

ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK MENDETEKSI

KEDALAMAN PERAIRAN

STUDI KASUS: PERAIRAN BANGSRING, BANYUWANGI

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU

KELAUTAN

Oleh :

JUNIKA CHINTIA AYU PUTRI

NIM. 135080600111044

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017



ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK MENDETEKSI

KEDALAMAN PERAIRAN

STUDI KASUS: PERAIRAN BANGSRING, BANYUWANGI

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU

KELAUTAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas

Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh :

JUNIKA CHINTIA AYU PUTRI

NIM. 135080600111044



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK MENDETEKSI
KEDALAMAN PERAIRAN
STUDI KASUS: PERAIRAN BANGSRING, BANYUWANGI

Oleh :

JUNIKA CHINTIA AYU PUTRI
NIM. 135080600111044

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 13 Juni 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.d.
NIP. 19621220 198803 1 004
Tanggal : 18 JUL 2017

Dosen Penguji II

Syarifah Hikmah Julinda Sari, S.Pi.,
M.Sc
NIP. 19840720 201404 2 001
Tanggal : 18 JUL 2017

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

M.A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc.
NIP. 19801005 200501 1 002
Tanggal : 18 JUL 2017

Dosen Pembimbing II

M. Arif As' Adi, S.Kel., M.Sc.
NIP. 19821106 200812 1 002
Tanggal : 18 JUL 2017



Mengetahui,
Ketua Jurusan PSPK

Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP
NIP. 19630608 198703 1 003
Tanggal : 18 JUL 2017

IDENTITAS TIM PENGUJI

Dosen Penguji I

Nama : Dr. Ir. Bambang Semedi, M.Sc

Tempat/ Tanggal Lahir : Blitar, 20 Desember 1962

Alamat : Jl. Kapi Sraba 1X/10E-01

Nomer Telfon : 08194186625

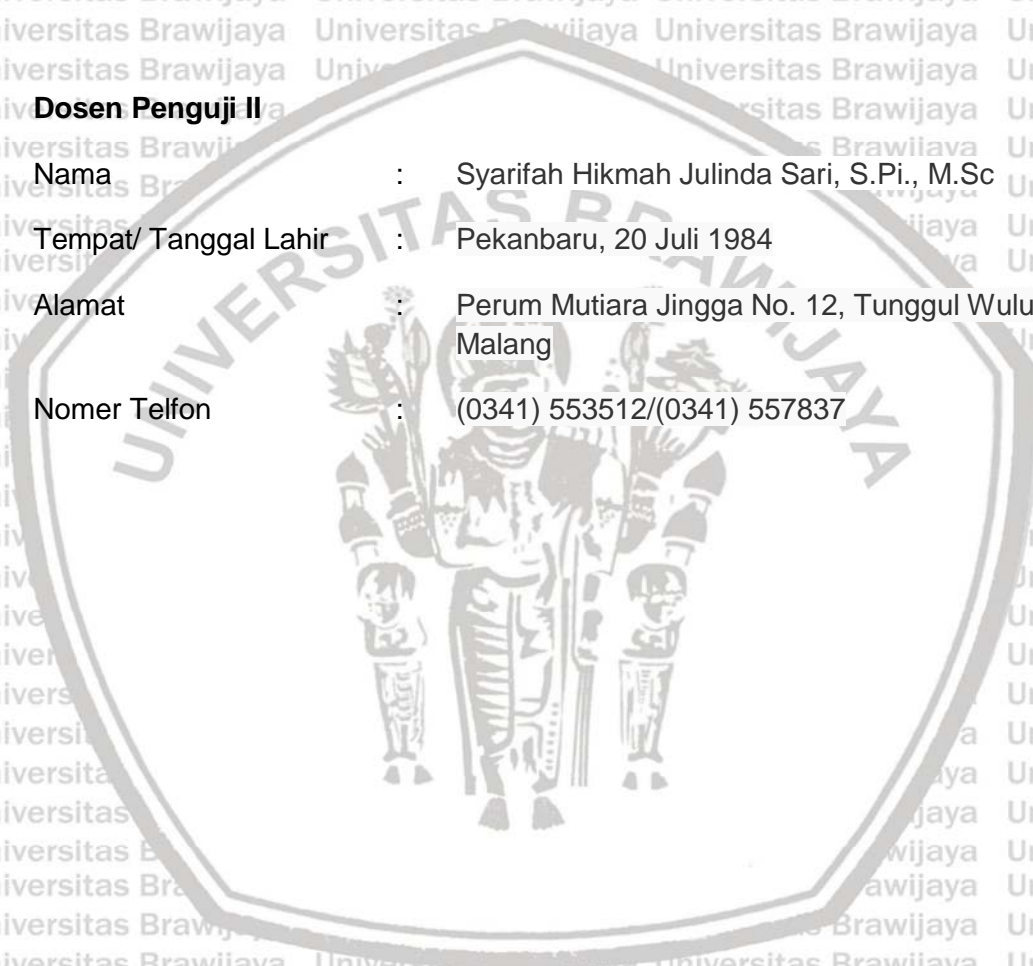
Dosen Penguji II

Nama : Syarifah Hikmah Julinda Sari, S.Pi., M.Sc

Tempat/ Tanggal Lahir : Pekanbaru, 20 Juli 1984

Alamat : Perum Mutiara Jingga No. 12, Tunggul Wulung,
Malang

Nomer Telfon : (0341) 553512/(0341) 557837



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Junika Chintia Ayu Putri

NIM : 135080600111044

Prodi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam laporan skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri yang dibimbing oleh dua dosen pembimbing skripsi program studi Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis, pendapat, atau dibentuk orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 25 April 2017

Penulis,

Junika Chintia Ayu Putri

NIM. 135080600111044



UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis ditujukan kepada beberapa pihak atas doa, dukungan dan ilmu yang diberikan dalam proses penyusunan laporan skripsi.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW
2. Kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa serta motivasi selama melakukan kegiatan dan penyusunan laporan skripsi
3. Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya dan Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP selaku Ketua Jurusan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya serta Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
4. M. A Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi satu dan M. Arif As' Adi, S.Kel., M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi dua yang telah banyak meluangkan waktu dan ilmunya dalam mengarahkan, membimbing selama penyusunan laporan skripsi
5. Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.d. dan Syarifah Hikmah Julinda Sari, S.Pi., M.Sc selaku dosen penguji yang telah menyempatkan hadir dan memberikan kritik serta saran yang sangat membangun
6. Kepada Sofar Jumantry dan keluarga yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam proses penyusunan laporan skripsi. Serta teman-teman Ilmu Kelautan 2013 yang telah membantu dalam proses pembuatan laporan skripsi.

ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK MENDETEKSI KEDALAMAN PERAIRAN

STUDI KASUS: PERAIRAN BANGSRING, BANYUWANGI

Junika Chintia Ayu Putri¹⁾, M.A. Zainul Fuad²⁾, M. Arif As' Adi²⁾

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Peta batimetri memberikan informasi penampakan dasar laut yang memiliki struktur, bentuk dan penampakan yang beragam. Pada saat ini pemanfaatan teknologi penginderaan jauh telah banyak dilakukan karena dinilai merupakan salah satu metode pemetaan batimetri yang efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi nilai kedalaman hasil pengolahan citra Landsat 8 terhadap data hasil pemeruman kedalaman di Bangsring menggunakan *echosounder*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, perairan Bangsring memiliki kedalaman antara 0,39 meter sampai dengan 96,05 meter dengan profil dasar perairan yang terus menurun seiring dengan bertambahnya jarak. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan sebesar 0,81 sedangkan koefisien korelasi (R) sebesar 0,90. Kedalaman perairan yang cenderung dangkal memiliki nilai galat atau *error* yang lebih tinggi yaitu sebesar 36,30% jika dibanding dengan perairan yang lebih dalam dengan nilai galat sebesar 18,73%. Sehingga citra satelit Landsat 8 dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi batimetri.

Kata Kunci : Batimetri, Landsat 8, algoritma Van Hengel dan Spitzer (VHS).

THE POTENTIAL ANALYSIS OF LANDSAT 8 SATELLITE IMAGE FOR BATHYMETRIC DETECTION, A CASE STUDY: BANGSRING, BANYUWANGI

ABSTRACT

The bathymetry map provides information of the seafloor's appearance that has diverse in structures, shapes, and visions. Nowadays remote sensing technology becomes more prevalent because it is one of the most effective and efficient methods for bathymetric mapping. This research was aimed to analyze the depth estimation from image processing of Landsat 8 satellite, and measured the water depth using an echosounder. The results showed that the depth of the water in Bangsring was between 0.39 meter and 96.05 meter, and the bathymetric profile continued to decrease with increasing distance. The coefficient determination (R^2) and the coefficient correlation (R) were 0.81 and 0.90 respectively. The results also revealed that the shallow water had higher error mean than that of the depth water, 36.30% and 18.73% respectively. Therefore, Landsat 8 satellite is suitable and recommended to be used to extract for bathymetric information.

Key Words : Bathymetric, Landsat 8, Van Hengel and Spitzer algorithm (VHS).

- 1) Mahasiswa Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang
- 2) Dosen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena kelimpahan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Analisis Kemampuan Citra Satelit Landsat 8 untuk Mendeteksi Kedalaman Perairan, Studi Kasus: Perairan Bangsring, Banyuwangi” dan dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Sangat disadari bahwa dengan segala kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun dengan berbagai upaya untuk menyelesaikan laporan skripsi ini dengan sempurna, tetapi masih banyak kekurangan atau kesalahan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kedepannya. Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, April 2017

Junika Chintia Ayu Putri

NIM. 135080600111044



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
UCAPAN TERIMAKASIH	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Waktu dan Tempat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Batimetri	5
2.2 Pengindraan Jauh	6
2.3 Citra Satelit Landsat 8	7
2.4 Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Pemetaan Perairan Dangkal	8
2.5 Algoritma Van Hengel dan Spitzer	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	11
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Alir Penelitian	13
3.4 Pengolahan Data Primer	14
3.4.1 Pengolahan Data Pasang Surut	14
3.4.2 Pengolahan Data Kedalaman Perairan	15
3.5 Pengolahan Data Citra Landsat 8 OLI TIRS	16
3.5.1 Koreksi Radiometrik	16
3.5.2 Koreksi Geometrik	16
3.5.3 Pemisahan Air dan Darat Pada Citra	17
3.5.4 Aplikasi Algoritma Van Hengel dan Spitzer	17

3.5.5 Galat (Error) Nilai Kedalaman Sebenarnya dengan Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer	18
--	----

3.5.6 Perbandingan Data Citra Landsat 8 dan Data Pemeruman Lapangan	19
---	----

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

20

4.1 Hasil Pengolahan Data Lapangan	20
--	----

4.1.1 Pengukuran Pasang Surut	20
-------------------------------------	----

4.1.2 Pengukuran Kedalaman	21
----------------------------------	----

4.1.3 Peta Batimetri Hasil Pemeruman	22
--	----

4.1.4 Cross Section Kedalaman Perairan Bangsring	24
--	----

4.2 Hasil Pengolahan Data Citra Landsat 8 OLI TIRS	27
--	----

4.2.1 Koreksi Radiometrik	27
---------------------------------	----

4.2.2 Koreksi Geometrik	29
-------------------------------	----

4.2.3 Pemisahan Air dan Darat Pada Citra	29
--	----

4.2.4 Aplikasi Algoritma Van Hengel dan Spitzer	30
---	----

4.2.5 Peta Batimetri Hasil Pengolahan Landsat 8	31
---	----

4.2.6 Cross Section Kedalaman Perairan Bangsring Algoritma Van Hengel dan Spitzer	33
---	----

4.3 Perbandingan Data Citra Landsat 8 dan Data Lapangan	36
---	----

4.3.1 Galat (Error) dan Nilai Residual Nilai Kedalaman Sebenarnya dengan Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer	41
---	----

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

45

5.1 Kesimpulan	45
----------------------	----

5.2 Saran	45
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	46
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	48
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Perairan Bangsring, Banyuwangi 11

