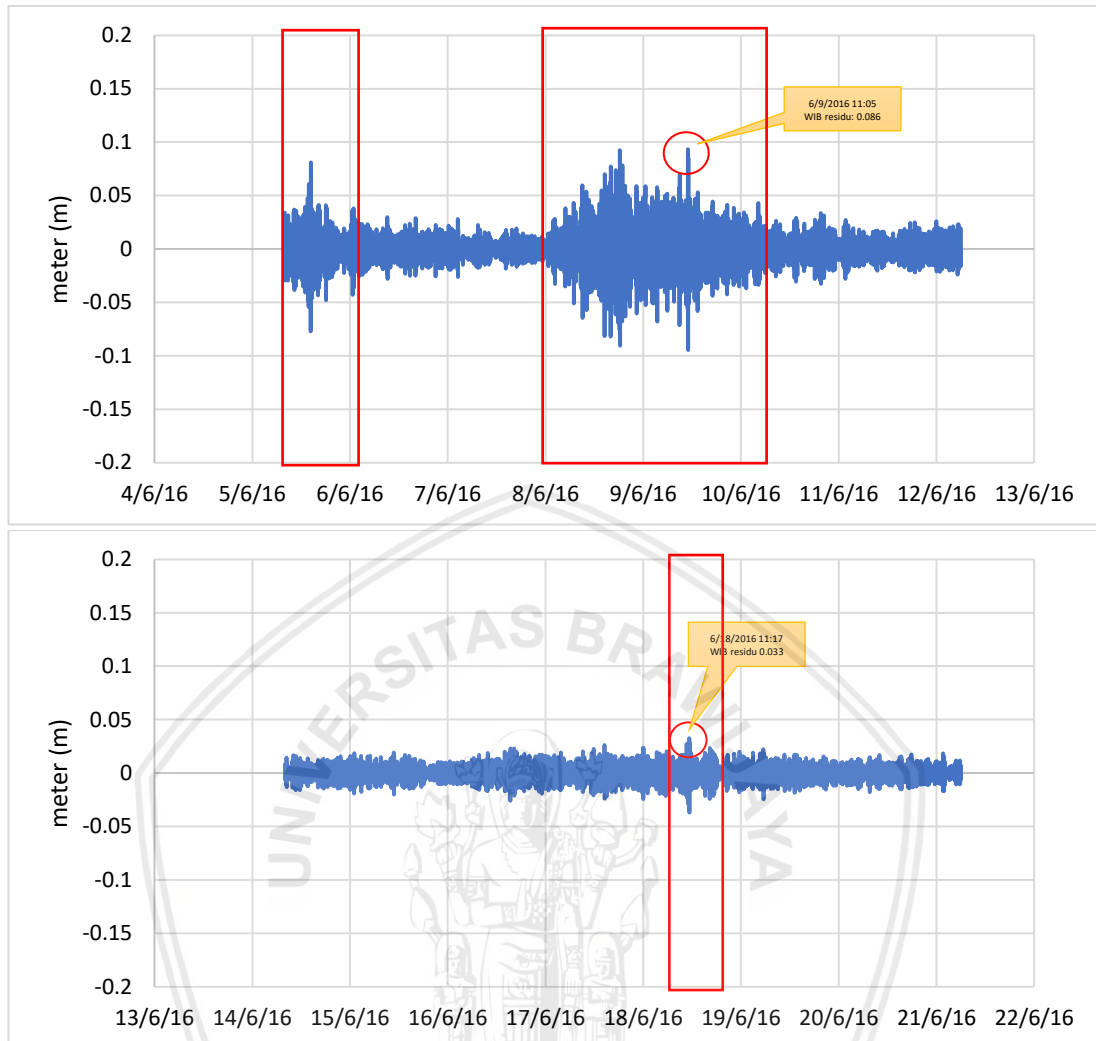
Gambar 8 menunjukkan hasil *running* pengolahan data elevasi muka air laut menggunakan metode FFT yang diduga merupakan banjir rob di Cilacap. Pada simulasi ini, kenaikan muka air laut ditandai dengan kenaikan grafik yang cukup signifikan yang ditandai dengan kotak berwarna merah serta puncak tertinggi ditandai dengan lingkaran merah. Pada tanggal 23-30 Mei 2013 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 25 & 28 Mei 2013 dan pada periode ini tercatat nilai tertinggi sebesar 0,044 m yang terjadi pada tanggal 25 Mei 2013 pukul 4:02 WIB. Pada tanggal 17-24 April 2014 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 20 April 2014 dan pada periode ini

tercatat nilai tertinggi sebesar 0,056 m yang terjadi pada tanggal 20 April 2014 pukul 06:20 WIB. Pada tanggal 5-12 Juni 2016 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 8 Juni 2016 dan pada periode ini tercatat nilai tertinggi sebesar 0,32 m yang terjadi pada tanggal 9 Juni 2016 pukul 13:44 WIB. Pada tanggal 29 November-7 Desember 2017 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 3 Desember 2017 dan pada periode ini tercatat nilai tertinggi sebesar 0,035 m yang terjadi pada tanggal 2 Desember 2017. Sedangkan pada tanggal 20-28 Juli 2018 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 24 Juli 2018 dan pada periode ini tercatat tidak terjadi anomali kenaikan muka air laut yang cukup signifikan.

4.4.2 Prigi

Simulasi kejadian banjir rob yang terjadi di Prigi menggunakan metode FFT disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:





Gambar 9. Residu muka air laut hasil pengolahan data elevasi muka air laut IOC menggunakan *software* Matlab dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) di perairan Prigi

Gambar 9 menunjukkan hasil *running* pengolahan data elevasi muka air laut menggunakan metode FFT yang diduga merupakan banjir rob di Prigi. Pada simulasi ini, kenaikan muka air laut ditandai dengan kenaikan grafik yang cukup signifikan yang ditandai dengan kotak berwarna merah serta puncak tertinggi ditandai dengan lingkaran merah. Pada tanggal 5-12 Juni 2016 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 8 Juni 2016 dan pada periode ini tercatat nilai tertinggi sebesar 0,086 m yang terjadi pada tanggal 9 Juni 2016 pukul 11:05 WIB. Sedangkan pada tanggal 14-21 Juni 2016 media mencatat bahwa terjadi fenomena banjir rob pada tanggal 17 Juni 2016 dan pada periode

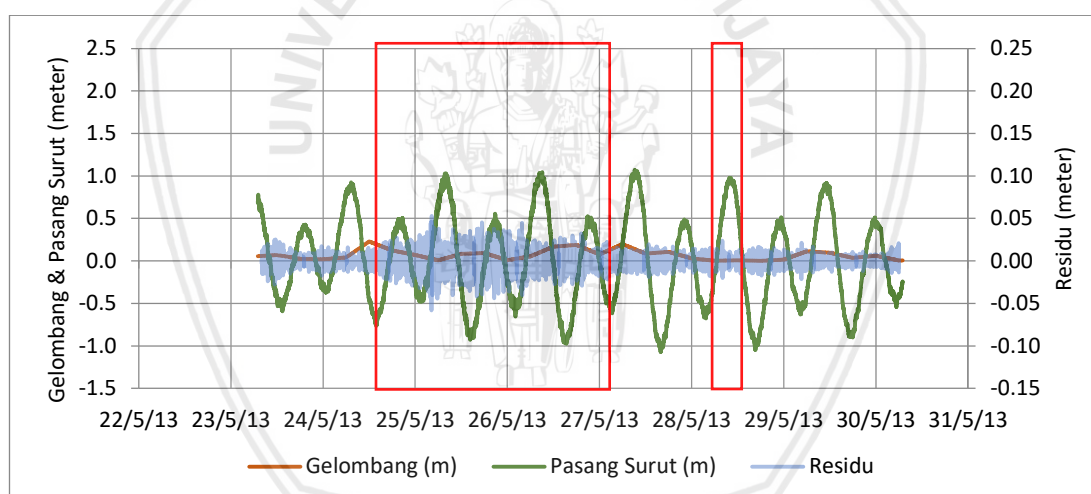
ini tercatat nilai tertinggi sebesar 0,033 m yang terjadi pada tanggal 17 Juni 2016 pukul 11:17 WIB.

4.5 Analisis Korelasi

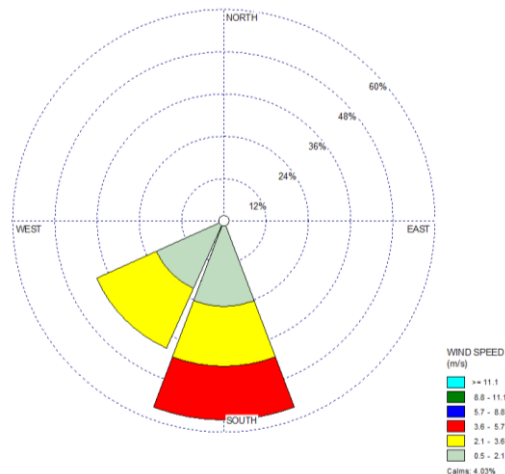
Analisis korelasi dilakukan dengan melihat hubungan antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut, gelombang, dan angin.

4.5.1 Kejadian 1 (Cilacap, 23-30 Mei 2013)

Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob di Cilacap pada 23-30 Mei 2013 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 10. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 23-30 Mei 2013)



Gambar 11. Grafik *windrose* di perairan Cilacap pada bulan Mei 2013

Pada grafik korelasi (Gambar 10) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta angin. Kotak berwarna merah menunjukkan periode terjadinya kenaikan muka air laut yang cukup signifikan dimana diduga terjadi banjir rob. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,51 m serta pasang tertinggi sebesar 1,04 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,06 m serta ketinggian maksimal sebesar 0,19 m. Berdasarkan grafik *windrose* (Gambar 11), hembusan angin pada bulan Mei 2013 di Cilacap dominan mengarah ke Utara dengan kecepatan akhir saat mencapai daratan yaitu pada skala 3,6-5,7 m/s. Sedangkan hembusan angin yang mengarah ke Timur Laut memiliki kecepatan angin dominan berada dalam skala 2,1-3,6 m/s.

Widiyanto (2013) melakukan perhitungan terhadap pergerakan angin di pesisir Cilacap menggunakan metode *Weibull* menunjukkan bahwa kawasan pesisir Cilacap memiliki nilai parameter skala sebesar 3,64 dengan kecepatan angin rata-rata yaitu 3,3 m/s. Analisis untuk menginterpretasikan distribusi probabilitas *Weibull* menghasilkan nilai parameter skala (c) serta parameter

bentuk (k) yaitu $c=3,64$ dan $k=3,26$. Nilai $k \geq 3$ yang didapat menunjukkan bahwa pada daerah tersebut memiliki sifat angin regular/teratur. Berdasarkan kurva distribusi probabilitas *Weibull* memperlihatkan bahwa peluang tertinggi kecepatan angin terjadi di pesisir Cilacap dominan pada skala sebesar 3,6-5,7 m/s. Mengacu kepada penelitian tersebut terlihat bahwa kecepatan angin saat bulan terjadinya kejadian banjir rob berada diatas rata-rata.

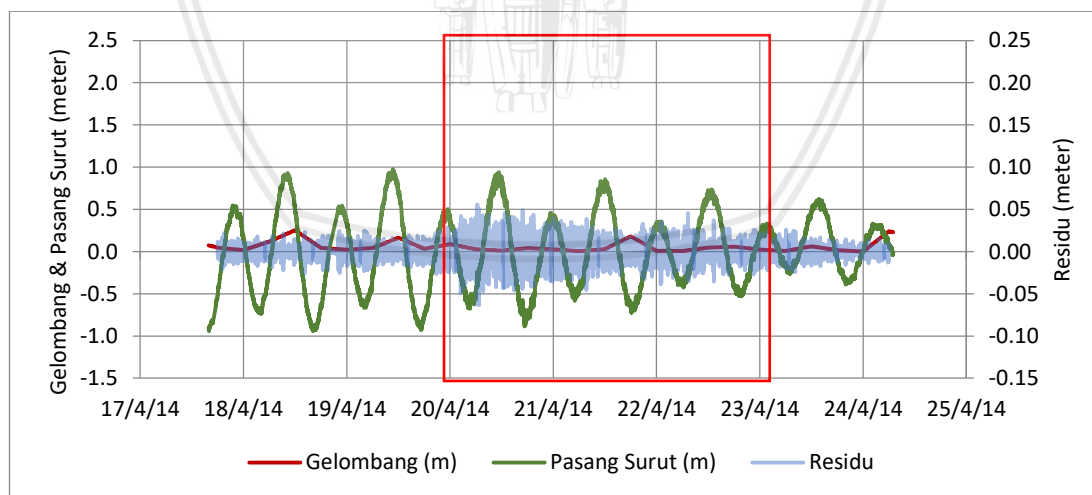
Hal ini menunjukkan bahwa kolaborasi antara angin dan gelombang yang cukup besar serta pasang air laut dapat mempengaruhi kejadian banjir rob. Anomali kenaikan muka air laut terjadi pada saat tanggal 25-26 Mei 2013 serta 28-29 Mei 2013 dimana terlihat bahwa terjadi pasang dan gelombang tinggi serta hembusan angin yang cukup kuat. Tingginya pasang air laut pada periode ini diakibatkan oleh fase bulan purnama yang terjadi pada tanggal 25 Mei 2013 sehingga mempengaruhi pasang surut air laut menjadi lebih tinggi. Pernyataan ini sejalan dengan yang dikatakan oleh Hicks (2006) dimana ia menyebutkan bahwa ketika bulan baru (*new moon*) atau penuh (*full moon*), kekuatan-kekuatan yang dihasilkan antara matahari dan bulan penyebab pasang surut akan saling berkolaborasi. Hal ini meningkatkan terjadinya kenaikan pasang tinggi yang signifikan. Oleh karena itu pasang surut yang kekuatannya lebih diatas rata-rata disebut dengan *spring tides*.