Gambar 2. Alir Penelitian 14

Gambar 3. Hasil Pengukuran Pasang Surut 20

Gambar 4. Jalur Pemeruman Kedalaman Perairan Bangsring, Banyuwangi. 22

Gambar 5. Peta Batimetri 2D Perairan Bangsring 23

Gambar 6. Peta Batimetri Shaded Relief Perairan Bangsring 24

Gambar 7. Peta Titik Cross Section Perairan Bangsring 25

Gambar 8. (A) Cross Section A ke B, (B) Cross Section C ke D, (C) Cross Section E ke F 27

Gambar 9. Histogram band 2 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) koreksi radiometrik 28

Gambar 10. Citra Landsat 8 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) koreksi radiometrik 28

Gambar 11. Citra Landsat 8 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan masking 30

Gambar 12. Peta Batimetri 2D Perairan Bangsring Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer 32

Gambar 13. Peta Batimetri Shaded Relief Perairan Bangsring Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer 33

Gambar 14. Peta Titik Cross Section Perairan Bangsring Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer 34

Gambar 15. (A) Cross Section A ke B, (B) Cross Section C ke D, (C) Cross Section E ke F 36

Gambar 16. Hasil Regresi Nilai Z (<25 meter) dengan Y1 40

Gambar 17. Hasil Regresi Nilai Z (>25 meter) dengan Y1 41

Gambar 18. Hasil regresi Z dengan Y1 41

Gambar 19. Grafik Residual Kedalaman <25 meter 43

Gambar 20. Grafik Residual Kedalaman >25 meter 44

Gambar 21. Grafik Residual Seluruh Kedalaman 44



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Band Landsat 8 8
Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian 12
Tabel 3. Bahan yang digunakan dalam penelitian 12
Tabel 4. Konstanta Harmonik Pasang Surut Hasil TMD 21



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peta batimetri memberikan informasi penampakan dasar laut yang memiliki struktur, bentuk dan penampakan yang beragam. Pemetaan batimetri di perairan dangkal mempunyai peranan penting untuk kegiatan perikanan dan kelautan baik secara langsung maupun tidak langsung (Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Selain digunakan dalam bidang perikanan dan kelautan informasi batimetri juga sangat penting dalam bidang navigasi (Arief et al., 2013), mengelola sarana dan fasilitas pelabuhan, mendukung operasi pengerukan dan memprediksi sedimen yang berasal dari sungai yang bermuara kelaut (Mumby et al., 1998).

Salah satu cara untuk menghasilkan peta batimetri adalah dengan survei hidrografi. Survei hidrografi adalah cabang ilmu yang berhubungan dengan pengukuran dan deskripsi sifat serta bentuk dasar perairan dan dinamika badan air (Triatmodjo, 2009). Pemetaan batimetri biasanya diukur menggunakan *echosounder* (Arief, 2012; Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008) atau dengan *Conductivity, Temperature, Depth* (CTD) (Arief, 2012). Metode ini dapat menghasilkan kedalaman yang akurat untuk perairan dalam. Tetapi metode ini cukup sulit untuk diterapkan di perairan dangkal (Wahyuningrum et al., 2008) dan membutuhkan waktu yang lama, biaya yang sangat besar serta tingkat kesulitan wilayah yang belum tentu dapat dijangkau (Liu et al., 2003).

Pada saat ini pemanfaatan teknologi penginderaan jauh telah banyak dilakukan karena dinilai merupakan salah satu metode pemetaan batimetri yang efektif dan efisien (Arief et al., 2013; Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Kelebihan dari teknologi ini yaitu relatif murah, mempunyai wilayah cakupan yang luas dan dapat menjangkau wilayah yang relatif sulit serta data

yang dapat diperbahatui dalam jangka waktu tertentu (Arief, 2012; Arief et al., 2013). Hasil dari teknologi ini dapat digunakan dalam menyusun serta merevisi peta-peta sumber daya (Setiawan et al., 2014).

Landsat 8 adalah salah satu teknologi penginderaan jauh yang dapat digunakan dalam pendugaan kedalaman perairan. Banyaknya *band* serta rentang panjang gelombang yang pendek menjadikan Landsat 8 sebagai alat monitoring permukaan Bumi. Keunggulan khusus dari Landsat 8 adalah rentang panjang gelombang yang ditangkap serta spesifikasi dari masing-masing *band*.

Pada *band* 1 sampai 4 memiliki panjang gelombang antara 0,43 sampai 0,67 μm (Setiawan et al., 2014). *Band* yang dapat digunakan untuk mengukur kedalaman perairan mempunyai kisaran panjang gelombang 0,40 sampai 0,69 μm (Arief et al., 2013). Kelebihan lain dari citra Landsat 8 adalah adanya data citra *time series* dengan cakupan wilayah yang luas (Setiawan et al., 2014).

Teknologi penginderaan jauh membutuhkan perairan yang jernih untuk mendapatkan hasil yang baik (Setiawan et al., 2014). Salah satu perairan di Jawa Timur yang memiliki kondisi yang cukup jernih adalah perairan Bangsring. Perairan Bangsring berada di Kabupaten Banyuwangi dan terletak antara Laut Bali dan Selat Bali (Fuad et al., 2016). Pada perairan Bangsring terdapat area konservasi ekosistem laut, salah satunya yaitu terumbu karang dan ikan karang.

Data batimetri dapat digunakan dalam upaya peningkatan habitat perairan dan sumber daya laut di perairan Bangsring, salah satunya digunakan sebagai pertimbangan untuk mencari alternatif lokasi penempatan tempat berlindung buatan bagi ikan berupa rumah ikan atau sering disebut *fish apartment* (FA) (Fuad et al., 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Pendeteksian kedalaman selain menggunakan *echosounder* juga dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Salah satu teknologi penginderaan jauh yang telah berhasil mendeteksi kedalaman, khususnya perairan dangkal adalah Landsat 7 ETM+. Pada tahun 2013 telah diluncurkan generasi baru dari satelit Landsat 7 yaitu Landsat 8. Keunggulan khusus dari Landsat 8 adalah rentang panjang gelombang yang ditangkap serta spesifikasi dari masing-masing *band*. Pada *band* 1 sampai 4 memiliki panjang gelombang yang dapat digunakan untuk mengukur kedalaman perairan. Melihat permasalahan tersebut rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah,

1. Berapakah nilai kedalaman dan bagaimana pola kedalaman hasil pemeruman menggunakan *echosounder* dan pengolahan citra Landsat 8 di perairan Bangsring, Banyuwangi?
2. Apakah nilai kedalaman hasil pengolahan citra Landsat 8 dapat mendekati nilai kedalaman hasil pemeruman menggunakan *echosounder* di perairan Bangsring, Banyuwangi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui nilai dan pola kedalaman hasil pemeruman menggunakan *echosounder* dan pengolahan citra Landsat 8 di perairan Bangsring, Banyuwangi
2. Menganalisis potensi nilai kedalaman hasil pengolahan citra Landsat 8 terhadap data hasil pemeruman menggunakan *echosounder*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu, dapat dimanfaatkan sebagai informasi pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya pantai serta penempatan *fish apartment* (FA) di perairan Bangsring, Banyuwangi.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di perairan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Penelitian dilakukan pada tanggal 25 Maret 2017.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Batimetri

Batimetri atau kedalaman air laut merupakan ukuran kedalaman daerah perairan laut yang diukur dari atas permukaan air sampai ke dasar laut. Peta batimetri adalah data spasial yang berisi informasi kedalaman suatu daerah perairan (Setiawan et al., 2014). Peta batimetri memperlihatkan relief permukaan bumi atau *terrain (vertical dimension of land surface)* yang digambarkan dengan garis-garis kontur yang disebut kontur kedalaman atau *isobaths* (Arief, 2012).

Peta batimetri khususnya di perairan dangkal memiliki fungsi penting dalam bidang perikanan dan kelautan (Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Informasi kedalaman perairan dangkal pada wilayah pesisir dan daerah pelabuhan memiliki peranan penting dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan sarana dan fasilitas pelabuhan (Mumby et al., 1998). Informasi persebaran makhluk hidup dan mitigasi bencana seperti tsunami juga dapat dihasilkan dari nilai kedalaman perairan (Pambuko et al., 2013).

Teknik pengukuran kedalaman mengalami perkembangan dengan ditemukannya *echosounder*, dengan ditemukannya alat ini kedalaman perairan menjadi mudah diukur (Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Data kedalaman yang dihasilkan oleh *echosounder* belum sepenuhnya mencerminkan kedalaman sebenarnya. Data kedalaman hasil pemeruman perlu dilakukan kalibrasi dengan data pasang surut dan tinggi *draft* kapal (Fuad et al., 2016; Wahyuningrum et al., 2008). Kalibrasi ini perlu dilakukan dengan alasan kondisi tinggi muka air laut dan kedalaman laut bersifat tidak statis dan mengalami perubahan karena adanya pasang surut air laut (Wahyuningrum et al., 2008).

1.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau *remote sensing* merupakan teknik mendapatkan data atau merekam gambar rupa bumi menggunakan sensor radiasi elektromagnetik. Teknik ini memanfaatkan citra dari teknologi satelit dalam memperoleh dan menginterpretasikan informasi (Yanuarsyah and Hermawan, 2013) tanpa ada kontak langsung dengan objek permukaan bumi (Andana, 2015; Suwargana, 2013). Pengamatan tanpa kontak langsung ini memungkinkan mengingat prinsip kerja alat penginderaan jauh yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik (Wahyuningrum, 2008).

Komponen penting yang terlibat dalam sistem penginderaan jauh adalah matahari sebagai sumber energi yang berupa radiasi elektromagnetik, atmosfer yang merupakan media lintasan dari radiasi elektromagnetik, objek sebagai fenomena yang terdeteksi oleh sonar dan sensor yang mendeteksi radiasi elektromagnetik dari suatu objek (Wahyuningrum, 2008). Citra satelit penginderaan jauh memiliki kemampuan dan keunggulan yang berbeda-beda, hal ini tergantung dari setiap karakteristik satelit. Kemampuan pemetaan satelit tergantung dari seberapa besar resolusi spasial, resolusi gambar dan resolusi temporal. Karakter utama satelit penginderaan jauh adalah adanya rentang kanal atau *band* panjang gelombang elektromagnetik (Suwargana, 2013).

Teknologi penginderaan jauh menyajikan morfologi permukaan bumi yang bisa dilihat secara langsung (Pambuko et al., 2013). Penginderaan jauh bermanfaat sebagai alat bantu dalam pembuatan peta untuk eksplorasi dan sebagai sistem penyimpanan data hasil eksplorasi. Penginderaan jauh digunakan untuk mendapatkan informasi dari suatu objek ataupun wilayah dengan cara penganalisisan data (Andana, 2015). Teknologi penginderaan jauh digunakan dalam penelitian wilayah pesisir, salah satunya yaitu memetakan batimetri perairan dangkal. Penggunaan penginderaan jauh dinilai efisien dan efektif,

terutama jika diaplikasikan di wilayah perairan yang memiliki dinamika tinggi.

Teknik ini sangat tergantung terhadap kemampuan penembusan cahaya pada perairan yang berkisar antara 15 sampai 24 meter (Wouthuyzen, 2001).

1.3 Citra Satelit Landsat 8

Landsat 8 atau *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) merupakan kerjasama antara NASA dan USGS (*U.S. Geological Survey*) yang diluncurkan pada tahun 11 Februari 2013 dari VAFB, CA dengan pesawat peluncur Atlas-V-401 (Sitanggang, 2010; USGS, 2017). Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang mempunyai massa saat meluncur sebesar 2623 kg dan massa kering sebesar 1512 kg. Satelit LDCM tersebut akan mengumpulkan data permukaan Bumi yang mirip dengan Landsat sebelumnya. Data LDCM tersebut akan diberikan ke USGS yang akan bertanggung jawab untuk operasi-operasi satelit maupun pengumpulan, pengarsipan, pengolahan dan distribusi data (Sitanggang, 2010). Data yang dihasilkan oleh Landsat 8 dapat *download* pada *website* [EarthExplorer](#), [GloVis](#), atau [LandsatLook Viewer](#) (USGS, 2017).