Fenomena banjir rob periode ini terjadi di Kecamatan Kampung Laut, Cilacap. Kampung Laut merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Cilacap yang secara geografis berbatasan dengan Laguna Segara Anakan. Laguna ini merupakan hilir dari sungai-sungai seperti Sungai Citanduy, Sungai Cibereum, Sungai Cikonde, Sungai Cimeneng dan beberapa sungai lainnya (Sulastri *et al.*, 2019). Sukardi (2010) menambahkan bahwa sungai-sungai tersebut membawa lumpur sehingga terjadi sedimentasi sehingga mengalami degradasi yang terus berkelanjutan. Hal ini menyebabkan Kecamatan Kampung Laut secara tidak

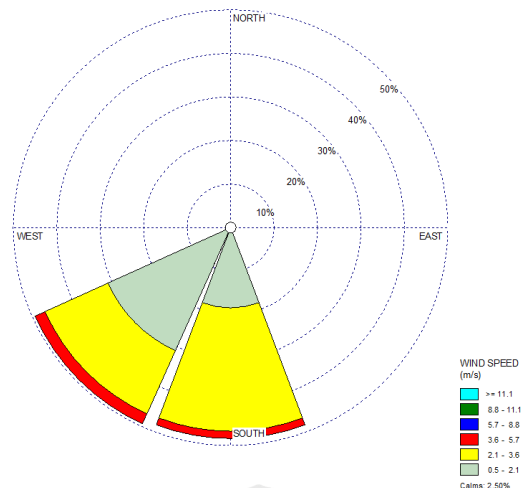
langsung terdampak oleh pendangkalan tersebut sehingga menyebabkan terjadinya bencana alam, salah satunya banjir. Pernyataan tersebut diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusumawardhani *et al.*, (2016) yang menyebutkan bahwa Kecamatan Kampung Laut merupakan daerah yang kerap kali dilanda banjir rob, seperti Desa Klaces. Banjir di kawasan tersebut merupakan akibat dari meluapnya Segara Anakan yang kemudian membanjiri pemukiman dan kawasan pertanian penduduk. Selain dari Segara Anakan, pada musim hujan limpahan air dari Nusa Kambangan mengakibatkan debit air yang mengalir ke kawasan ini semakin bertambah. Hal ini diperparah apabila terjadi pasang yang kuat.

4.5.2 Kejadian 2 (Cilacap, 17-24 April 2014)

Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob yang terjadi di Cilacap pada 17-24 April 2014 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 12. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 17-24 April 2014)



Gambar 13. Grafik *windrose* di perairan Cilacap pada bulan April 2014

Pada grafik korelasi (Gambar 12) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta kecepatan angin. Kotak berwarna merah menunjukkan periode terjadinya kenaikan muka air laut yang cukup signifikan dimana diduga terjadi banjir rob. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,41 m serta pasang tertinggi sebesar 0,94 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,04 m serta ketinggian maksimal sebesar 0,18 m. Berdasarkan grafik *windrose* (Gambar 13), kecepatan angin pada bulan April 2014 di Cilacap berada pada skala 2,1-3,6 m/s berhembus mengarah ke Utara dan Timur Laut (mengarah ke daratan) serta keduanya mengalami peningkatan kecepatan ketika mendekati daratan yaitu berada pada skala 3,6-5,7 m/s.

Gelombang, angin dan meningkatnya muka air secara bersamaan dapat menyebabkan banjir di daerah pantai dataran rendah dimana ketinggian air mungkin merupakan kombinasi dari tinggi muka laut rata-rata, pasang surut dan lonjakan yang dihasilkan oleh peristiwa badai. Pada daerah dengan wilayah pesisir yang luas menyebabkan lonjakan eksternal dapat bergabung dengan

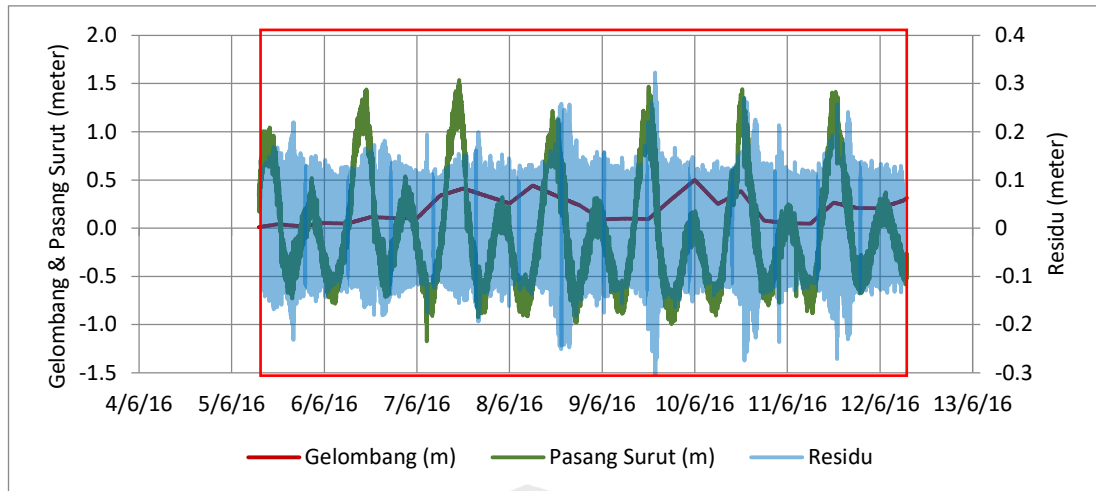
lonjakan lokal dimana gelombang dan pasang surut dapat saling berinteraksi sehingga membentuk energi yang besar (Wolf, 2008).

Dilansir pada media massa *online* Suara.com (2019) dimana ketika fenomena banjir rob terjadi, gelombang serta pasang air laut sedang tinggi ditambah tanggul yang ada mengalami pengikisan akibat gelombang tinggi sehingga air laut meluap menggenangi rumah warga.

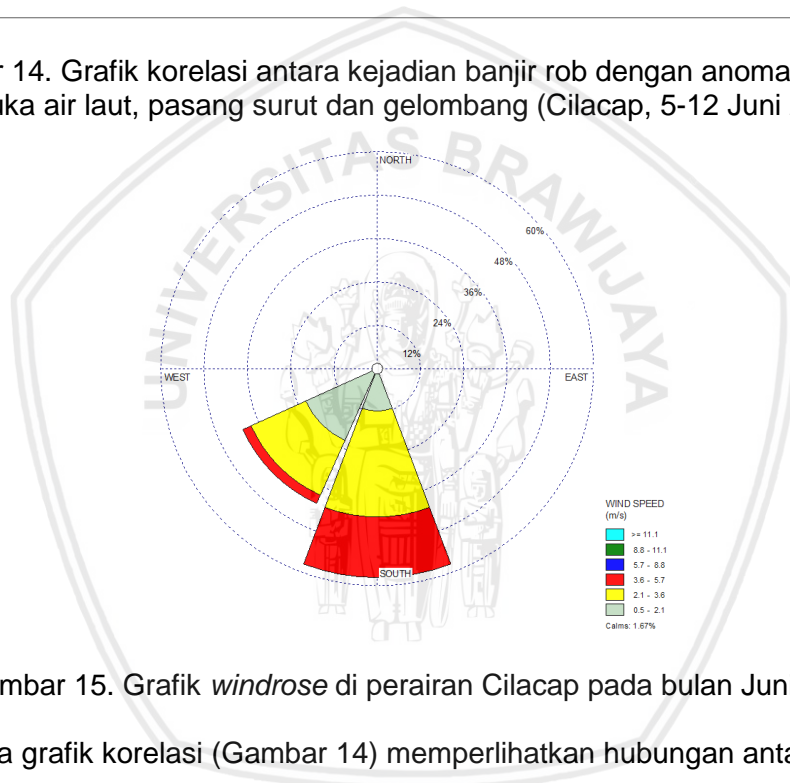
Kelurahan Tegalkamulyan merupakan salah satu wilayah yang berada dikawasan Teluk Penyus dengan garis pantai yang cukup panjang serta berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wolf diatas. Mutaqin (2009) dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa kawasan pesisir yang berbentuk cekung memiliki kerentanan bencana yang tinggi, contohnya *tsunami*. Kelurahan Tegalkamulyan berbeda dengan Kecamatan Kampung Laut dimana apabila terjadi gelombang besar atau bahkan *tsunami*, Kecamatan Kampung Laut tergolong lebih aman dikarenakan posisinya yang terlindungi oleh Pulau Nusakambangan. Sedangkan Kelurahan Tegalkamulyan tidak memiliki penghalang alami maupun buatan sehingga apabila terjadi fenomena yang berasal dari perairan seperti gelombang tinggi ataupun *tsunami* maka wilayah tersebut akan terdampak lebih parah.

4.5.3 Kejadian 3 (Cilacap, 5-12 Juni 2016)

Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob yang terjadi di Cilacap pada 5-12 Juni 2016 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 14. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 5-12 Juni 2016)



Gambar 15. Grafik *windrose* di perairan Cilacap pada bulan Juni 2014

Pada grafik korelasi (Gambar 14) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta kecepatan angin. Kotak berwarna merah menunjukkan periode terjadinya kenaikan muka air laut yang cukup signifikan dimana diduga terjadi banjir rob. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,57 m serta pasang tertinggi sebesar 1,54 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,20 m serta ketinggian maksimal sebesar 0,50 m. Berdasarkan grafik *windrose* (Gambar 15), hembusan angin pada bulan

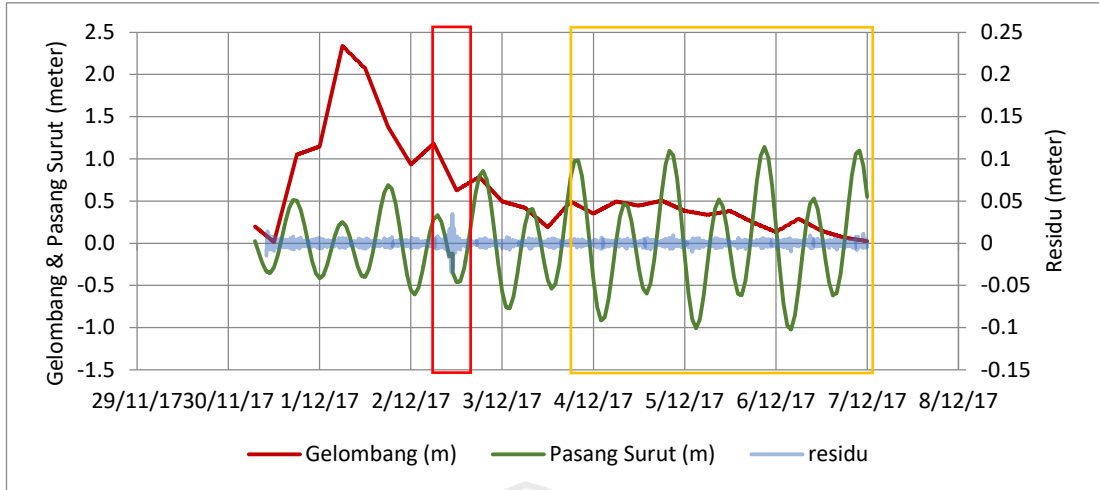
Juni 2016 di Cilacap dominan mengarah ke Utara dengan kecepatan akhir saat mencapai daratan yaitu pada skala 3,6-5,7 m/s. Sedangkan hembusan angin yang mengarah ke Timur Laut memiliki kecepatan angin dominan berada dalam skala 2,1-3,6 m/s.

Anomali kenaikan muka air laut secara signifikan pada periode kali ini tidak terlepas dari fenomena posisi bulan-bumi-matahari yang berada pada satu garis lurus atau *spring tide*. Menurut informasi yang diperoleh dari BMKG (2019) bahwa terjadi cuaca ekstrim yaitu angin kencang dan gelombang tinggi yang menerjang hampir di seluruh perairan Indonesia, khususnya Samudera Hindia pada awal bulan Juni tahun 2016. Kejadian ini merupakan akibat dari gangguan-gangguan atmosfer yang kemudian mempengaruhi perairan sehingga terbentuk gelombang badai pasang (*storm tide*) di bulan tersebut khususnya wilayah Jawa Barat yang akan mengalami dampak terbesar dibandingkan dengan wilayah lain di Indonesia.

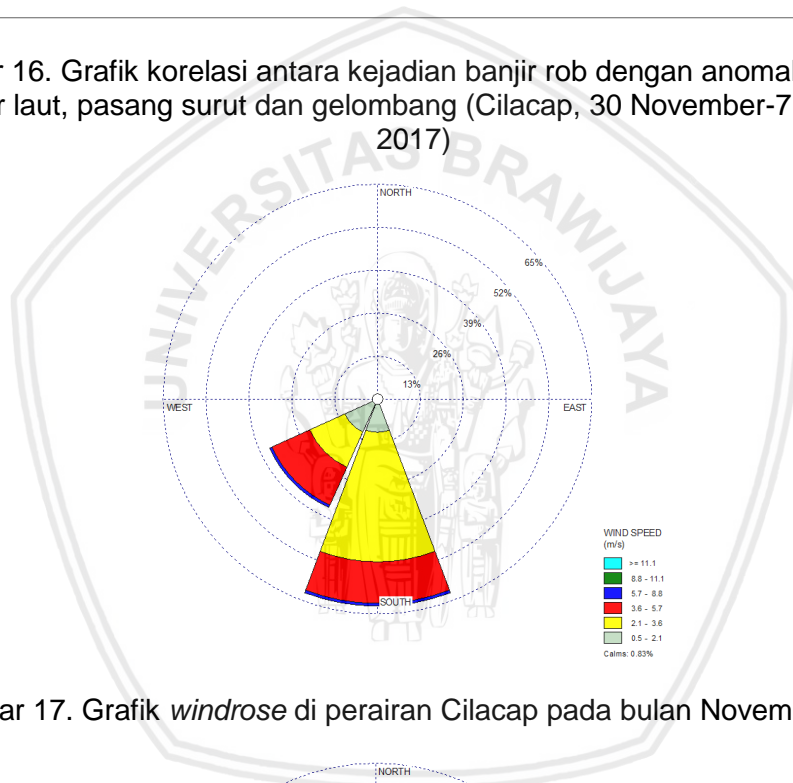
Kombinasi antara tingginya pasang surut yang diakibatkan oleh pasang purnama (*spring tide*) dengan angin kencang serta gelombang tinggi diduga menjadi faktor utama penyebab terjadinya banjir rob di pesisir Cilacap. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hanifah *et al* (2018) dimana disebutkan bahwa gelombang badai pasang (*storm tide*) yang terjadi di suatu perairan dapat mempengaruhi kejadian banjir rob di suatu kawasan pesisir.

4.5.4 Kejadian 4 (Cilacap, 30 November-7 Desember 2017)

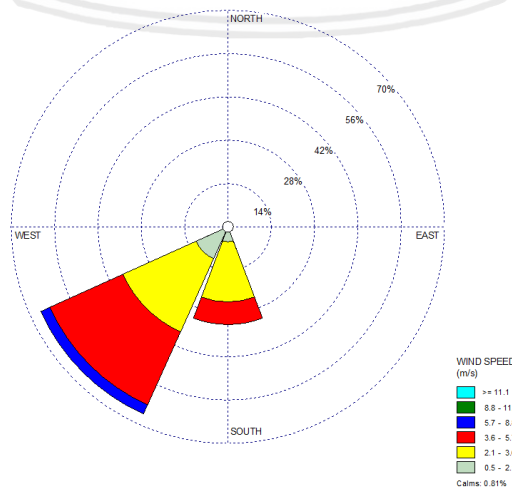
Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob yang terjadi di Cilacap pada 30 November-7 Desember 2017 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 16. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 30 November-7 Desember 2017)



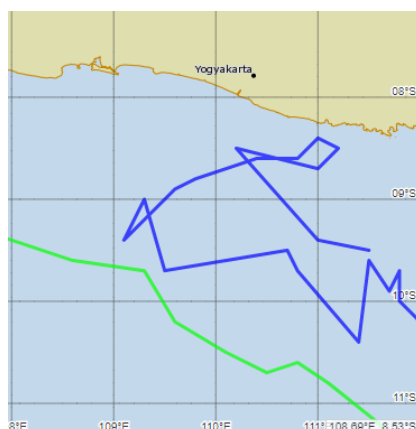
Gambar 17. Grafik windrose di perairan Cilacap pada bulan November 2017



Gambar 18. Grafik windrose di perairan Cilacap pada bulan Desember 2017

Pada grafik korelasi (Gambar 16) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta kecepatan angin. Kotak berwarna merah menunjukkan periode terjadinya kenaikan muka air laut yang cukup signifikan dimana diduga terjadi banjir rob sedangkan kotak berwarna oranye menunjukkan periode terjadinya banjir rob yang tercatat di media massa. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,38 m serta pasang tertinggi sebesar 0,79 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 1,11 m serta ketinggian maksimal sebesar 2,07 m. Berdasarkan grafik *windrose* hembusan angin pada bulan November (Gambar 17) di Cilacap dominan mengarah ke Utara dengan kecepatan rata-rata yaitu pada skala 2,1-3,6 m/s dan mengalami peningkatan sehingga sampai ke daratan pada skala 5,7-8,8. Sedangkan hembusan angin pada bulan Desember (Gambar 18) di Cilacap dominan mengarah ke Timur Laut dengan kecepatan rata-rata yaitu pada skala 3,6-5,7 m/s dan mengalami peningkatan sehingga sampai ke daratan pada skala 5,7-8,8.

Tingginya hembusan angin serta gelombang yang terjadi pada periode ini tidak terlepas dari adanya kejadian siklon tropis yang melintasi wilayah Samudera Hindia (Gambar 19) yaitu siklon tropis Cempaka dan Dahlia (27 November-1 Desember 2017) (BOM, 2019).



Gambar 19. Lintas pergerakan siklon tropis Cempaka (biru) dan Dahlia (hijau) yang melewati kawasan Samudera Hindia.

Suryantoro (2008) melakukan penelitian mengenai hubungan antara munculnya siklon tropis (Hondo, Ivan, dan 17S) terhadap kejadian gelombang tinggi di selatan Jawa sampai selatan Kupang serta adanya banjir rob di Jakarta Utara. Keduanya secara kualitatif menunjukkan adanya keterkaitan yang cukup signifikan. Hal ini didasari oleh penelitian mengenai pertumbuhan dan perkembangan siklon tropis Ivan dan 17S yang bergerak menuju wilayah Benua Maritim Indonesia. Selanjutnya, pada tanggal 15 Februari 2008 muncul siklon tropis Nicholas di Samudera Hindia bagian selatan yang memiliki pengaruh terhadap kejadian gelombang tinggi dan angin kencang di selatan Jawa hingga Bali.

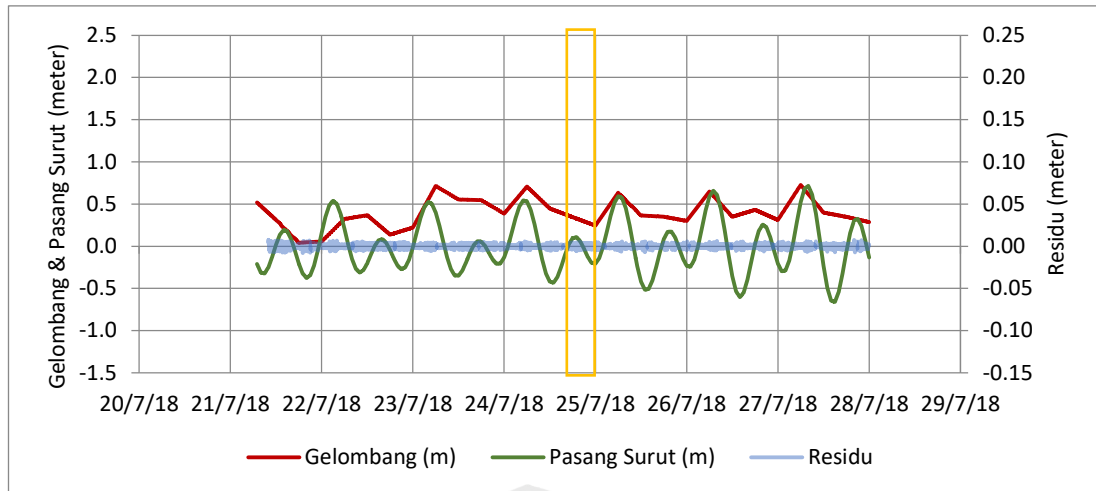
Adanya siklon tropis yang terjadi di suatu wilayah dapat mempengaruhi gelombang di suatu perairan. Hembusan angin yang kuat akibat adanya siklon tropis dapat membangkitkan gelombang tinggi di kawasan yang dilalui oleh siklon tropis. WMO (2008) menyebutkan bahwa intensitas maksimum siklon tropis Cempaka mencapai kategori 1, kecepatan angin maksimum mencapai 60 knot (111 km/jam), dan tekanan terendah mencapai 998 hPa. Gelombang tinggi tersebut apabila sampai ke daratan memungkinkan terjadi genangan/banjir rob di kawasan pemukiman penduduk.

Umumnya siklon tropis terbentuk pada saat musim panas dan awal musim gugur, namun periode serta puncak terbentuknya siklon tropis akan berbeda disetiap lokasinya. Terjadinya siklon tropis di Samudera Atlantik pada bulan Juni hingga November dan puncaknya berada pada bulan September. Sedangkan di Pasifik Timur bagian utara, puncak siklon tropis terjadi pada bulan Juli hingga Agustus. Berbeda dengan siklon tropis yang terjadi di Samudera Hindia bagian selatan serta Samudera Pasifik bagian selatan dimana terjadi pada bulan-bulan hangat yaitu Oktober hingga Juni. Siklon tropis memiliki struktur bagian diantaranya mata, dinding mata, *rainbands* (kumpulan hujan), *boundary layer inflow* dan *upper tropospheric outflow* (Emanuel, 2003).

Namun pada kasus ini, tidak terlihat adanya anomali kenaikan muka air laut akibat adanya aktivitas siklon tropis tersebut. Terjadinya anomali baik yang didapat dari hasil pengolahan FFT serta data dari media massa terlihat pada hari setelah terjadinya siklon tropis. Diduga dalam periode ini, besar kemungkinan banjir rob terjadi akibat adanya pasang yang cukup tinggi serta dorongan angin kencang.

4.5.5 Kejadian 5 (Cilacap, 21-27 Juli 2018)

Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob yang terjadi di Cilacap pada 21-27 Juli 2018 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 20. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Cilacap, 21-27 Juli 2018)



Gambar 21. Grafik *windrose* di perairan Cilacap pada bulan Juli 2018

Pada grafik korelasi (Gambar 20) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta kecepatan angin. Kotak berwarna oranye menunjukkan periode terjadinya banjir rob menurut media massa, serta tidak ditemukan anomali muka air laut dari pengolahan FFT. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,29 m serta pasang tertinggi sebesar 0,54 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,45 m serta ketinggian maksimal sebesar 0,71 m. Berdasarkan grafik *windrose*

(Gambar 21), hembusan angin pada bulan Juli 2018 di Cilacap dominan mengarah ke Utara dengan kecepatan rata-rata yaitu pada skala 3,6-5,7 m/s dan mengalami peningkatan sehingga sampai ke daratan pada skala 5,7-8,8. Ketinggian gelombang rata-rata di perairan ini yaitu sebesar 0,4 m.

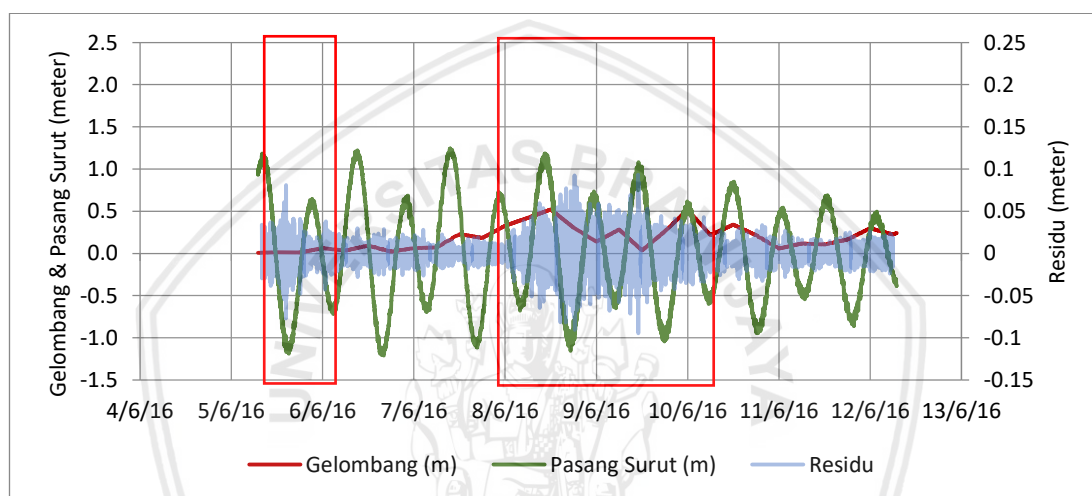
Terjadinya banjir rob pada periode ini diduga akibat adanya gelombang tinggi yang terjadi di kawasan Samudera Hindia dimana limpasan air tersebut naik ke daratan dan mengenai beberapa ruas jalan di Cilacap (AntaraNews, 2019). BMKG (2019) pada tanggal 21 Juli 2018 mengeluarkan peringatan dini terkait adanya gelombang tinggi diperkirakan pada tanggal 22-26 Juli 2018 dengan ketinggian 2.5-6.0 meter dan puncak ekstrem diperkirakan terjadi pada tanggal 24-25 Juli 2018. Hal ini diakibatkan oleh masuknya periode puncak musim kemarau (Juli-Agustus) khususnya wilayah bagian selatan Indonesia yang ditandai dengan berhembusnya angin dingin dan kering dari Australia sehingga berdampak pada minimnya potensi hujan. Kondisi tekanan tinggi yang bertahan di Samudra Hindia, disebut juga dengan *Mascarene High*, menyebabkan terjadinya gelombang tinggi di perairan selatan Indonesia. Kecepatan angin yang tinggi di sekitar *mascarene high* dan terjadinya *swell* yang dibangkitkan oleh *mascarene high* menjalar hingga wilayah perairan barat Sumatera, perairan selatan Jawa hingga Pulau Sumba. Kondisi tersebut juga berdampak pada peningkatan tinggi gelombang hingga berkisar 4-6 meter di perairan selatan Jawa hingga Nusa Tenggara.