Landsat 8 dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran sinkron matahari dengan inklinasi orbit sebesar $98,2^{\circ}$, dengan periode 99 menit dan waktu liput ulang selama 16 hari dengan ketinggian 705 km. Landsat 8 akan melintasi wilayah khatulistiwa (*Local time on Descending Node- LTDN*) pada pukul 10.00 sampai dengan 10.15 pagi. Landsat 8 dirancang membawa sensor pencitraan OLI (*Operational Land Imager*). Sensor OLI ini memiliki *band* spektral yang menyerupai sensor ETM+ dari Landsat 7 (Sitanggang, 2010).

Citra satelit Landsat 8 dapat mengukur frekuensi yang berbeda sepanjang spektrum elektromagnetik, seperti warna yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia. Frekuensi yang berbeda ini disebut *band*, Landsat 8 memiliki total 11 *band* (Andana, 2015; USGS, 2017). Dari 11 *band* yang dimiliki Landsat 8

terdapat *band* yang memiliki panjang gelombang yang pendek yaitu *band* 1-4 dan 8, dan merupakan cahaya tampak. *Band* 5, 6, 7, 9, 10 dan 11 memiliki panjang gelombang yang termasuk spektrum cahaya yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia karena memiliki panjang gelombang yang panjang (USGS, 2017). Landsat 8 memiliki *band* sebanyak 11 buah. *Band* 1 sampai 9 termasuk sensor OLI, *band* 10 dan 11 merupakan sensor TIRS. Sebagian besar *band* yang dimiliki oleh Landsat 8 memiliki kemiripan dengan Landsat 7 (Andana, 2015), untuk spesifikasi sensor citra Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Band* Landsat 8

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)
<i>Band</i> 1 - Coastal aerosol	0,43 – 0,45	30
<i>Band</i> 2 – Blue	0,45 – 0,51	30
<i>Band</i> 3 – Green	0,53 – 0,59	30
<i>Band</i> 4 – Red	0,64 – 0,67	30
<i>Band</i> 5 - Near Infrared (NIR)	0,85 – 0,88	30
<i>Band</i> 6 - SWIR 1	1,57 – 1,65	30
<i>Band</i> 7 - SWIR 2	2,11 – 2,29	30
<i>Band</i> 8 – Panchromatic	0,50 – 0,68	15
<i>Band</i> 9 – Cirrus	1,36 – 1,38	30
<i>Band</i> 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100
<i>Band</i> 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100

Sumber: Ananda, 2015.

1.4 Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Pemetaan Perairan Dangkal

Penggunaan data citra satelit dalam penginderaan jauh dapat memperoleh informasi sinoptik untuk mengamati fenomena yang terjadi di lautan yang luas dan dinamis (Wouthuyzen, 2001). Penggunaan gambar satelit ini dapat digunakan untuk mengetahui data kedalaman laut (Arief et al., 2013). Prinsip dasar penggunaan penginderaan jauh untuk memetakan batimetri adalah bahwa panjang gelombang setiap *band* dari satelit dapat menembus air pada kedalaman tertentu sesuai dengan panjang gelombangnya masing-masing (Setiawan et al., 2014).

Penggunaan citra satelit dalam menentukan kedalaman laut memiliki keuntungan selain efisien dan efektif (Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Keuntungan lainnya yaitu dapat dilakukan pemetaan perairan dangkal dengan cepat dan murah. Peningkatan resolusi spasial citra menyediakan berbagai macam aplikasi dan metode dalam kegiatan pemetaan bawah air (Arief et al., 2013).

Penggunaan citra satelit dalam penentuan kedalaman laut terdiri dari beberapa proses. Proses dimulai dengan inputan data berupa citra satelit dan data kedalaman. Kemudian kedua data tersebut dipastikan memiliki sistem koordinat yang sama melalui proses *georeference*. Selanjutnya dilakukan pemotongan terhadap citra dan data melalui proses *cropping* dengan menggunakan batas koordinat pemotongan. Pada hasil *cropping* dilakukan preprosesing dengan penggabungan data dan citra berdasarkan posisi spasial pada koordinat yang digunakan. Selanjutnya data citra akan diolah dan dinalisis menggunakan metode yang telah ditentukan (Pambuko et al., 2013).

1.5 Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Algoritma Van Hengel dan Spitzer adalah algoritma yang dirumuskan oleh Van Hengel dan Spitzer pada tahun 1991. Algoritma ini merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif air laut. Algoritma ini membutuhkan tiga masukan *band* citra dengan menggunakan perhitungan bentuk perkalian matrik 3x3 dan nilai sudut rotasi untuk mendapatkan nilai kedalaman relatif (Wahyuningrum et al., 2008).

Pengaplikasian Algoritma Van Hengel dan Spitzer (VHS) dilakukan dengan mencari komponen matrik dari citra yang telah dikoreksi radiometrik dan geometrik, untuk menghasilkan indeks kedalaman. Algoritma VHS menggunakan perkalian matriks 3x3 dengan data *input* berupa citra pertama, kedua, ketiga dan

juga sudut arah rotasi citra. Kedalaman absolut dapat didapatkan dengan pemodelan antara indeks kedalaman sebagai variabel X dan kedalaman hasil pengukuran lapang sebagai variabel Y (Maulana et al., 2015).

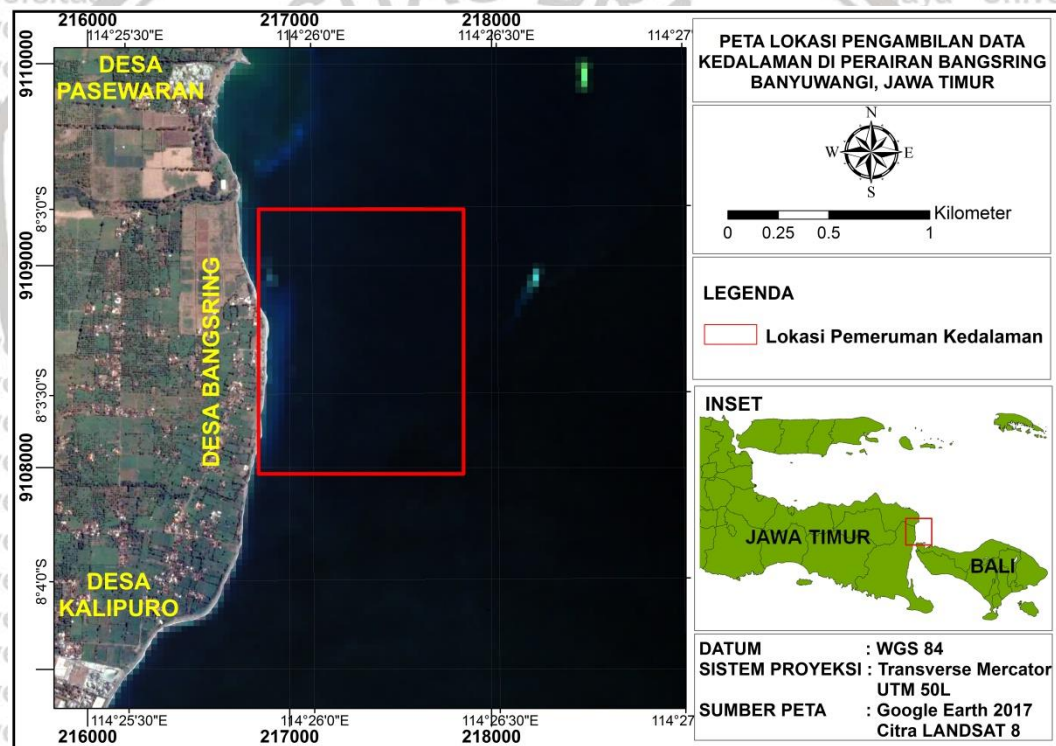
Band yang digunakan dalam algoritma ini adalah tiga *band* yaitu *band 1*, *band 2* dan *band 3* yaitu *band* yang memiliki respon spektral yang terbaik untuk objek perairan. Menggunakan algoritma ini dimulai dengan mencari nilai dari arah rotasi r dan s kemudian dilanjutkan ke perkalian matrik 3×3 untuk mendapatkan nilai kedalaman relatif (Setiawan et al., 2014).



BAB 3. METODE PENELITIAN

1.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pemeruman kedalaman yaitu di Perairan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Perairan Bangsring terletak antara Laut Bali dan Selat Bali. Wilayah perairan ini digunakan sebagai jalur pelayaran niaga maupun penyeberangan, dan juga merupakan wilayah yang memiliki produktifitas yang tinggi dalam bidang perikanan (Fuad et al., 2016), lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Waktu pemeruman kedalaman dan pengukuran pasang surut yaitu pada tanggal 25 Maret 2017,



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Perairan Bangsring, Banyuwangi

1.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan merupakan hal yang sangat penting. Alat merupakan benda yang mempermudah kegiatan penelitian. Alat yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Bahan merupakan objek yang akan diolah dan digunakan dalam penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

NO	ALAT	FUNGSI
1.	Global Positioning System (GPS)	Global Positioning System (GPS) berfungsi untuk mengetahui koordinat wilayah
2.	Echosounder GPS MAP 585	Echosounder berfungsi untuk proses pemeruman dan mengetahui nilai kedalaman suatu perairan
3.	ArcGIS 10.3	Software ArcGIS 10.1 digunakan untuk mengolah peta batimetri 2D dan 3D
4.	Map Source 6.16.3	Software Map Source digunakan untuk membuat jalur pemeruman
5.	ER Mapper 7.1	Software ER Mapper digunakan untuk mengolah citra Landsat 8
6.	MATLAB R2009a	Software MATLAB digunakan untuk menjalankan <i>Tide Model Driver</i> (TMD) sebagai data prediksi pasang surut
7.	Microsoft Excel 2010	Software Microsoft Excel digunakan untuk mengolah hasil pemeruman, pasang surut dan regresi linier

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

NO	Data Primer	FUNGSI
1.	Data pasang surut hasil pengamatan lapang	Data pasang surut digunakan untuk mengoreksi data kedalaman hasil pemeruman
2.	Data kedalaman hasil pemeruman	Data kedalaman digunakan untuk mengetahui kondisi batimetri perairan



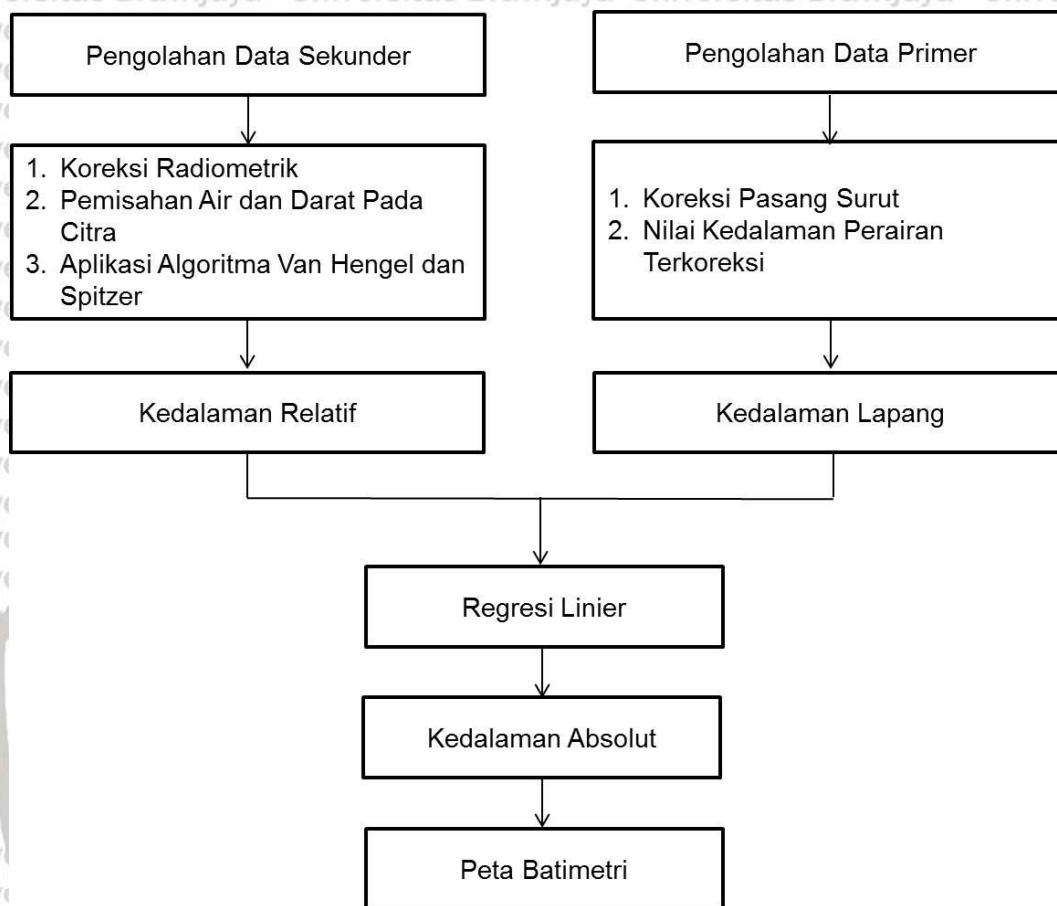
NO	Data Sekunder	FUNGSI
1.	Citra Landsat 8 tanggal 11 Juni 2016. Path 117, Row 66 yang didapatkan dari earthexplorer.usgs.gov	Citra Landsat 8 digunakan untuk mengetahui nilai kedalaman perairan menggunakan Algoritma Van Hengel dan Spitzer
2.	Data pasang surut hasil prediksi menggunakan TMD	Data Pasang Surut dan Prediksi TMD digunakan untuk mengkoreksi data kedalaman hasil pemeruman
3.	Data Kedalaman hasil penelitian Fuad et al tahun 2016	Data Kedalaman digunakan untuk mengetahui kondisi batimetri perairan dan perbandingan dengan hasil citra Landsat 8

1.3 Alir Penelitian

Alir penelitian ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama mengolah data primer hasil penelitian lapang yaitu data kedalaman dan data pasang surut. Data kedalaman hasil pemeruman dikoreksi dengan nilai pasang surut dan nilai *draft* kapal dengan cara data kedalaman hasil pemeruman dikurangi nilai pasang surut dan ditambah dengan nilai dari *draft* kapal.

Bagian kedua yaitu mengolah data sekunder yang dimulai dengan *download* data citra Landsat 8 pada *website* earthexplorer.usgs.gov. Citra Landsat 8 yang telah *dioverlay* kemudian dilakukan koreksi radiometrik, pemisahan objek darat dan air (*masking*), dan aplikasi algoritma Van Hengel dan Spitzer. Tahap akhir yaitu regresi data kedalaman yang dihasilkan oleh citra Landsat 8 dengan data lapang yang telah dikoreksi. Proses regresi dilakukan untuk menghasilkan model yang akan digunakan dalam pendugaan kedalaman

absolut hasil pengolahan citra Landsat 8, untuk lebih jelas alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alir Penelitian

1.4 Pengolahan Data Primer

1.4.1 Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan terdiri dari data hasil pengamatan lapang dan data prediksi. Data pasang surut hasil pengukuran di lapang disesuaikan dengan waktu pemeruman kedalaman dan data pasang surut hasil prediksi didapatkan dari pengolahan menggunakan *Tidal Model Driver* (TMD).

Pengolahan menggunakan *Tidal Model Driver* (TMD) memanfaatkan software MATLAB R2009a. TMD digunakan untuk mendapatkan prediksi tinggi pasang surut dan konstanta harmonik pasang surut (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) pada daerah penelitian. Komponen pasang surut hasil TMD digunakan untuk menentukan tipe

pasang surut dengan menentukan nilai bilangan Formzahl dengan menggunakan

Rumus 1.

$$F = \frac{(AK_1 + A01)}{(AM_2 + AS_2)} \dots \dots \dots \text{Rumus (1)}$$

Keterangan :

F : Bilangan Formzahl

M₂ : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi bulan

S₂ : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi matahari

K₁ : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari dan bulan

O₁ : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan

1.4.2 Pengolahan Data Kedalaman Perairan

Data kedalaman hasil pemeruman diolah menggunakan *software*

MapSource 6.16.3, Microsoft Excel 2010, dan ArcGIS 10.3. Tahap awal adalah

proses ekstraksi data hasil pemeruman menggunakan MapSource 6.16.3 yang

selanjutnya akan diolah kedalam Microsoft Excel. Data kedalaman hasil

pemeruman sebelum dapat digunakan harus dikoreksi oleh nilai pasang surut

dan nilai *draft* kapal. Kalibrasi ini perlu dilakukan dengan alasan kondisi tinggi

muka air laut dan kedalaman laut bersifat tidak statis dan mengalami perubahan

karena adanya pasang surut air laut. Perbedaan tersebut disebabkan adanya

pasang naik dan pasang surut muka air laut (Wahyuningrum et al., 2008).

Setelah nilai kedalaman dikoreksi kemudian dilakukan proses pembuatan peta

batimetri dalam bentuk 2D, *shaded relief* dan sayatan melintang (*cross section*)

dengan menggunakan ArcGIS 10.3.

1.5 Pengolahan Data Citra Landsat 8 OLI TIRS

1.5.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik diperlukan atas dasar dua alasan, yaitu memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Kalibrasi radiometrik merupakan teknik untuk menghilangkan efek atmosfer yang mengakibatkan perubahan nilai DN (*digital number*) pada rekaman citra. Kesalahan lain yaitu disebabkan oleh pengaruh sudut elevasi matahari (*sun elevation*) (Utami et al., 2016). Kalibrasi atau koreksi radiometrik citra Landsat 8 OLI TIRS dengan cara mengkonversi nilai DN ke TOA reflektansi. Koreksi TOA reflektansi dengan sudut matahari berdasarkan USGS (2017) terdapat pada Rumus 2,

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho} \times Q_{cal} + A_{\rho}}{\sin(\theta_{SE})} \dots \dots \dots \text{Rumus (2)}$$

Keterangan:

M_{ρ} : Faktor skala (*Band-specific multiplicative rescaling factor*)
(REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nomor kanal)

Q_{cal} : Nilai piksel (DN)

A_{ρ} : Faktor penambah (*Band-specific additive rescaling factor*)
(REFLECTANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah nomor kanal)

θ_{SE} : Sudut elevasi matahari (*Local sun elevation angle*)

1.5.2 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan posisi yang sebenarnya di bumi. Koreksi geometrik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan proyeksi peta dengan cara membuat titik-titik GCP (*Ground Control Point*) pada citra (Utami et al., 2016).



1.5.3 Pemisahan Air dan Darat Pada Citra

Tujuan dari pemisahan objek air dan darat pada citra (*masking*) adalah untuk menghilangkan objek yang bukan wilayah kajian dengan cara memberikan nilai 0 pada wilayah yang bukan wilayah laut (daratan). Tahapan ini diperlukan agar obyek bukan laut tidak memberikan kontribusi dalam analisis data pada tahap selanjutnya (Wahyuningrum et al., 2008). Proses pemisahan objek darat dan laut menggunakan rasio *band*. Rasio *band* yang digunakan adalah nilai spektral *band* 5 dengan nilai spektral *band* 3. Rasio *band* 5 dan *band* 3 jika nilai piksel lebih dari satu maka diklasifikasikan sebagai objek laut dan jika kurang dari satu maka diklasifikasikan menjadi objek daratan.

1.5.4 Aplikasi Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Algoritma yang dirumuskan oleh Van Hengel dan Spitzer merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif air laut (Wahyuningrum et al., 2008). Algoritma ini membutuhkan tiga masukan citra yang dirumuskan pada Rumus 3.

$$\begin{bmatrix} Y1 \\ Y2 \\ Y3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(r) \cos(s) & \sin(r) \cos(s) & \sin(s) \\ -\sin(r) & \cos(r) & 0 \\ -\cos(r) \sin(s) & -\sin(r) \sin(s) & \cos(s) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{Rumus (3)}$$

Keterangan:

X1 : Citra pertama

X2 : Citra kedua

X3 : Citra ketiga

Y1 : Hasil transformasi utama

Y2 dan Y3 : Hasil sampingan transformasi

r dan s : Sudut arah rotasi

Persamaan matrik pada Rumus 3 dapat dijabarkan kedalam bahasa matematika yaitu perkalian matrik 3x3 yang terdapat pada Rumus 4.



$$Y1 = X1 \cos(r) \cos(s) + X2 \sin(r) \cos(s) + X3 \sin(s)$$

$$Y2 = -X1 \sin(r) + X2 \cos(r)$$

$$Y3 = -X1 \cos(r) \sin(s) - X2 \sin(r) \sin(s) + X3 \cos(s) \dots \dots \dots \text{Rumus (4)}$$

Nilai sudut arah rotasi (r dan s) dalam algoritma Rumus 3 dan 4 adalah konstanta yang diperoleh dari perhitungan dengan Rumus 5 yaitu sebagai berikut:

$$r(s) = \arctan(u + \sqrt{u^2 + 1}) \dots \dots \dots \text{Rumus (5)}$$

konstanta U diperoleh dari Rumus 6

$$Ur = \frac{\text{var } x2 + \text{var } x1}{2 \text{ cov } x1x2}$$

$$Us = \frac{\text{var } x3 + \text{var } x1}{2 \text{ cov } x3x1} \dots \dots \dots \text{Rumus (6)}$$

Keterangan:

var xi : Nilai varian *band i*

cov xi, xi : Covarian *band l* dan *band i*

Nilai kedalaman hasil rotasi di atas merupakan nilai kedalaman relatif yang ditunjukkan oleh variabel Y1. Pada hasil rotasi Y2 dan Y3 hanyalah efek yang dihasilkan oleh matriks 3x3 ini. Kedalaman yang dihasilkan Y1 masih berupa kedalaman relatif citra. Kedalaman relatif tersebut harus diubah menjadi kedalaman absolut untuk mendapatkan nilai kedalaman yang sebenarnya. Hal ini dilakukan dengan analisa regresi antara nilai kedalaman air relatif (Y1) dengan kedalaman air sebenarnya (hasil pemeruman) (Wahyuningrum, 2008).

1.5.5 Galat (Error) Nilai Kedalaman Sebenarnya dengan Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Penghitungan kedalaman dengan menggunakan *echosounder* maupun dengan penginderaan jauh tetap akan menimbulkan galat (*error*). Perhitungan galat (*error*) berdasarkan penelitian dilakukan oleh Wahyuningrum (2008) menggunakan rumus Chapra (1988) yang terdapat pada Rumus 7.



$$\epsilon a = \left| \frac{A1 - A0}{A0} \right| \times 100 \% \text{ Rumus (7)}$$

Keterangan:

ϵa : Nilai Galat (*error*)

A1: Pengukuran kedalaman menggunakan data penginderaan jauh

A0: Estimasi kedalaman menggunakan survei echo sounder.

1.5.6 Perbandingan Data Citra Landsat 8 dan Data Pemeruman Lapang

Perbandingan nilai kedalaman yang dihasilkan dari pengolahan data citra Landsat 8 dengan nilai kedalaman hasil pemeruman dilakukan untuk melihat perbedaan maupun persamaan data yang dihasilkan. Kemudian pada akhirnya dapat disimpulkan apakah data hasil pengolahan citra Landsat 8 dapat digunakan sebagai pengganti data hasil pemeruman yang dilakukan langsung pada area penelitian.

Metode yang digunakan adalah regresi linier sederhana. Apabila dua variabel X dan Y mempunyai hubungan atau disebut dengan korelasi, maka perubahan nilai variabel yang satu akan mempengaruhi nilai variabel lainnya.