Pada periode ini, hasil perhitungan FFT tidak menemukan anomali kenaikan muka air laut. Media massa menyebutkan bahwa pada 24 Juli terjadi genangan di beberapa titik di Cilacap dimana terlihat pada grafik korelasi bahwa pada tanggal 24 Juli gelombang serta angin sedang berada dalam ketinggian yang cukup signifikan. Disisi lain, tanggul pemecah gelombang di Tegalkamulyan mengalami kerusakan akibat terjangan ombak. Maka dari itu diduga kejadian

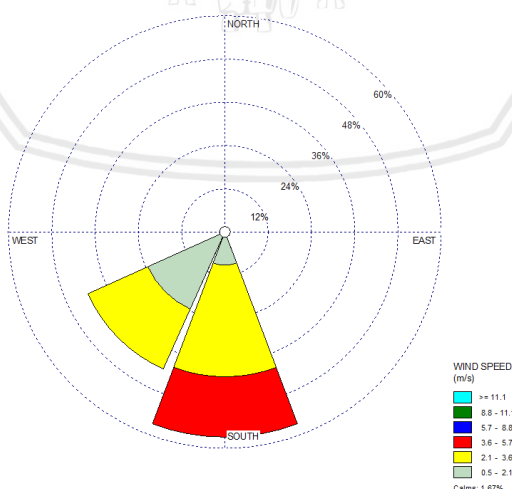
banjir rob pada periode ini diakibatkan oleh tingginya gelombang serta kuatnya hembusan angin.

4.5.6 Kejadian 6 (Prigi, 5-12 Juni 2016)

Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob yang terjadi di Prigi pada 5-12 Juni 2016 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 22. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Prigi, 5-12 Juni 2016)



Gambar 23. Grafik *windrose* di perairan Trenggalek pada bulan Juni 2016

Pada grafik korelasi (Gambar 22) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta kecepatan angin. Kotak

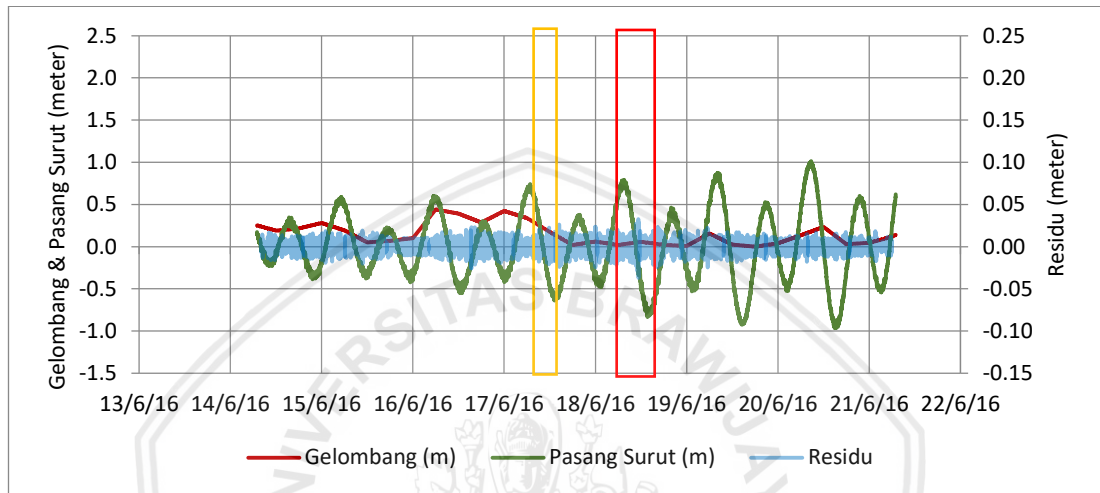
berwarna merah menunjukkan periode terjadinya kenaikan muka air laut yang cukup signifikan dimana diduga terjadi banjir rob. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,57 m serta pasang tertinggi sebesar 1,18 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,23 m serta ketinggian maksimal sebesar 0,52 m. Berdasarkan grafik *windrose* (Gambar 23), kecepatan angin rata-rata pada bulan Juni 2016 di Trenggalek berada dalam skala 3,6-5,7 m/s dominan mengarah ke Utara dengan kekuatan maksimal mencapai skala 5,7-6,8 m/s ketika mendekati daratan serta kecepatan angin rata-rata berada dalam skala 2,1-3,6 m/s untuk yang mengarah ke Timur Laut.

Kenaikan muka air laut pada periode kali ini tidak terlepas dari fenomena posisi bulan-bumi-matahari yang berada pada satu garis lurus atau biasa disebut dengan *spring tide*. Hal ini menyebabkan pasang surut semakin tinggi dari biasanya. Hal ini sejalan dengan apa yang dikatakan oleh bahwa ketika posisi bumi, bulan, dan matahari berada dalam suatu garis lurus, maka akan mengakibatkan terjadinya *spring tide* atau pasang purnama dimana ketika dalam kondisi ini pasang di suatu perairan menjadi lebih tinggi dari sebelumnya.

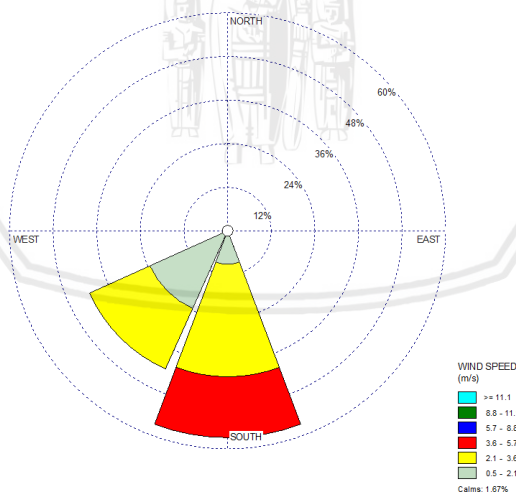
Kondisi geografis di Teluk Prigi yang berupa teluk semi tertutup dapat mempengaruhi kekuatan dari faktor hidro-oseanografi seperti pasang surut. Goodbred & Saito (2012) mengatakan bahwa teluk dengan tipe semi-tertutup akan menghasilkan pasang surut dengan amplitudo yang tinggi. Ketika pasang air laut memasuki kawasan tersebut, gelombang pasang progresif akan masuk melalui mulut teluk yang lebih sempit dan merambat melalui tepi pantai. Hal tersebut menyebabkan energi pasang surut terinduksi dan arus yang terbentuk semakin cepat. Keadaan ini secara konstan akan berlanjut antara mulut teluk dengan pantai diujung teluk sehingga menyebabkan amplifikasi pasang surut.

4.5.7 Kejadian 7 (Prigi, 14-21 Juni 2016)

Hasil pengolahan data terkait fenomena banjir rob yang terjadi di Prigi pada 14-21 Juni 2016 ditampilkan dalam bentuk grafik yang dikorelasikan antara residu hasil pengolahan FFT, gelombang, pasang surut, dan angin serta hasil pengolahan data angin berupa grafik *windrose*.



Gambar 24. Grafik korelasi antara kejadian banjir rob dengan anomali kenaikan muka air laut, pasang surut dan gelombang (Prigi, 14-21 Juni 2016)



Gambar 25. Grafik *windrose* di perairan Prigi pada bulan Juni 2016

Pada grafik korelasi (Gambar 24) memperlihatkan hubungan antara kejadian banjir rob dengan gelombang, pasang surut, serta kecepatan angin. Kotak berwarna merah menunjukkan periode terjadinya kenaikan muka air laut yang cukup signifikan dimana diduga terjadi banjir rob sedangkan kotak berwarna

oranye menunjukkan kejadian banjir rob yang tercatat di media massa. Ketinggian rata-rata pasang air laut yang didapatkan pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,34 m serta pasang tertinggi sebesar 0,79 m. Ketinggian gelombang rata-rata yang didapatkan berdasarkan pemodelan gelombang di pesisir Cilacap pada saat banjir rob berlangsung yaitu sebesar 0,07 m serta ketinggian maksimal sebesar 0,26 m. Berdasarkan grafik *windrose* (Gambar 25), kecepatan angin rata-rata pada bulan Juni 2016 di Trenggalek berada dalam skala 3,6-5,7 m/s dominan mengarah ke Utara dengan kekuatan maksimal mencapai skala 5,7-6,8 m/s ketika mendekati daratan serta kecepatan angin rata-rata berada dalam skala 2,1-3,6 m/s untuk yang mengarah ke Timur Laut.

Kenaikan muka air laut pada periode kali ini tidak terlepas dari fenomena posisi bulan-bumi-matahari yang berada pada satu garis lurus atau biasa disebut dengan *spring tide*. Hal ini menyebabkan pasang surut semakin tinggi dari biasanya. Hal ini sejalan dengan apa yang dikatakan oleh Musrifin (2012) bahwa ketika posisi bumi, bulan, dan matahari berada dalam suatu garis lurus, maka akan mengakibatkan terjadinya *spring tide* atau Pasang Purnama dimana ketika dalam kondisi ini pasang di suatu perairan menjadi lebih tinggi dari sebelumnya.

Dilansir pada TEMPO (2019) BMKG meramalkan bahwa akan terjadi gelombang tinggi akibat pasang surut kuat yang merupakan efek aktivitas bumi-bulan-matahari pada tanggal 1-9 Juni 2016 serta 15-23 Juni 2016. Selanjutnya dikutip dari TribunNews (2019), BMKG juga mengatakan bahwa terjadi pusat tekanan rendah di Laut Andaman dan Samudera Hindia bagian barat daya Lampung sehingga menyebabkan Samudera Hindia barat serta Jawa bagian selatan terjadi gelombang tinggi. Kejadian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan bahwa pada periode tersebut terjadi fenomena angin kencang serta gelombang tinggi yang cukup signifikan.

4.6 Analisis Hasil Kejadian Banjir Rob

Rekapitulasi hasil analisis kejadian banjir rob yang terjadi selama tahun 2013-2018 dikelompokkan berdasarkan faktor pembangkitnya (Tabel 9) di tiap kejadian yang mengacu pada Tabel 6.

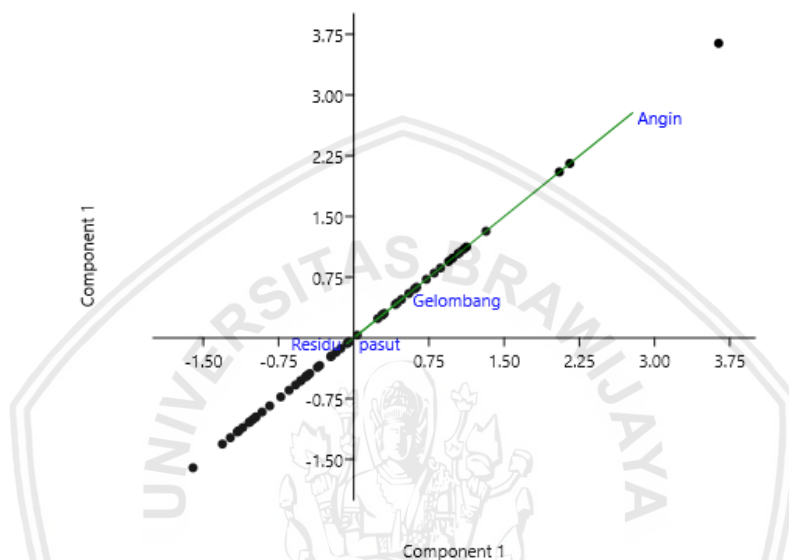


Tabel 9. Rekapitulasi kejadian banjir rob mulai dari perbandingan ketinggian genangan banjir yang tercatat oleh media dengan hasil pengolahan anomali muka air laut, rekapitulasi nilai maksimum dan rata-rata tiap variabel saat terjadinya banjir rob, serta kemungkinan adanya faktor-faktor pendukung lain yang dapat menyebabkan terjadinya banjir rob.

No	Kejadian	Ketinggian Banjir (m)		Nilai Tiap Variabel Saat Kejadian Banjir Rob						Pola Musiman	Dugaan Penyebab Pendukung
				Gelombang (m)		Pasang Laut (m)		Angin (m/s)			
		Media	Data Anomali	Maks	Rata-Rata	Maks	Rata-Rata	Maks	Rata-Rata		
1	Kejadian 1 (Cilacap, 23-30 Mei 2013)	0,2	0,012-0,044	0,19	0,06	1,04	0,51	3,02	1,59	Musim Peralihan 1	Sedimentasi tinggi, fase bulan purnama
2	Kejadian 2 (Cilacap, 17-24 April 2014)	0,1-0,5	0,029-0,056	0,18	0,04	0,94	0,41	2,96	1,43	Musim Peralihan 1	Tanggul jebol, fase bulan purnama
3	Kejadian 3 (Cilacap, 5-12 Juni 2016)	0,6	0,17-0,32	0,50	0,20	1,54	0,57	4,48	2,88	Musim Timur	Fase bulan purnama
4	Kejadian 4 (Cilacap, 30 November-7 Desember 2017)	0,1-0,4	0,035	2,07	1,11	0,79	0,38	7,92	6,09	Musim Peralihan 2/Musim Barat	Siklon tropis, pasang tinggi akibat perlihan musim
5	Kejadian 5 (Cilacap, 21-27 Juli 2018)	0,5	-	0,71	0,45	0,54	0,29	5,16	4,21	Musim Timur	Tanggul jebol
6	Kejadian 6 (Trenggalek, 5-12 Juni 2016)	-	0,060-0,086	0,52	0,23	1,18	0,57	4,57	2,98	Musim Timur	Fase bulan purnama
7	Kejadian 7 (Trenggalek, 14-21 Juni 2016)	-	0,033	0,26	0,07	0,79	0,34	3,38	1,82	Musim Timur	Fase bulan purnama

Tabel 10. Hasil uji PCA yang merupakan nilai *components loadings* dari matriks korelasi analisis PCA antara anomali kenaikan muka air laut (FFT), pasang surut, gelombang, dan angin di perairan Cilacap dan Trenggalek tahun 2013-2018.

Variabel	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
Data Anomali	-0.02442	0.097259	0.96866	-0.22724
Pasang Air Laut	-0.0032	0.98966	-0.0701	0.12511
Gelombang	0.18892	-0.10235	0.23728	0.94738
Angin	0.98168	0.025341	-0.0218	-0.18756



Gambar 26. Grafik Biplot korelasi antara residu dengan pasang surut, angin dan gelombang

Nilai *components loadings* dari matriks korelasi analisis PCA antara anomali kenaikan muka air laut (hasil pengolahan menggunakan Matlab), pasang surut, gelombang, dan angin di perairan Cilacap dan Prigi tahun 2013-2018 (Tabel 10) menunjukkan bahwa angin berada pada PC 1, pasang surut berada pada PC 2 dan gelombang berada pada PC 4. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum penyebab kejadian banjir rob baik yang terjadi di Cilacap maupun Prigi didominasi oleh adanya hembusan angin yang kemudian berkolaborasi dengan pasang surut dan gelombang. Faktor-faktor tersebut memiliki keterkaitan satu sama lain dimana ketika hembusan angin tinggi maka gelombang yang terbentuk akan semakin besar. Kejadian bulan purnama dapat memicu

peningkatan pasang di suatu perairan sehingga pasang air laut yang terbentuk akan semakin tinggi.

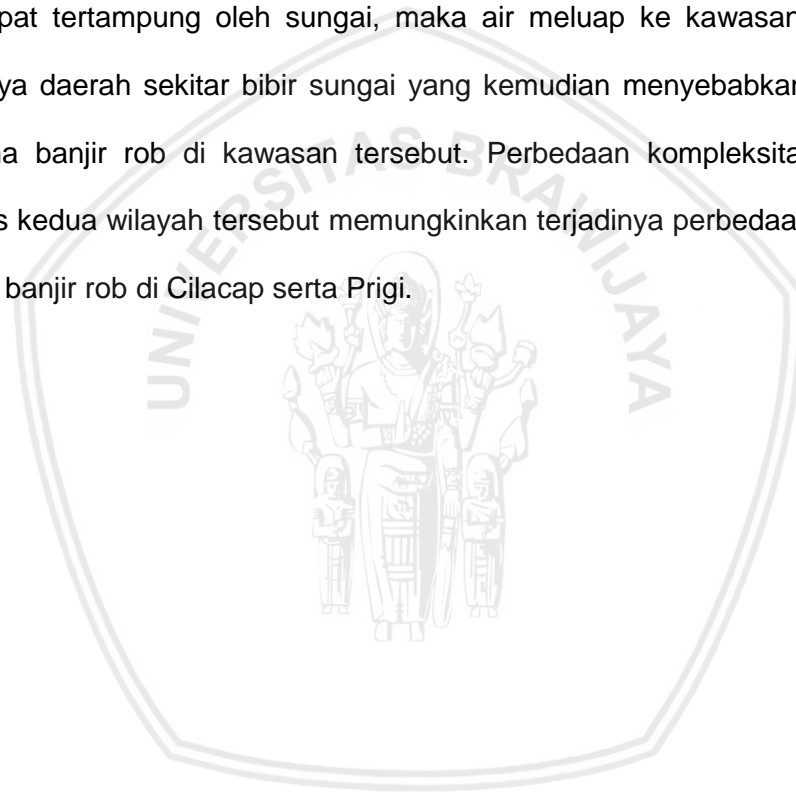
Pada Tabel 9 terlihat bahwa fenomena banjir rob umumnya terjadi pada saat Musim Timur dimana terdapat 4 kejadian dalam penelitian ini yaitu Kejadian 3 (Cilacap, 5-12 Juni 2016), Kejadian 5 (Cilacap, 21-27 Juli 2018), Kejadian 6 (Prigi, 5-12 Juni 2016), dan Kejadian 7 (Prigi, 14-21 Juni 2016). Terdapat 3 fenomena banjir rob lainnya yang terbagi menjadi 2 kejadian saat Musim Peralihan 1 yaitu pada Kejadian 1 (Cilacap, 23-30 Mei 2013) dan Kejadian 2 (Cilacap, 17-24 April 2014), serta 1 fenomena banjir rob terjadi saat Musim Peralihan 2 memasuki Musim Barat yaitu pada Kejadian 4 (Cilacap, 30 November-7 Desember 2017).

Perbandingan intensitas fenomena banjir rob pada kedua wilayah ini terlihat cukup signifikan dimana 5 kali terjadi di Cilacap dan 2 kali terjadi di Prigi selama tahun 2013-2018 sesuai yang tercatat di media massa *online* mengacu pada Tabel 6. Hal ini selain disebabkan oleh perbedaan kondisi perairan, diduga perbedaan kondisi geografis antara kedua wilayah tersebut mempengaruhi fenomena banjir rob.

Perbedaan bentuk pantai dapat mempengaruhi pergerakan air menuju daratan. Mengacu pada Gambar 1, pantai di Cilacap umumnya memiliki garis pantai yang lurus serta menghadap langsung ke Samudera Hindia tanpa adanya penghalang sehingga gelombang lebih mudah menerjang daratan. Berbeda dengan Prigi yang memiliki bentuk tepi pantai bertebing dan memiliki pola yang lebih variatif sehingga mempengaruhi pergerakan air menuju daratan. Cilacap, khususnya kecamatan Kampung Laut merupakan kawasan dengan tingkat sedimentasi tinggi akibat dari *run off* beberapa sungai di kawasan tersebut. Sedimentasi tersebut dapat mengakibatkan pendangkalan di kawasan hilir

sehingga apabila terjadi kenaikan muka air laut yang cukup signifikan maka air akan lebih mudah naik ke daratan dan menggenangi kawasan penduduk.

Cilacap juga memiliki beberapa sungai besar yang bermuara di laut dimana keberadaan sungai-sungai tersebut dapat menjadi celah untuk air masuk ketika terjadi pasang yang tinggi ataupun gelombang besar. Hal ini memungkinkan terjadinya pertemuan antara air dari hulu dan air yang masuk dari perairan sehingga sungai tidak dapat menampung debit air yang tinggi. Ketika air sudah tidak dapat tertampung oleh sungai, maka air meluap ke kawasan penduduk khususnya daerah sekitar bibir sungai yang kemudian menyebabkan terjadinya fenomena banjir rob di kawasan tersebut. Perbedaan kompleksitas keadaan geografis kedua wilayah tersebut memungkinkan terjadinya perbedaan intensitas kejadian banjir rob di Cilacap serta Prigi.



5. KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Total terdapat 4 (empat) Kejadian memiliki kecocokan serta 3 (tiga) Kejadian yang menunjukkan ketidakcocokan antara anomali residu kenaikan muka air laut hasil pengolahan FFT dengan fenomena banjir rob yang diberitakan oleh media massa. Anomali residu kenaikan muka air laut tertinggi pada Kejadian 1 sebesar 0,044 m, Kejadian 2 sebesar 0,056 m, Kejadian 3 sebesar 0,32 m, Kejadian 4 sebesar 0,035 m, Kejadian 5 tidak ditemukan anomali, Kejadian 6 sebesar 0,086 m, dan Kejadian 7 sebesar 0,033 m.
2. Hasil uji statistik PCA menunjukkan bahwa variabel angin berada pada PC1 dengan nilai 0,98168, pasang air laut berada pada PC2 dengan nilai 0,98966, dan gelombang berada pada PC4 dengan nilai 0,94738 yang mengindikasikan bahwa secara berurutan variabel paling mempengaruhi terjadinya fenomena banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi adalah akibat adanya dorongan angin, pasang air laut serta gelombang tinggi. Faktor penunjang lain yang diduga dapat menyebabkan terjadinya banjir rob yaitu fase bulan purnama, adanya siklon tropis (*storm surge*) di suatu perairan, sedimentasi, serta faktor lain yang tidak terduga seperti jebolnya tanggul penahan air.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang sama yaitu agar dilakukannya pengukuran terhadap variabel lain yang dapat menjadi penyebab

terjadinya banjir rob di suatu kawasan seperti tingkat sedimentasi, curah hujan, tingkat kemiringan, dan lain sebagainya mengingat suatu kejadian banjir rob memiliki kompleksitas penyebab yang bervariasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Azis, M.F., 2006. Gerak Air Dilaut. Oseana, Volume XXXI, Nomor 4, Tahun 2006 : 9 - 21 ISSN 0216-1877.
- Bakti, L.M., 2010. Kajian Sebaran Potensi Rob Kota Semarang Dan Usulan Penanganannya. Thesis: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- BAPPEDA, 2019. <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensi-kab-kota-2013/kab-trenggalek-2013.pdf> diakses pada 12 Februari 2019 pukul 21.38 WIB.
- BMKG, 2019. <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=kilas-balik-kejadian-cuaca-iklim-dan-gempabumi-indonesia-rentan-bencana&lang=ID&tag=berita-utama> diakses pada 30/8/2019 pukul 00:15 WIB.
- BMKG, 2019. <https://www.bmkg.go.id/press-release/?p=informasi-potensi-gelombang-tinggi-potensi-kebakaran-hutan-dan-kesiapan-menghadapi-asian-games-2018&tag=press-release&lang=ID> diakses pada 2/10/2019 pukul 14.48 WIB.
- BMKG, 2019. <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=bmkg-waspada-peningkatan-gelombang-laut-hingga-6-meter&lang=ID> diakses pada 10/11/2019 pukul 06:43 WIB.
- BMKG, 2019. <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=cempaka-meluruh-dahlia-lahir-waspada-bencana-hidrometeorologi-menghadang&lang=ID&tag=press-release> diakses pada 15/11/2019 pukul 20.53 WIB.
- BOM, 2019. <http://www.bom.gov.au/cyclone/history/tracks/> diakses pada 2/10/2019 pukul 15.30 WIB.
- Caesarendra, Wahyu, Ariyanto, Mochammad, 2011. Panduan Belajar Mandiri MATLAB. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Cahyadi, A., Marfai, M.A., Mardiatno, D., Nucifera, F., 2013. PEMODELAN SPASIAL BAHAYA BANJIR ROB BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM DAN DAMPAKNYA DI PESISIR PEKALONGAN. Jurnal Bumi Lestari, Volume 13 No. 2, Agustus 2013, hlm. 244-256. <https://doi.org/10.31227/osf.io/wzter>
- Cahyono, Budi, 2013. Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier. Jurnal Phenomenon, Volume 1 Nomor 1, Juli 2013.
- Cilacapkab, 2019. <http://cilacapkab.go.id/v2/index.php?pilih=hal&id=3> diakses pada 12 Februari 2019 pukul 21.41.