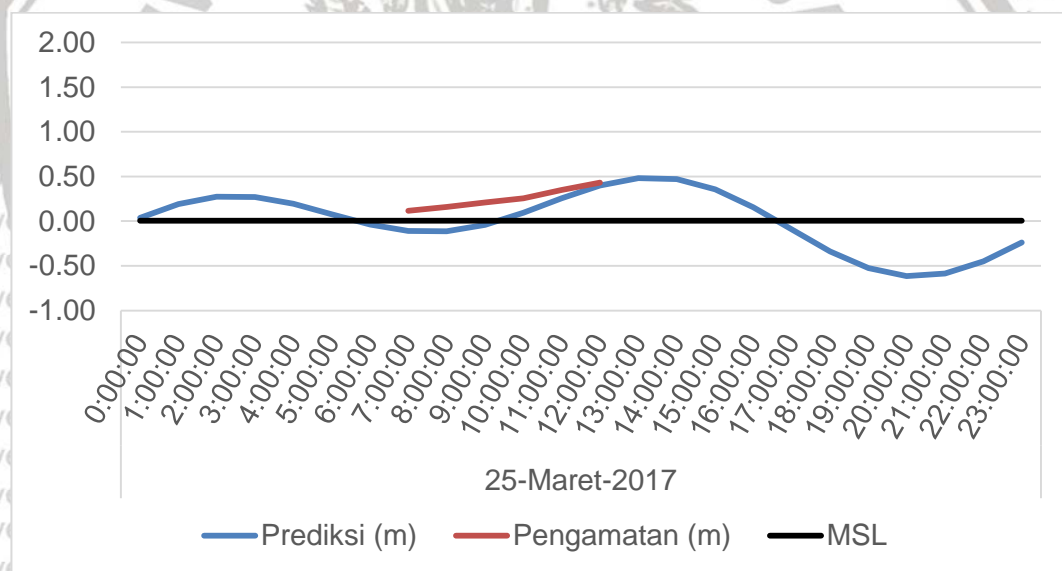
Kuat tidaknya hubungan variabel diukur dengan suatu nilai yang disebut koefisien korelasi, untuk mengetahui besarnya pengaruh X terhadap Y diukur dengan koefisien regresi (Supranto, 2001).

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Pengolahan Data Lapang

1.1.1 Pengukuran Pasang Surut

Hasil pengukuran pasang surut didapatkan dari data primer dan data sekunder. Data primer pengukuran pasang surut berasal dari pengukuran langsung di perairan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 25 Maret 2017 pada pukul 07.00 sampai dengan 12.30 WIB. Data sekunder pasang surut yang digunakan merupakan data prediksi menggunakan TMD. Data hasil pengolahan pasang surut perairan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi dapat dilihat pada Lampiran 1, untuk grafik pasang surut hasil pengolahan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Hasil Pengukuran Pasang Surut

Berdasarkan Gambar 3 pada grafik prediksi dapat dilihat jika pasang naik pertama terjadi pada pukul 08.00 WIB dan pasang naik selanjutnya pada pukul 20.00 WIB. Pada grafik prediksi juga dapat dilihat jika dalam satu hari terjadi dua kali puncak pasang. Puncak pasang pertama terjadi pada pukul 02.00 WIB dan puncak pasang selanjutnya yang merupakan puncak pasang tertinggi terjadi

pada pukul 14.00 WIB. Data prediksi pasang surut menggunakan TMD tidak hanya menghasilkan nilai ketinggian air akan tetapi juga nilai konstanta harmonik pasang surut yang dapat dilihat pada Tabel 4. Konstanta harmonik kemudian digunakan untuk menentukan tipe pasang surut perairan Bangsring dengan menghitung bilangan Formzahl.

Tabel 1. Konstanta Harmonik Pasang Surut Hasil TMD

Konstanta Harmonik	Amplitudo (m)
M_2	0,30
S_2	0,15
K_1	0,33
O_1	0,21

Berdasarkan perhitungan bilangan Formzahl menggunakan Rumus 1, didapatkan nilai Formzahl sebesar 1,18 dengan tipe pasang surut pada perairan Bangsring adalah pasang surut campuran dengan condong harian ganda, dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi dan periode yang berbeda (Triatmodjo, 2009).

1.1.2 Pengukuran Kedalaman

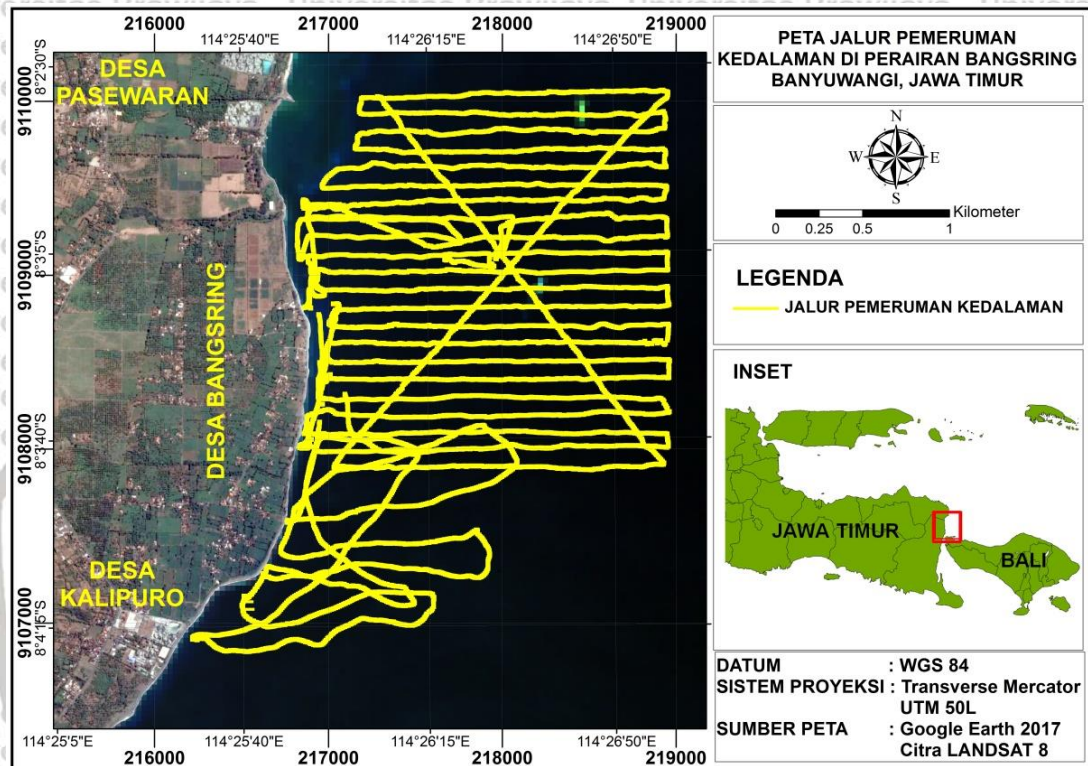
Data kedalaman yang digunakan didapatkan dari pemeruman menggunakan echosounder GPS MAP 585 dengan frekuensi 50Hz. Data pemeruman terdiri dari 2 data. Data pertama berdasarkan data kedalaman penelitian Fuad et al. (2016) yang juga dilakukan di perairan Bangsring, Banyuwangi pada tanggal 17 sampai 18 Maret 2016. Data pemeruman kedua dihasilkan dari proses pemeruman langsung diperairan Bangsring yang dilakukan pada tanggal 25 Maret 2017.

Hasil pengukuran kedalaman menghasilkan data X sebagai latitude, Y adalah longitude dan Z adalah kedalaman hasil pemeruman. Jalur yang dilewati perahu saat pengukuran kedalaman atau *track* dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada *track* dapat dilihat jika pada saat pemeruman terdapat 2 lajur pemeruman.

Lajur pertama adalah lajur pemeruman utama yang tegak lurus dengan pantai.

Lajur ini harus mencakup keseluruhan wilayah penelitian. Lajur kedua adalah lajur silang, yang dibuat untuk mengontrol kualitas nilai kedalaman yang dihasilkan oleh lajur utama.

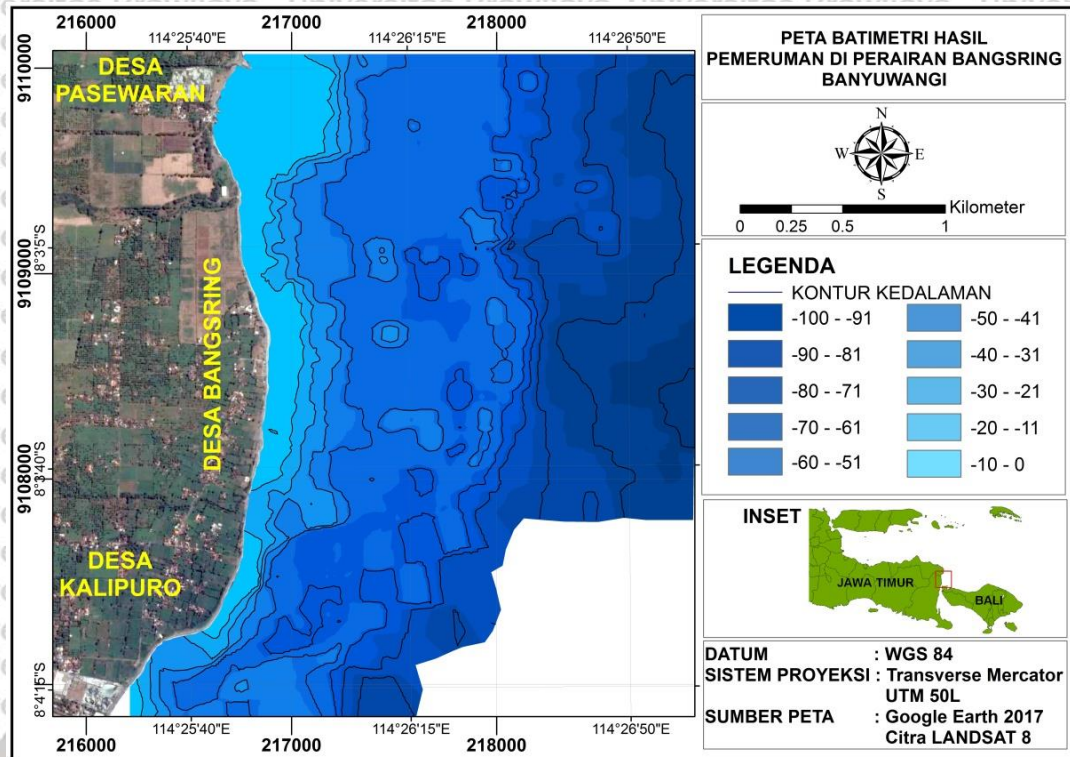


Gambar 2. Jalur Pemeruman Kedalaman Perairan Bangsring, Banyuwangi

1.1.3 Peta Batimetri Hasil Pemeruman

Data kedalaman perairan Bangsring yang telah dikoreksi kemudian diolah menggunakan ArcMap 10.3 dengan memanfaatkan interpolasi *kriging*. Metode *kriging* digunakan karena pengambilan data yang sistematis dan menyebar dan metode ini dinilai fleksibel dalam mengolah berbagai tipe data (Fuad et al., 2016).