- Djaja, Rochman. 1989. Cara Perhitungan Pasut Laut Dengan Metode Admiralty, Pasang-Surut. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Emanuel, Kerry, 2003. Tropical Cyclones. Program in Atmospheres, Oceans, and Climate, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2003. 31:75–104 doi: 10.1146/annurev.earth.31.100901.141259.
- Fachri, F.R., Afdal, Sartimbul, A., Hidayati, N., 2015. Fluks CO₂ di perairan pesisir timur Pulau Bintan, Propinsi Kepulauan Riau. Jurnal Segara Vol.11 No.1 Agustus 2015. ISSN 1907-0659.
- Fadilah. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. Maspari Journal 6 (1), 1-12.
- Goodbred, S.L., Saito, Y., 2012. Tide-Dominated Deltas. In Davis Jr & RW Dalrymple (Eds). Principles of Tidal Sedimentology. 129 DOI 10.1007/978-94-007-0123-6_7. Springer Science. 982–984., in: Davis, R.A., Dalrymple, R.W. (Eds.), Principles of Tidal Sedimentology. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 129–149. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0123-6_7.
- Handoyo, G., Suryoputro, A.A., Pratikyo, I., 2015. Konversi Tinggi Pasang Surut Di Perairan Cilacap Terhadap Energi Yang Dihasilkan. Jurnal Kelautan Tropis September 2015 Vol. 18(2):112–120 ISSN 0853-7291. Jurnal Kelautan Tropis 18. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.522>.
- Hanifah, Farrah., Ningsih, Nining Sari, 2018. Identifikasi Tinggi dan Jarak Genangan Daerah Rawan Bencana Rob di Wilayah Pantai Utara Jawa yang Disebabkan Gelombang Badai Pasang dan Variasi Antar Tahunan. Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Vol. 25 No. 1, April 2018. ISSN 0853-2982.
- Haque, M.N., Uddin, M.S., 2011. Accelerating Fast Fourier Transformation for Image Processing using Graphics Processing Unit. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, Volume 2 No.8, Augustu 2011. ISSN 2079-8407 2, 10.
- HarianKompas, 2019. <http://www.kompas.com/> 19 Mei 2007.
- Hicks, S.D., 2006. Understanding Tides U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE National Oceanic and Atmospheric Administration National Ocean Service.
- Hidayati, N. 2017. *Dinamika Pantai*. UB Press: Malang.
- Hung, C.-W., Yanai, M., 2004. Factors contributing to the onset of the Australian summer monsoon. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Department of Atmospheric Sciences, University of California, USA.

Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 130, 739–758.
<https://doi.org/10.1256/qj.02.191>

- Jamalludin., Fathoni, Khoirol I., Alam, Tasdik M., Pranowo, Widodo S., 2016. Identifikasi Banjir Rob Periode 2013 – 2015 Di Kawasan Pantai Utara Jakarta. *Jurnal Chart Datum Vol.2 No.2* ISSN 2460-4623.
- Kartikasari Y. 2008. *Desain Dermaga General Cargo dan Trestle Tipe Deck on Pile di Pulau Kalukalukuang Provinsi Sulawesi Selatan*. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
- Kurniawan, L.P., Sarwito, S., Hakim, J.A.R., 2014. Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 3, No. 1, (2014)* ISSN: 2337-3539 3, 4.
- Kurniawan, R., Habibie, M.N., Permana, D.S., 2012. KAJIAN DAERAH RAWAN GELOMBANG TINGGI DI PERAIRAN INDONESIA. *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA VOL. 13 NO. 3 TAHUN 2012*: 201-212 13, 13.
- Kusumawardhani, D., Mahyaningsih, S.A., Sharfina, W., Astuti, Z.B., 2016. Studi Kasus: Desa Klaces, Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap. *Jurnal INFRASTRUKTUR Volume 02 No 1 Agustus 2016* 9.
- Loupatty, G., 2013. Characteristic of Wave Energy and Current Velocity of Coastal Area at Maluku Province. *Jurnal Barekeng Vol. 7 No. 1 Hal. 19 – 22 (2013)* 7, 4.
- Lubis, Muhammad Zainuddin. Khoirunnisa, Hanah, 2016. Dinamika Pantai Praikalogu Di Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia. *Jurnal Integrasi Vol. 8, No. 2, October 2016, 125-133.* p-ISSN: 2085-3858
- Mahatmawati, A.D., Efendy, M., Siswanto, A.D., 2009. PERBANDINGAN FLUKTUASI MUKA AIR LAUT RERATA (MLR) DI PERAIRAN PANTAI UTARA JAWA TIMUR DENGAN PERAIRAN PANTAI SELATAN JAWA TIMUR 2, 9.
- Musrifin, 2012. ANALISIS DAN TIPEPASANG SURUT PERAIRAN PULAU JEMUR RIAU. *Berkala Perikanan Terubuk, hlm 101 – 108 Vol. 40. No.1* ISSN 0126 - 4265.
- Mutaqin, B.W., 2009. Pemetaan Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami di Pantai Selatan Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. *Prosiding Simposium Sains Geoinformasi – I Fakultas Geografi UGM Yogyakarta, November 2009.* ISBN 978-979-98521-3-7.
- Ningsih, N.S., Hadi, S., Harto, A.B., Utami, M.D., Rudiawan, A.P., 2010. Kajian Daerah Rawan Bencana Gelombang Badai Pasang (Storm Tide) di Kawasan Pesisir Selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. *Ilmu Kelautan Desember 2010 Vol. 15 (4) 179-193* ISSN 0853-7291 15, 15.
- Nugraheni, I.R., Wijayanti, D.P., Sugianto, D.N., Ramdhani, A., 2017. Study of inundation events along the southern coast of Java and Bali, Indonesia

(case studies 4-9 June 2016). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 55 (2017) 012014 DOI:10.1088/1755-1315/55/1/012014. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 55, 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012014>

- Raiko, T., Ilin, A., Karhunen, J., 2007. Principal Component Analysis for Large Scale Problems with Lots of Missing Values, in: Kok, J.N., Koronacki, J., Mantaras, R.L. de, Matwin, S., Mladenič, D., Skowron, A. (Eds.), Machine Learning: ECML 2007. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 691–698. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74958-5_69
- Sauda, Rida Hilyati., Nugraha, Arief Laila., Hani'ah., 2019. Kajian Pemetaan Kerentanan Banjir Rob Di Kabupaten Pekalongan. Jurnal Geodesi Undip VOL 8 NO 1 Hal 466-474 (2019) ISSN : 2337-845X.
- Sipasulta, R.Y., Lumenta, A., Sompie, S., 2014. Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform). E-journal Teknik Elektro dan Komputer (2014), ISSN 2301-8402 9.
- Suara.com, 2019. <https://www.suara.com/news/2014/04/20/163649/ratusan-rumah-terendam-banjir-rob> diakses pada 22/8/2019 pukul 23:35 WIB.
- Sukardi, Y., 2010. Permasalahan Kawasan Segara Anakan. Perpustakaan Bappenas. Majalah Perencanaan Pembangunan Bappenas. Edisi 02/Tahun XVI/2010.
- Sulastri, E., Haryadi, T., Inayah, E., 2019. TINGKAT KESADARAN EKOLOGIS MASYARAKAT KAMPUNG LAUT, KABUPATEN CILACAP, JAWA TENGAH. JURNAL KAWISTARA VOLUME 9 No. 1, 22 April 2019 Halaman 78—90 ISSN 2088-5415. Jurnal Kawistara 9, 78. <https://doi.org/10.22146/kawistara.31484>
- Suryanti, E.D., Marfai, M.A., 2008. Adaptasi Masyarakat Pesisir Semarang Terhadap Bahaya Banjir Pasang Air Laut. Jurnal Kebencanaan Indonesia Vol.1 No.5, November 2008. ISSN 1978-3450.
- Suryantoro, Arief, 2008. Siklon Tropis Di Selatan Dan Barat Daya Indonesia Dari Pemantauan Satelit Trmm Dan Kemungkinan Kaitannya Dengan Gelombang Tinggi Dan Putting Beliung. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol. 3 No. 1 Maret 2008: 21-32.
- Taryono, Sofian, I., Tisiana, A.R., Mustika, T., 2016. ANALISIS PANJANG DAN TINGGI GELOMBANG UNTUK OPERASI KRI TNI-AL DI PERAIRAN INDONESIA. Jurnal Chart Datum Volume 1 Nomor 2. ISSN 2460 - 4623.
- TEMPO, 2019. <https://tekno.tempo.co/read/778185/gelombang-pasang-akan-terjadi-lagi-pada-15-23-juni-2016/full&view=ok> diakses pada 24/8/2019 pukul 00:12 wib.
- Triatmodjo, B., 1999. Teknik Pantai: Universitas Gajah Mada. Beta Offset Yogyakarta. Hal 99-101.

- TribunNews, 2019. <https://surabaya.tribunnews.com/2016/06/16/bmkg-waspadai-banjir-rob-19-23-juni-ada-potensi-gelombang-tinggi-di-laut-jawa> diakses pada 24/8/2019 pukul 00:13 WIB.
- Widiyanto, Wahyu, 2013. Distribusi Weibull Kecepatan Angin Wilayah Pesisir Tegal dan Cilacap (167A)
- WMO, 2018. Tropical Cyclone RSMCS/TCWCS Technical Coordination Meeting. Ninth Session: Honolulu, Hawaii, USA, 9 to 12 December 2018, TCM-9/DOC.2.1.1/8.
- Wyrcki, K., 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. NAGAREPORT Volume 2 Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. 226.
- Yuwono, Nur. 1994. Perancangan Bangunan Jeti. Yogyakarta : Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.



LAMPIRAN

Lampiran 1. *Script* metode FFT untuk menampilkan data anomali muka air laut menggunakan *software* MATLAB

```

=====
%-----
% tsunami_fft.m
%
% is a matlab script combination of the function of fourier
filters from
% Signell and List (2005) and the function of Fourier's variation
analysis
% from Mathworks (2007).
% This script meant for removing the non-tsunami effects to the
time
% series's water level data that recorded by tide gauge and buoy.
% Non-tsunami effect can be a harmonic tidal oscillation, wind
shear, or
% other disturbances, which might have occurred during the tsunami
wave
% propagation in the deep ocean and shallow water region.
% The Fourier filter is constructed based on Walters & Heston
(1982) that
% has principal of the frequency domain analysis.
% The low frequency of tidal variations and the high frequency of
wind
% waves together with other effects such as bed stress in the near
shore
% are removed using the bandpass filter (Dorn, 1960a, b, 1987;
Walters and
% Heston, 1982; Drushka et al 2008).
% The removed wave range, of 60-120 sec for high frequency and 60-
120
% minutes for low frequency, is following Pranowo (2002).
% The filtered results are discussed in section 7.2 and also used
in
% section 6.8 of Pranowo (2010).
%
% Reference:
% K. Drushka, J. Sprintall, S. T. Gille, and W. S. Pranowo.
Observations of
% the 2004 and 2006 Indian Ocean tsunamis from a pressure gauge
array in
% Indonesia. J. Geophys. Res., 113:C07038, 2008.
doi:10.1029/2007JC004662.
% Mathworks. Using FFT in MATLAB: sunspot.m a matlab code in demo
tutorial,
% 2007.
% W. S. Pranowo. Model Numerik Sebaran Senyawa Nitrogen di
Perairan Pantai
% Jepara. Master's thesis, Program Studi (Magister) Oseanografi &
Sains
% Atmosfer, Jurusan Geofisika & Meteorologi, Institut Teknologi
Bandung,
% Indonesia, 2002.

```

```

% W. S. Pranowo. Adaptive Mesh refinement Applied to Tsunami
Modeling:
% TsunaFLASH. PhD Thesis, Fachbereich 2 Mathematik und
% Informatik, Universitaet Bremen, Draft on June 2010.
% R. Signell and J. List. Fourfilt: Fourier low, high, or bandpass
filter.
% USGS, 2005.
% W. G. Van Dorn. Low-frequency Microbarograph. J. Geophys. Res,
% 65(11):3693-3698, 1960a
% W. G. Van Dorn. A New Long-wave period recorder. J. Geophys.
Res,
% 65(3):1007-1012, 1960b.
% W. G. Van Dorn. Some tsunami characteristics deducible from tide
records.
% J. Phys. Oceanography, 17:1507-1516, 1987.
% R. A. Walters and C. Heston. Removing the tidal-period
variations from
% time-series data using low-pass digital filters. J. Phys.
Oceanography,
% 12:112-115, 1982.
%
%=====
=====
%=====
%
%   Widodo Pranowo
%   Widodo.Pranowo@awi.de
%   Bremerhaven, Germany, 08 June 2010
%=====
=====
%
% FOR USER:
% DATA TIME-SERIES INPUT:
% (An example: 1 col of gauge data from Teluk dalam GITEWS
station,
% take from the sensor of PR1, on the records of 06.04.2010)

x=load('kejadian-3.txt')

% FOR USER:
% DEFINE TIME PARAMETERS (in second):
% (delt: time interval or time step;
% tmin: time frequency minimum to cut off;
% tmax: time frequency maximum to cut off);

delt=1.0*60;
tmin=5*60;
tmax=50*120;

% THE MATRICES IS HANDELD
[m,n]=size(x);
if(min(m,n)~=1),
    disp('the filter cannot handle matrices');
    stop
end
npts=length(x);
nby2=npts/2;

```

```

tfund=npts*delt;
ffund=1.0/tfund;

% MEAN DATA IS REMOVED
datamean=mean(x);
x=x-datamean;

% FOURIER TRANSFORM COEFFICIENT BASED ON DATA INPUT
coeffs=fft(x);

% FILTER COEFFICIENT
f=ffund;
for i=2:nby2+1
    t=1.0/f;
    if t > tmax||t < tmin
        coeffs(i)=0.0*coeffs(i);
    end
    f=f+ffund;
end

% REMAINING COEFFICIENT IS CALCULATED
for i=2:nby2
    coeffs(npts+2-i)=conj(coeffs(i));
end

% TRANSFORMED DATA IS INVERSED
backcoeffs=ifft(coeffs);

% REAL WAVES IS TAKEN
filtdat=real(backcoeffs);

% MEAN VALUE IS RETURNED
filtdat=filtdat+datamean;
d=filtdat;

% FOR USER:
% DEFINE THE X-AXIS MANUALLY:
% (the length of "i" should be the same size of "x"
% as the data-input points)
i=1:1:8628

% PLOT of RESIDUAL WAVE (as TSUNAMI WAVES)
fig1=figure;
plot(i,d,'k','LineWidth',3);
grid on
xlabel('data points');
ylabel('Water Level [m]');
title('Data Filtered or RESIDUAL WAVE');
figname1= sprintf('%s.png','kejadian-3_wave_residu');
saveas(fig1,figname1,'png');

% PLOT of RESIDUAL WAVE (as TSUNAMI WAVES) at MEAN SEA LEVEL
fig2=figure;
plot(i,backcoeffs,'b','LineWidth',3);
grid on
title('Data Filtered or RESIDUAL WAVE at MSL');

```

```

figname2= sprintf('%s.png', 'kejadian-3_wave_residu_MSL');
saveas(fig2,figname2, 'png');

%%

% FOURIER TRANSFORM COEFFICIENT BASED ON DATA INPUT
% IS USED FOR POWER FREQUENCY ANALYSIS
coeffs(1)=[]

% PLOT of FOURIER COEFFICIENT in the COMPLEX PLANE
fig3=figure;
plot(coeffs, 'r.', 'MarkerSize', 30);
grid on
title('Fourier Coefficients in the Complex Plane');
xlabel('Real Axis');
ylabel('Imaginary Axis');
figname3= sprintf('%s.png', 'kejadian-3_fourier_coeffs');
saveas(fig3,figname3, 'png');

% POWER & FREQUENCY ARE COMPUTED
power = abs(coeffs(1:floor(nby2))).^2;
nyquist = 1/2;
freq = (1:nby2)/(nby2)*nyquist;

% PLOT of TIME SERIES' WATER LEVEL for HAVING CLOSER LOOK
fig4=figure;
plot(i(1:5719),x(1:5719), 'b.-', 'LineWidth', 3);
grid on
xlabel('data points');
ylabel('Water Level [m]');
title('WATER LEVEL: Closer Look at the ALL Data Points');
figname4= sprintf('%s.png', 'kejadian-3_wave_first_9803pts');
saveas(fig4,figname4, 'png');

% PLOT of PERIODOGRAM of POWER VS FREQUENCY
fig5=figure;
plot(freq,power, 'b', 'LineWidth', 3)
grid on
xlabel('Frequency [cycles/sec]');
ylabel('Power');
title('PERIODOGRAM POWER VS FREQUENCY')
figname5= sprintf('%s.png', 'kejadian-3_power_freq');
saveas(fig5,figname5, 'png');

% PERIOD IS COMPUTED
period=1./freq;

% PLOT of PERIOD VS POWER
fig7=figure;
plot(period,power, 'b', 'LineWidth', 3);
grid on
ylabel('Power');
xlabel('Period [Sec/Cycle]');
title('Distribution Power in Period');
hold on;
index=find(power==max(power));

```



```

mainPeriodStr=num2str(period(index));
plot(period(index),power(index),'r','MarkerSize',25);
text(period(index)+2,power(index),['Period = ',mainPeriodStr]);
hold off;
figname7= sprintf('%s.png','kejadian-3_power_period');
saveas(fig7,figname7,'png');

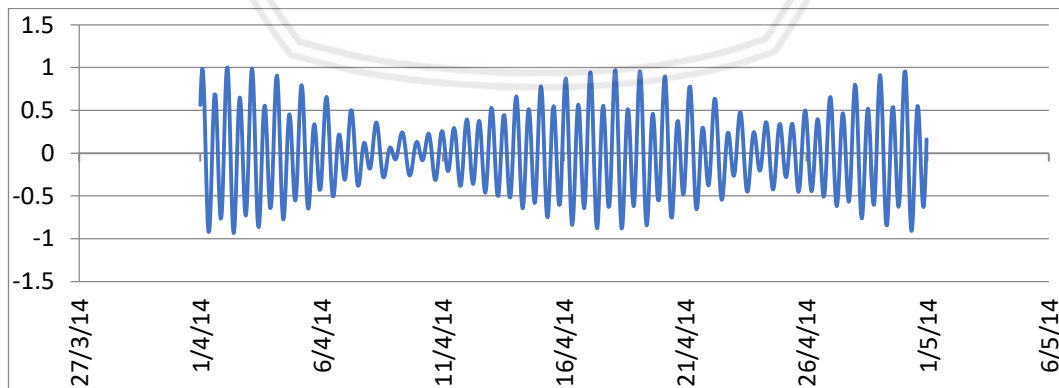
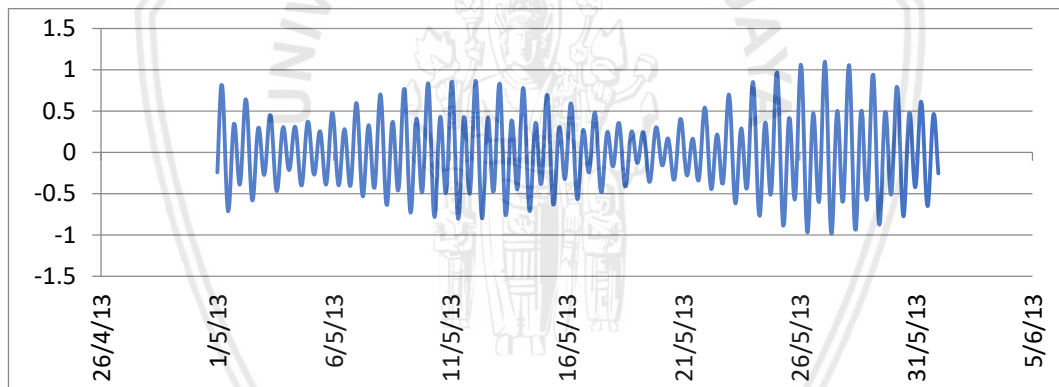
%% FILES OUTPUT: CAN BE USED FOR COMPARISON TO THE MODEL
SIMULATION RESULTS

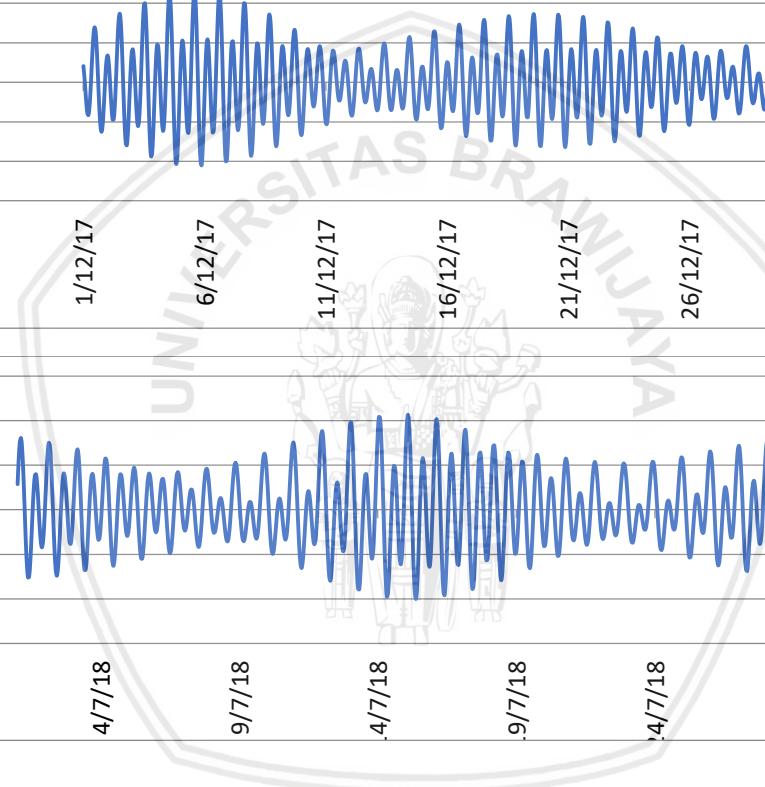
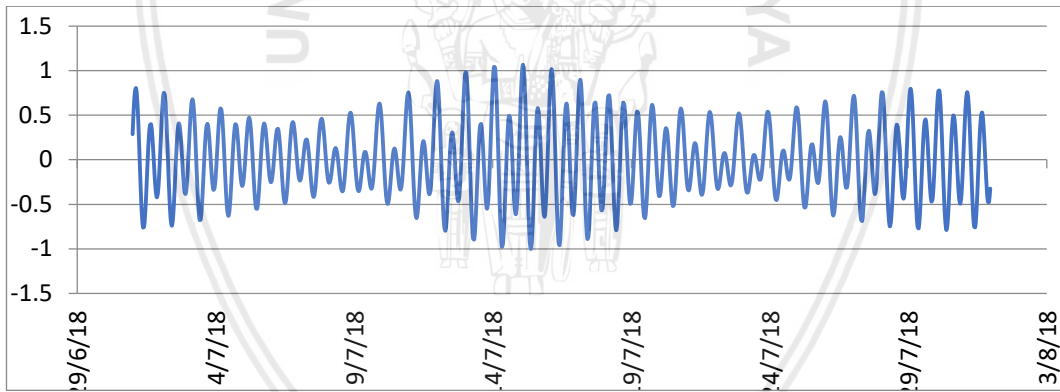
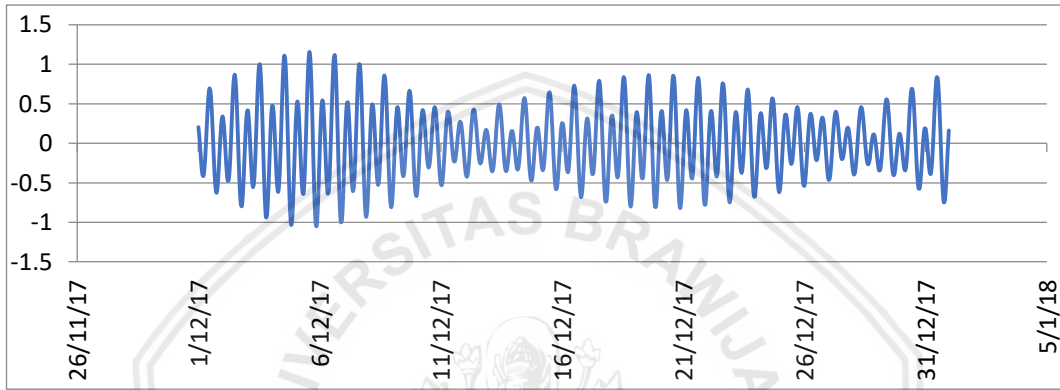
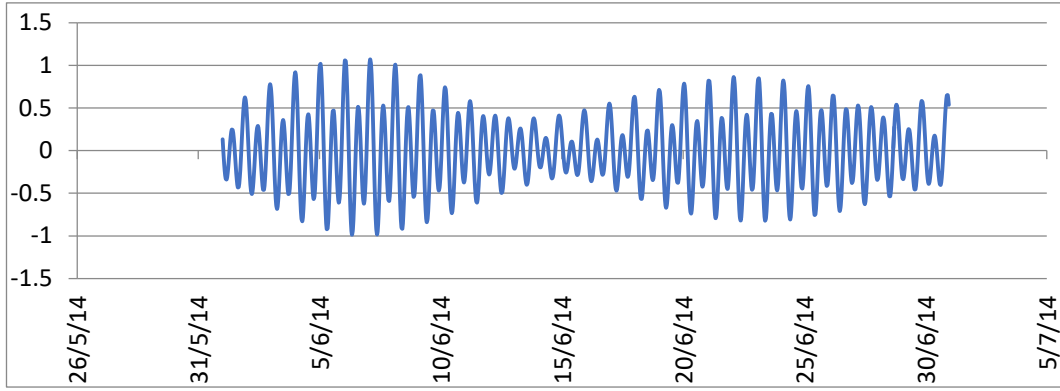
% OUTPUT DATA OF RESIDUAL WAVE
fid=fopen('kejadian-3_ResWaves.txt','wt');
fprintf(fid,'%8.5f\n',d);
fclose(fid);

% OUTPUT DATA OF RESIDUAL WAVES AT MSL
fid2=fopen('kejadian-3_ResWaves_MSL.txt','wt');
fprintf(fid2,'%8.5f\n',backcoeffs);
fclose(fid2);

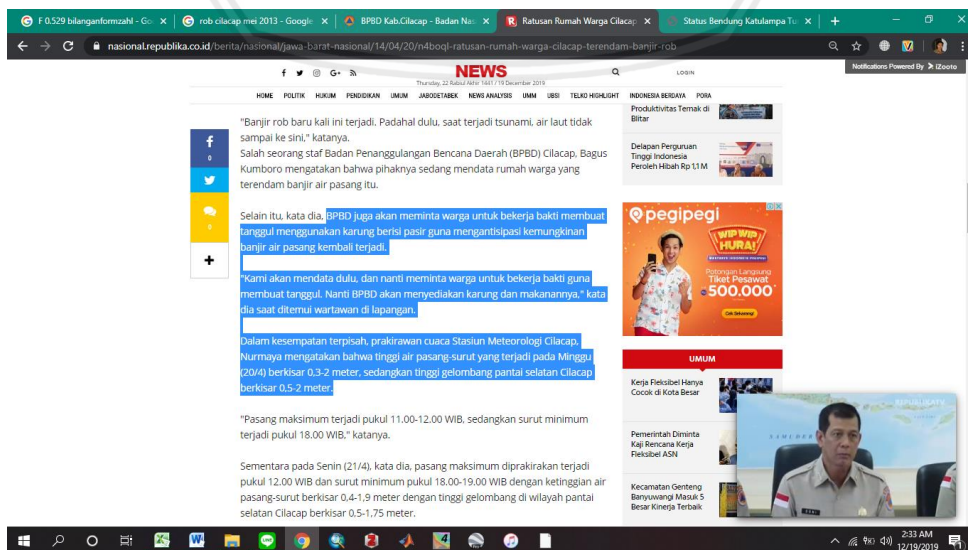
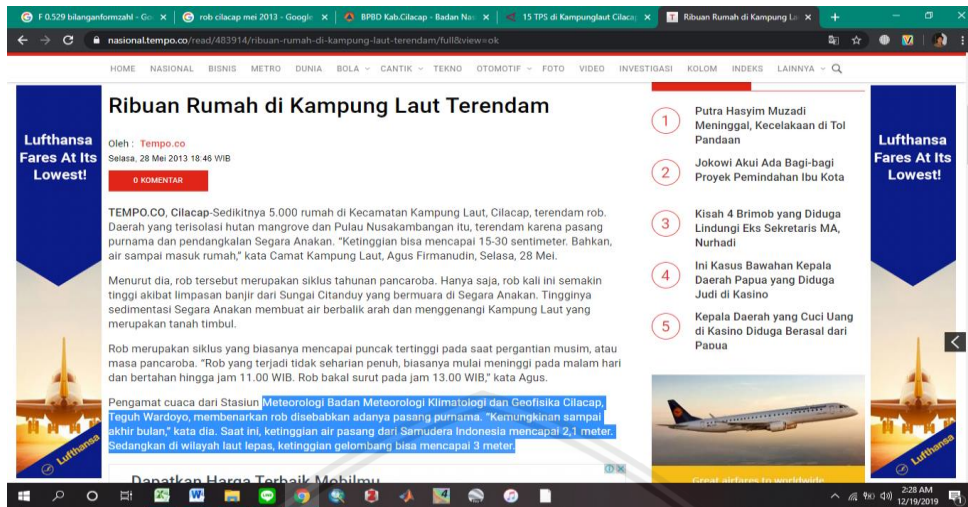
```