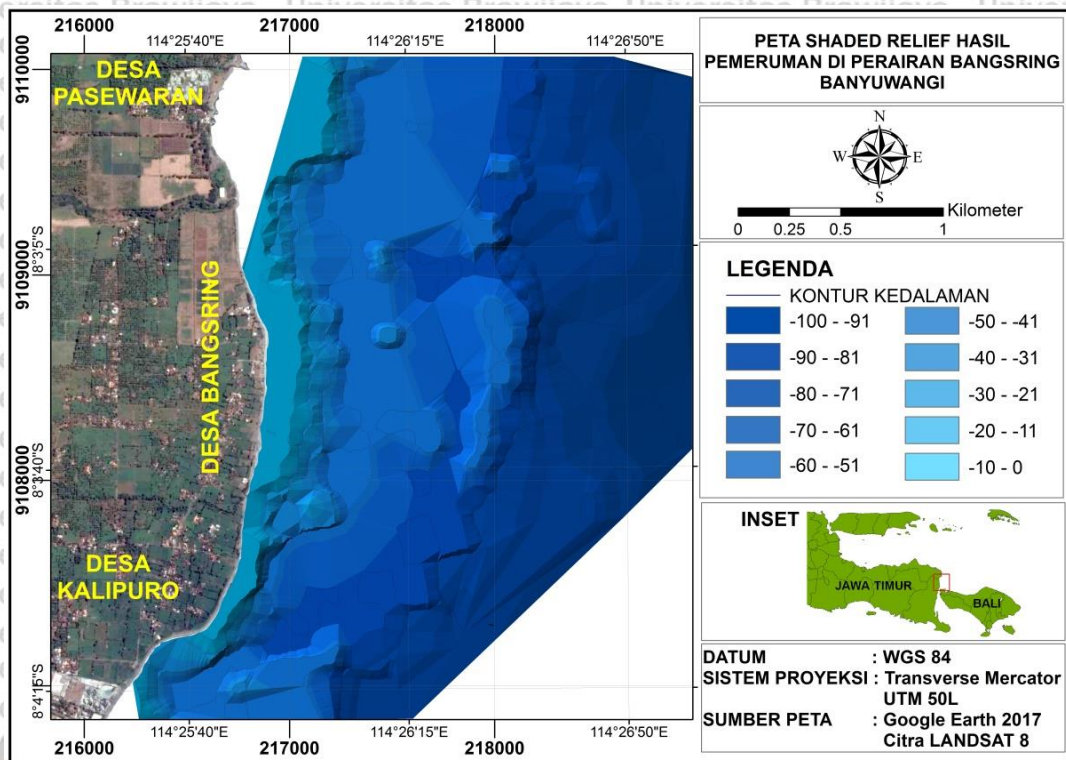
Hasil peta kontur kedalaman 2D dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 dapat dilihat jika semakin gelap warna biru maka semakin dalam perairan. Peta kontur kedalaman perairan Bangsring memiliki kedalaman antara 0,39 meter sampai 96,05 meter yang kemudian dibagi menjadi 10 kelas yaitu dari 0 meter sampai 100 meter.



Gambar 3. Peta Batimetri 2D Perairan Bangsring

Pembuatan *shaded relief* kedalaman perairan Bangsring diolah menggunakan ArcMap 10.3 dengan memanfaatkan *Triangulated Irregular Network* (TIN). TIN akan mencerminkan struktur 3D dari kedalaman perairan dengan cara membangun jaring- jaring segitiga sehingga akan tampak kontur kedalaman.

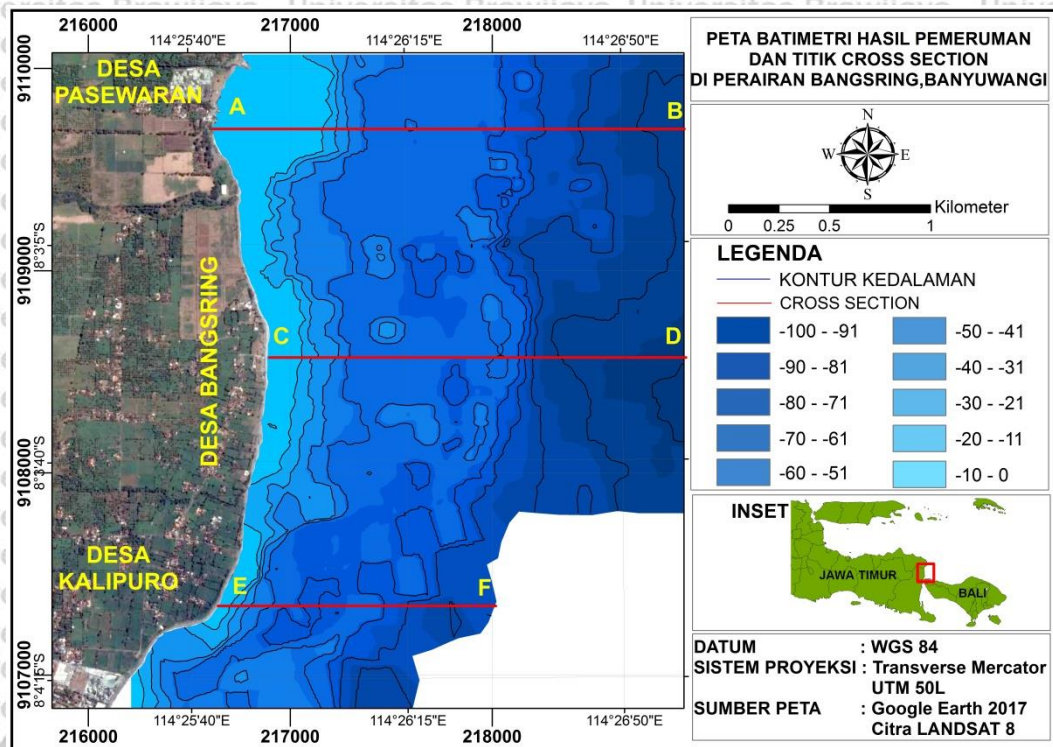
Peta *shaded relief* kedalaman perairan Bangsring yang dapat dilihat pada Gambar 6. Pada Gambar 6 dapat dilihat jika semakin jauh dari pantai maka kedalaman perairan semakin bertambah dengan ditandai warna biru tua dan juga sebaliknya. Pada daerah dekat pantai dapat dilihat jika kedalaman perairan relatif dangkal dengan ditandai warna biru muda. Hal ini menunjukkan kedalaman perairan akan bertambah seiring dengan bertambahnya jarak dari pantai.



Gambar 4. Peta Batimetri Shaded Relief Perairan Bangsring

1.1.4 Cross Section Kedalaman Perairan Bangsring

Pengolahan *cross section* dilakukan untuk melihat sayatan melintang atau bentuk dasar perairan secara vertikal, untuk mendapatkan *cross section* dari perairan Bangsring menggunakan 3D Analyst ArcMap 10.3. Pada proses pembuatan *cross section* perairan Bangsring akan dibagi menjadi 3 wilayah yang tegak lurus dengan pantai untuk melihat sayatan melintang atau bentuk dasar perairan secara vertikal. Pembagian 3 wilayah ini dilakukan agar wilayah penelitian dapat terwakili bentuk dasar perairan secara vertikal. Pada wilayah pertama akan ditandai dengan titik A dan B, wilayah ke dua ditandai dengan titik C dan D, dan wilayah ke tiga ditandai dengan titik E dan F. Pembagian wilayah perairan Bangsring dapat dilihat pada Gambar 7.

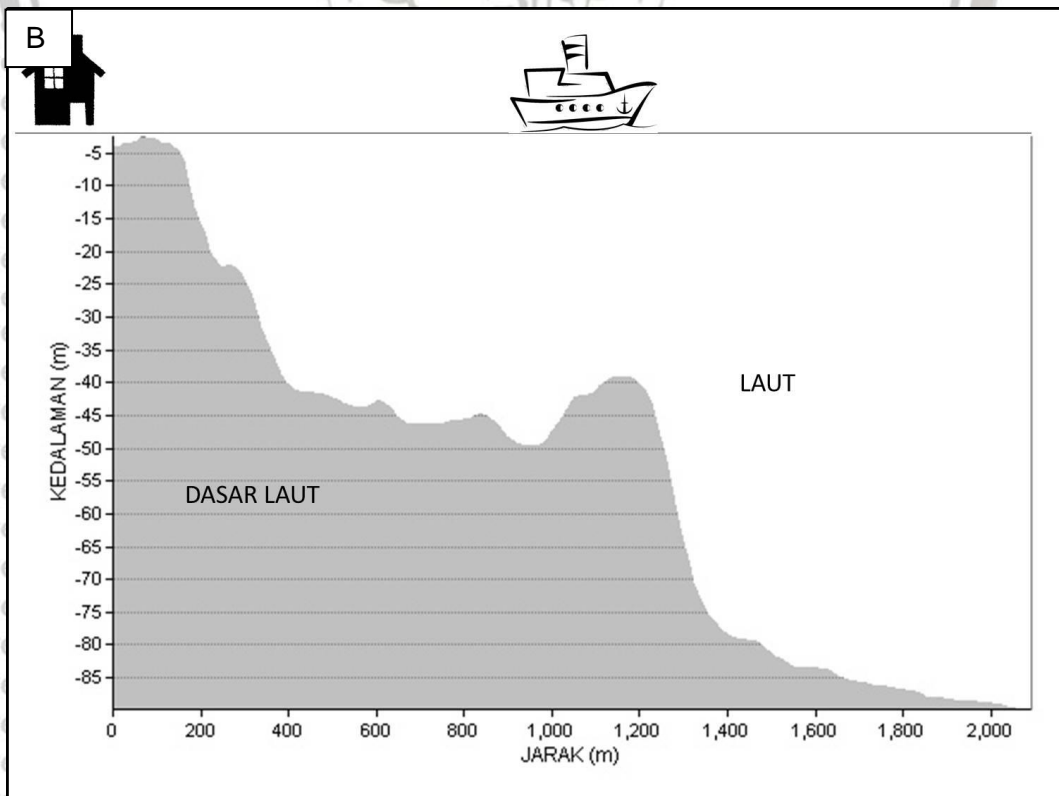
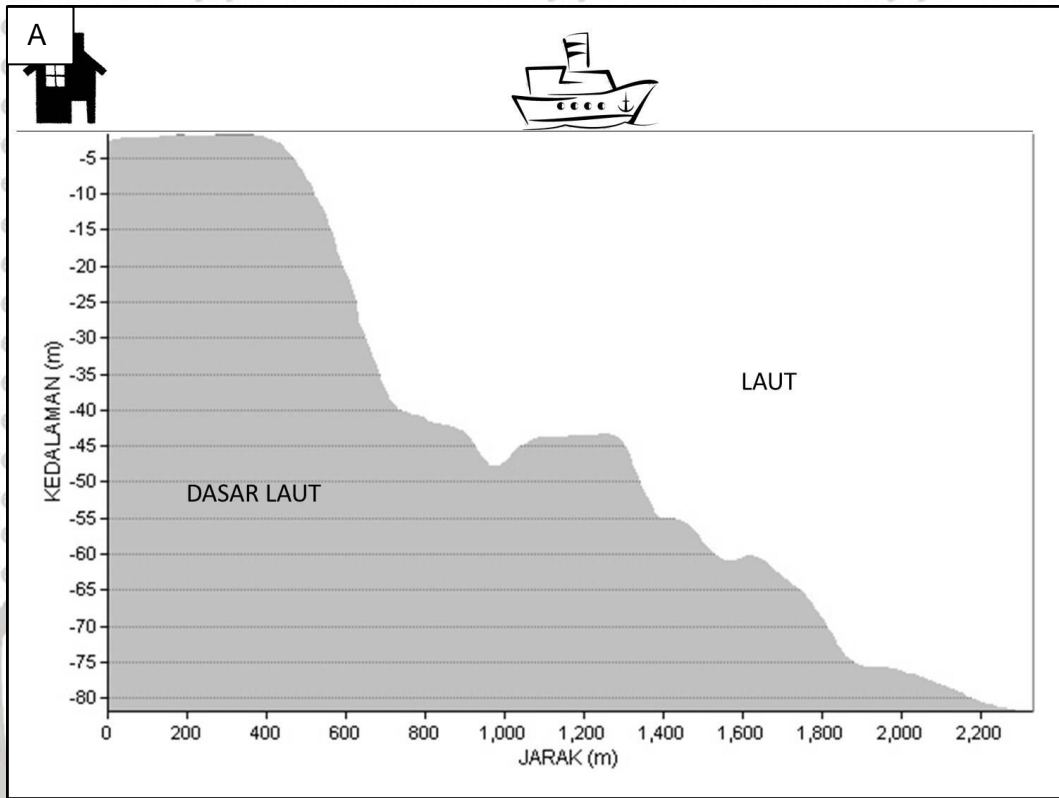