Lampiran 2. Peramalan pasang surut menggunakan data BIG ditiap bulan terjadinya banjir rob di Cilacap dan Prigi





Lampiran 3. Beritayang diperoleh dari media massa *online* terkait fenomena banjir rob di pesisir Cilacap dan Prigi



rob cilacap mei 2013 - Google... CILACAP - Daerah purwokerto... Ratusan Rumah Warga Cilacap... Status Bembung Katulampa 1...

HOME BERITA BUDAYA INFO MASYARAKAT PENGUMUMAN PRO 1 PRO 2

TENTANG RRI INDEX FEATURE INFO HARI TANGGAP BENCANA

jalan raya dan masuk rumah-rumah warga.

Air pasang yang terjadi selama berjam-jam ini terus menambah ketinggian air laut yang menggenangi rumah warga hingga mencapai 60 cm.

Data sementara yang dihimpun, ada sekitar 450 rumah warga yang terendam banjir di wilayah RT 1 hingga RT 6 RW 8 Kelurahan Tegalkamulyan, Kecamatan Cilacap Selatan.

"Iya ini karena banjir rob, air meluap ke jalan raya dan masuk rumah warga. Baru kali ini, biasanya tidak separah ini" kata Mujimem (60), warga RT 3 RW 8, Kelurahan Tegalkamulyan.

Petugas Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Cilacap, Galot Anif Widodo di lokasi menyebutkan ada 4 titik tanggul yang jebol akibat banjir rob ini.

"Terpantau ada 4 titik tanggul yang jebol karena banjir rob ini" katanya.

Dijelaskan, upaya BPBD saat ini adalah melakukan evakuasi warga ke titik aman terutama untuk anak, ibu hamil, lansia dan cacat.

"Banjir rob setinggi 60 centimeter di rumah-rumah warga. Kami sudah siapkan titik pengungsian di Posyandu setempat dan dapur umum bekerjasama dengan PMI Cilacap. Karena ini bulan Ramadan, kita siapkan menu berbuka puasa" jelasnya.

Sedangkan upaya penanganan tanggul yang jebol, pihak BPBD segera melakukan upaya menutup celah tanggul sebagai jalan masuknya air.

"Kita akan manfaatkan waktu seefektif mungkin, karena ada jeda surut pada sore hari. Kita akan tutup celah tanggul yang jebol itu karena kondisi ini diprakirakan masih terjadi hingga 3 hari ke depan"ujarnya.

Sementara itu aparat kepolisian melakukan penutupan jalur di 2 muara jalan Lingkar Selatan sepanjang 1 km yang terendam banjir rob. (Sandy)

00:00:00 / 00:00:00 P1 P2 P3 P4

2:54 AM 12/19/2019

rob cilacap mei 2013 - Google... Banjir Rob Landa 2 Kecamatan... Ratusan Rumah Warga Cilacap... Status Bembung Katulampa 1...

liputan6.com/regional/read/3183935/banjir-rob-landa-2-kecamatan-di-cilacap

NEWS BISNIS SHOWBIZ BOLA FOTO TEKNO CEK FAKTA VIDEO HOT DISABILITAS GLOBAL LAINNYA MASUK

REGIONAL Jawa Timur Sumatera Bali Nusa Sulawesi Jawa Tengah - DIY Jawa Barat Kalimantan Maluku-Papua

HEADLINE HARI INI

BACA JUGA:

Hujan Deras, Banjir Rob Genangi Garut Hujan Deras, Banjir Rob Genangi Garut Drama Pencarian 2 Pemancing yang Raib di Pantai Karangbolong

04:00 Kata Ustadz Solmed

04:30 Liputan 6 Pagi

SELENGKAPNYA

BERITA HARIAN DAERAH

ANAK DURHAKA

VIDEO: Viral Video Anak Bentak Ibu di Depan Warga Sekitar

PERINGATAN : KAMAR MENCUCI, SAMA TERBUKA KAMAR MENCUCI, SAMA TERBUKA KAMAR MENCUCI, SAMA TERBUKA KAMAR MENCUCI, SAMA TERBUKA KAMAR MENCUCI, SAMA TERBUKA

2 dari 3 halaman

Waspada Intrusi Air Laut ke Sumur Warga

Waiting for x.bidowitch.net...

2:58 AM 12/19/2019

rob cilacap mei 2013 - Google... BPBD Cilacap antisipasi rob di... Ratusan Rumah Warga Cilacap... Hujan di Bogor 3 Jam, Begini... Hujan di Bogor 3 Jam, Begini...

jateng.antaranews.com/berita/197575/bpbd-cilacap-antisipasi-rob-dan-gelombang-tinggi

HOME NUSANTARA NASIONAL JAWA TENGAH PERISTIWA EKONOMI BOLA OLARHAGA HIBURAN TEKNOLOGI ARTIKEL INTERNASIONAL OTOMOTIF FOTO VIDEO ENGLISH

04 jam lalu

LSPD tanyakan keabsahan aturan pengelolaan bersama hutan

04 jam lalu

Tsitsipas bidik tembus tiga besar musim depan

04 jam lalu

FOTO

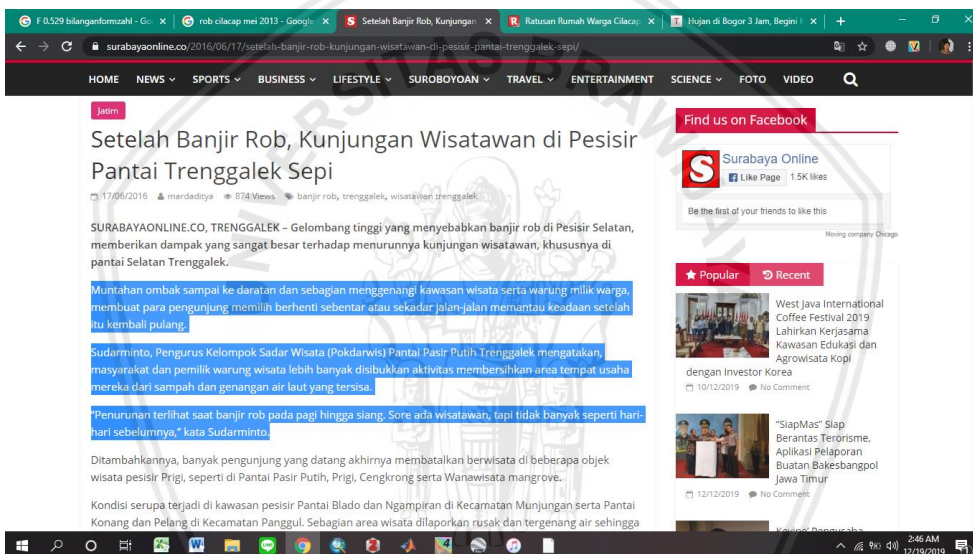
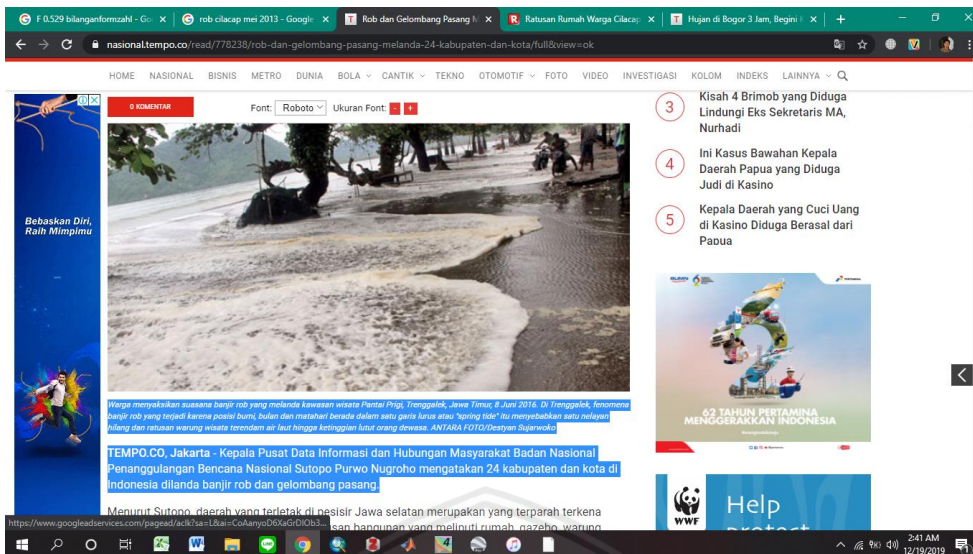
Panglima TNI dan Kapolri tinjau pos pengamanan Natal

Petugas BPBD Cilacap memantau lepasan air laut di Jalan Kalimantan, Cilacap, Selasa (24-7-2018) malam. (Foto: Dok. BPBD Cilacap)

Cilacap (Antaranews Jateng) - Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, mengantisipasi dampak rob yang berbarengan dengan gelombang tinggi, kata Kepala Bidang Kedaruratan dan Logistik BPBD Cilacap Martono.

"Berdasarkan prakiraan cuaca yang dikeluarkan BMKG, air pasang akan mencapai puncaknya sekitar pukul 22.00 WIB," katanya di Cilacap, Selasa malam.

2:40 AM 12/19/2019



Lampiran 4. Dokumentasi kegiatan pengolahan data di Pusat Riset Kelautan KKP ANCOL