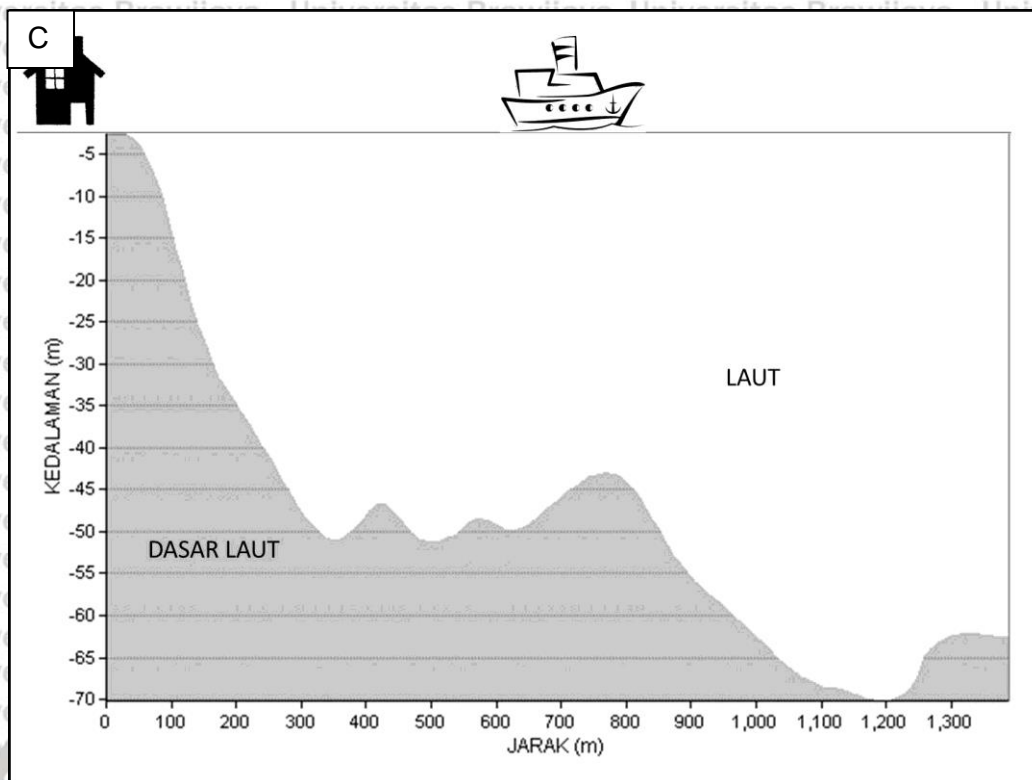
Gambar 5. Peta Titik Cross Section Perairan Bangsring

Hasil proses *cross section* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Gambar 8 (A) merupakan hasil *cross section* pada titik A ke B. Gambar 8 (B) merupakan hasil *cross section* pada titik C ke D. Gambar 8 (C) merupakan hasil *cross section* pada titik E ke F.

Pada titik A ke B merupakan profil kedalaman dari jarak 0 sampai 2332 meter dengan kedalaman perairan berkisar antara 1,70 meter sampai 81,85 meter. Pada jarak 0 sampai 500 meter memiliki profil yang landai dengan kedalaman antara 2 sampai 5 meter. Kemudian pada jarak 525 meter profil perairan menjadi curam sampai dengan jarak 2332 meter dengan kedalaman mencapai 81,85 meter. Pada titik C ke B merupakan profil kedalaman dari jarak 0 sampai 2092 meter dengan kedalaman perairan berkisar 3,20 sampai 89,7 meter. Profil perairan pada titik ini cenderung curam pada jarak 200 meter sampai 2086 meter. Pada titik E ke F merupakan profil kedalaman dari jarak 0 sampai 1389,19 meter dengan kedalaman perairan berkisar antara 2,6 sampai

70 meter. Profil kedalaman pada titik ini memiliki pola yang sama dengan titik CD.





Gambar 6. (A) Cross Section A ke B, (B) Cross Section C ke D, (C) Cross Section E ke F

1.2 Hasil Pengolahan Data Citra Landsat 8 OLI TIRS

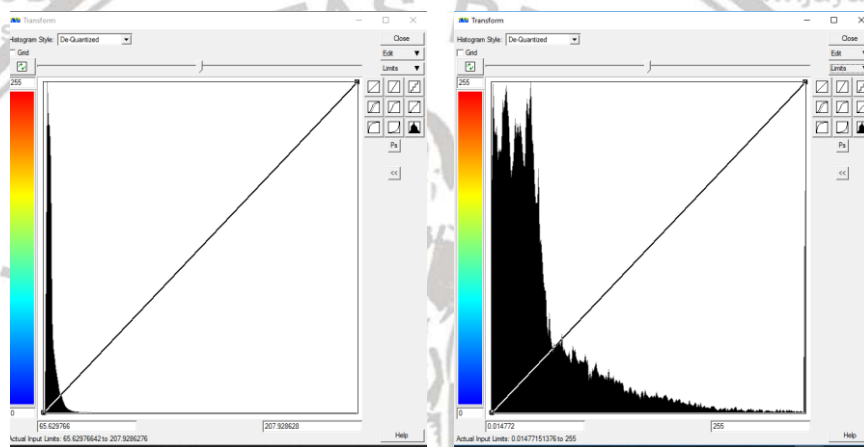
1.2.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan pada *band 2* (biru), *band 3* (hijau), *band 4* (merah), *band 5* (NIR), *band 6* (SWIR 1) dan *band 7* (SWIR 2). Seluruh *band* yang digunakan memiliki resolusi sebesar 30 meter. Rumus koreksi radiometrik yang di *input* kedalam *tools edit formula* ER Mapper 7.1 untuk semua *band* adalah sama yaitu $(0.00002 * i1 + (-0.1)) / 0.74254923$. Perbedaan histogram dan gambar citra *band 2* sebelum dan sesudah koreksi radiometrik dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10, untuk *band 3*, *band 4*, *band 5*, *band 6* dan *band 7* dapat dilihat pada Lampiran 2.

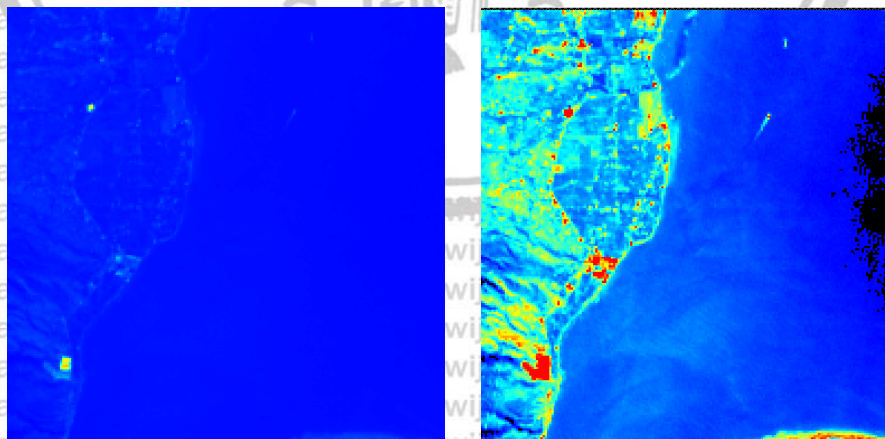
Pada Gambar 9 menunjukkan angka *actual input limit band 2* sebelum dan sesudah dilakukan koreksi radiometrik. *Band 2* sebelum koreksi radiometrik memiliki angka *actual input limit* yang menunjukkan nilai minimum dan nilai

maksimum yaitu 65,62-207,92. Setelah dilakukan koreksi radiometrik angka *actual input limit band 2* berubah menjadi 0,01-255. Penghilangan nilai bias dengan koreksi radiometrik berarti telah menghilangkan faktor gangguan atmosfer pada liputan citra (Wahyuning, 2008).

Pada Gambar 10 menunjukkan wilayah penelitian berdasarkan *band 2* secara visual. Koreksi radiometrik yang dilakukan memperbaiki kualitas visual citra, sebelum dilakukan koreksi radiometrik penampakan *band 2* memiliki warna yang hampir sama untuk wilayah darat dan laut. Setelah dilakukan koreksi radiometrik penampakan *band 2* dapat dibedakan wilayah darat dan laut.



Gambar 7. Histogram *band 2* sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) koreksi radiometrik



Gambar 8. Citra Landsat 8 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) koreksi radiometrik

Koreksi radiometrik diasumsikan bahwa nilai piksel terendah pada suatu kerangka liputan (*scene*) seharusnya bernilai 0 (nol). Hal ini sesuai dengan *bit-coding* yang terdapat pada sensor. Apabila nilai terendah tidak bernilai 0 (nol) maka nilai penambah atau *offset* tersebut dipandang sebagai hasil dari hamburan atmosfer (Danoedoro, 2012).

1.2.2 Koreksi Geometrik

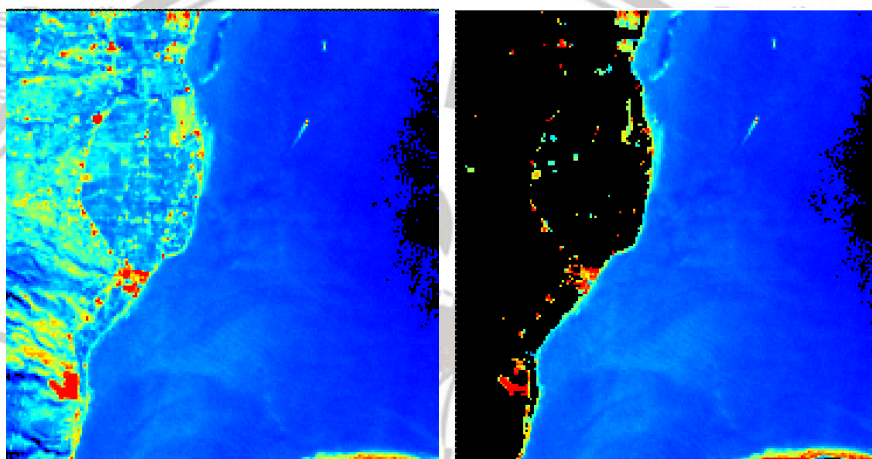
Data Landsat yang dilepas untuk publik telah melalui proses penyesuaian dengan menggunakan data sensor dan ephemeris (untuk mengoreksi kesalahan internalnya), sekaligus menggunakan data *Ground Control Point* (GCP) dan *digital elevation models* (DEM). Data Landsat8 yang dilepas ke publik berupa produk L1T (*Level-One Terrain-Corrected*) yang telah terbebas dari kesalahan akibat sensor, satelit dan bumi. Berdasarkan alasan tersebut Landsat 8 tidak perlu dilakukan koreksi geometrik (USGS, 2017).

1.2.3 Pemisahan Air dan Darat Pada Citra

Penelitian mengenai kedalaman hanya difokuskan pada objek air yaitu daerah laut, untuk itu objek darat tidak disertakan dalam pengolahan. Tahap ini diperlukan agar objek yang bukan laut (darat) tidak memberikan kontribusi dalam penganalisisan data (Setiawan et al., 2014). Penggunaan rumus pemisahan obyek laut dan bukan laut dengan menggunakan logika jika nilai spektral *band 5* dibagi dengan nilai spektral *band 3*, hasilnya lebih kecil dari 1 maka nilai tersebut adalah obyek laut dan diberikan nilai sesuai dengan nilai piksel pada masing-masing *band*. Selain nilai tersebut diberi nilai nol, diberi warna hitam dan dikenal sebagai obyek bukan laut (darat).

Pemilihan rasio *band 5* dan *band 3* dengan alasan bahwa *band 5* merupakan *band* inframerah yang memiliki daya serap tinggi terhadap obyek air dan *band 3* memiliki daya tembus yang besar dalam kolom air, apabila nilai

spektral *band* 5 kecil dan nilai spektral *band* 3 tinggi maka nilai dibawah 1 merupakan obyek air (Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Fungsi *band* NIR pada Landsat 8 adalah untuk mendeteksi biomassa dan garis pantai, untuk *band* hijau memiliki panjang gelombang yang mampu mempertegas puncak vegetasi. Pendekatan rasio gelombang NIR dan gelombang hijau dapat memisahkan daratan yang tertutup vegetasi dengan wilayah laut. Perbedaan citra sebelum dan sesudah dilakukan *masking* (pemisahan air dan darat) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 9. Citra Landsat 8 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan *masking*

1.2.4 Aplikasi Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Band yang digunakan dalam algoritma Van Hengel dan Spitzer adalah *band* yang memiliki respon spektral terbaik untuk objek perairan yaitu *band* merah, hijau dan biru (Wahyuningrum et al., 2008). Tahap pertama dalam pengolahan citra menggunakan algoritma Van Hengel dan Spitzer adalah menentukan nilai variabel r dan s . Variabel r dan s diasumsikan sebagai konstanta arah rotasi citra yang akan dianalisa. Hasil perhitungan konstanta r dan s dengan kombinasi *band* 432 yang dihitung berdasarkan nilai varian dan kovarian *band* 432 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 2. Hasil perhitungan variabel kombinasi *band 432*

Variabel	Nilai
Varian <i>band 2</i>	110,25
Varian <i>band 3</i>	103,44
Varian <i>band 4</i>	46,50
Kovarian <i>band 4</i> dan <i>band 3</i>	64,27
Kovarian <i>band 2</i> dan <i>band 4</i>	63,49
Ur	1,17
Us	1,23
r	1,22
cos r	0,35
sin r	0,94
s	1,23
cos s	0,33
sin s	0,94

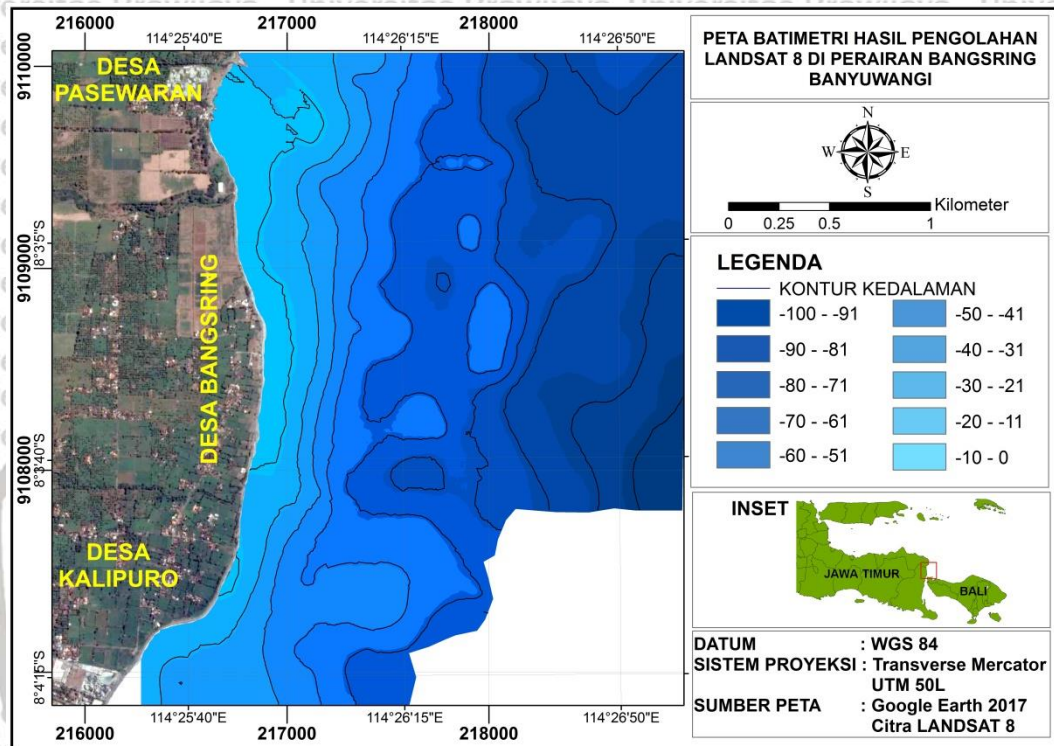
Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai konstanta r dan s memiliki nilai $1,22^\circ$ dan $1,23^\circ$. Nilai dari konstanta r dan s menunjukkan arah rotasi citra yang nantinya akan digunakan dalam algoritma Van Hengel dan Spitzer. Setelah didapatkan konstanta r dan s kemudian dilakukan pengolahan citra menggunakan algoritma Van Hengel dan Spitzer. Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini hanya Y_1 , karena Y_1 merupakan menunjukkan nilai kedalaman relatif dan Y_2 dan Y_3 hanya merupakan hasil sampingan dari pengolahan dan belum diketahui informasi apa yang terkandung di dalam nilai pikselnya (Wahyuningrum et al., 2008).

1.2.5 Peta Batimetri Hasil Pengolahan Landsat 8

Data kedalaman perairan Bangsring hasil pengolahan menggunakan algoritma Van Hengel dan Spitzer kemudian diolah menggunakan ArcMap 10.3 dengan memanfaatkan interpolasi *kriging*. Metode *kriging* digunakan karena pengambilan data yang sistematis dan menyebar dan metode ini dinilai fleksibel dalam mengolah berbagai tipe data (Fuad et al., 2016).

Hasil peta kontur kedalaman dapat dilihat pada Gambar 12. Pada Gambar 12 dapat dilihat jika semakin gelap warna biru maka semakin dalam

perairan. Pada peta batimetri hasil pengolahan citra Landsat 8 menggunakan Algoritma Van Hengel dan Spitzer memiliki kedalaman antara 0,03 meter sampai dengan 98,70 meter yang kemudian dikelompokkan kedalam kelas 10 kelas yaitu dari 0 sampai dengan 100 meter.

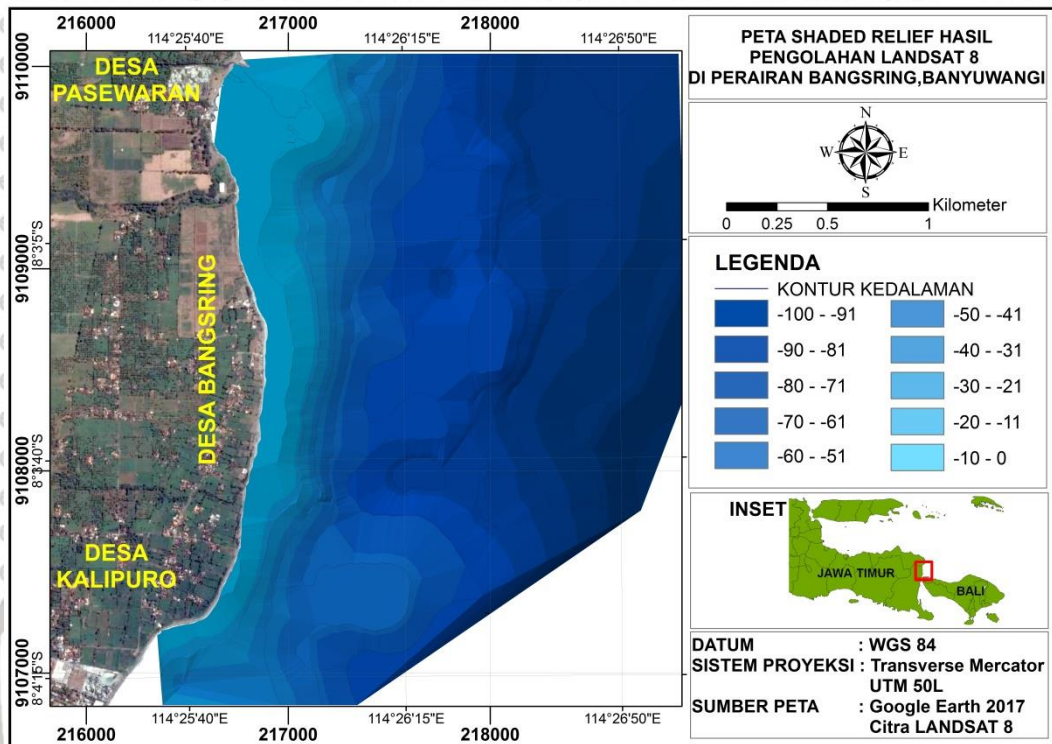


Gambar 10. Peta Batimetri 2D Perairan Bangsring Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Pengolahan peta *shaded relief* kedalaman perairan Bangsring hasil pengolahan menggunakan Algoritma Van Hengel dan Spitzer diolah menggunakan ArcMap 10.3 dengan memanfaatkan *Triangulated Irregular Network* (TIN). TIN akan mencerminkan struktur 3D dari kedalaman perairan dengan cara membangun jaring- jaring segitiga sehingga akan tampak kontur kedalaman.

Pada Gambar 13 dapat dilihat jika semakin jauh dari pantai maka kedalaman perairan semakin bertambah dengan ditandai warna biru tua dan juga sebaliknya. Pada daerah dekat pantai dapat dilihat jika kedalaman perairan relatif

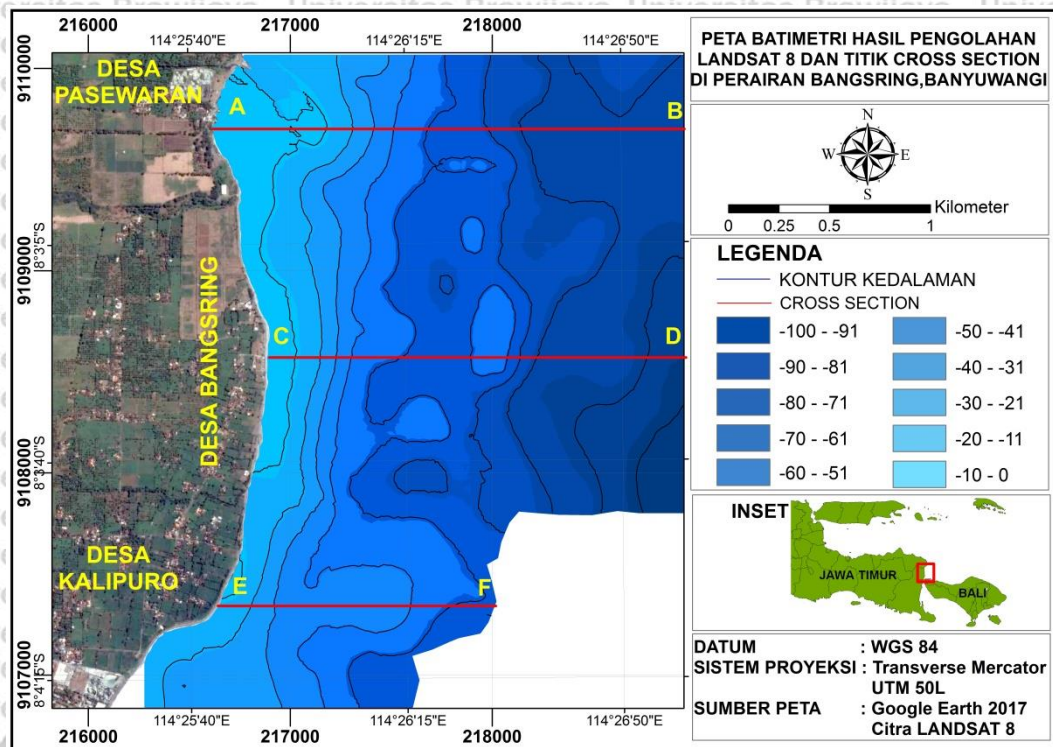
dangkal. Hal ini menunjukkan kedalaman perairan akan bertambah seiring dengan bertambahnya jarak dari pantai.



Gambar 11. Peta Batimetri Shaded Relief Perairan Bangsring Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer

1.2.6 Cross Section Kedalaman Perairan Bangsring Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Data kedalaman perairan Bangsring hasil pengolahan menggunakan Algoritma Van Hengel dan Spitzer kemudian dibuat *cross section* untuk melihat pematang melintang atau bentuk dasar perairan secara vertikal, untuk mendapatkan *cross section* dari perairan Bangsring menggunakan 3D Analyst ArcMap 10.3. Perairan Bangsring akan dibagi menjadi 3 wilayah untuk melihat bentuk dasar perairan. Pembagian 3 wilayah ini dilakukan agar wilayah penelitian dapat terwakili bentuk dasar perairan secara vertikal. Pada wilayah pertama akan ditandai dengan titik A dan B, wilayah ke dua ditandai dengan titik C dan D dan wilayah ke tiga ditandai dengan titik E dan F. Pembagian wilayah perairan Bangsring dapat dilihat pada Gambar 14.

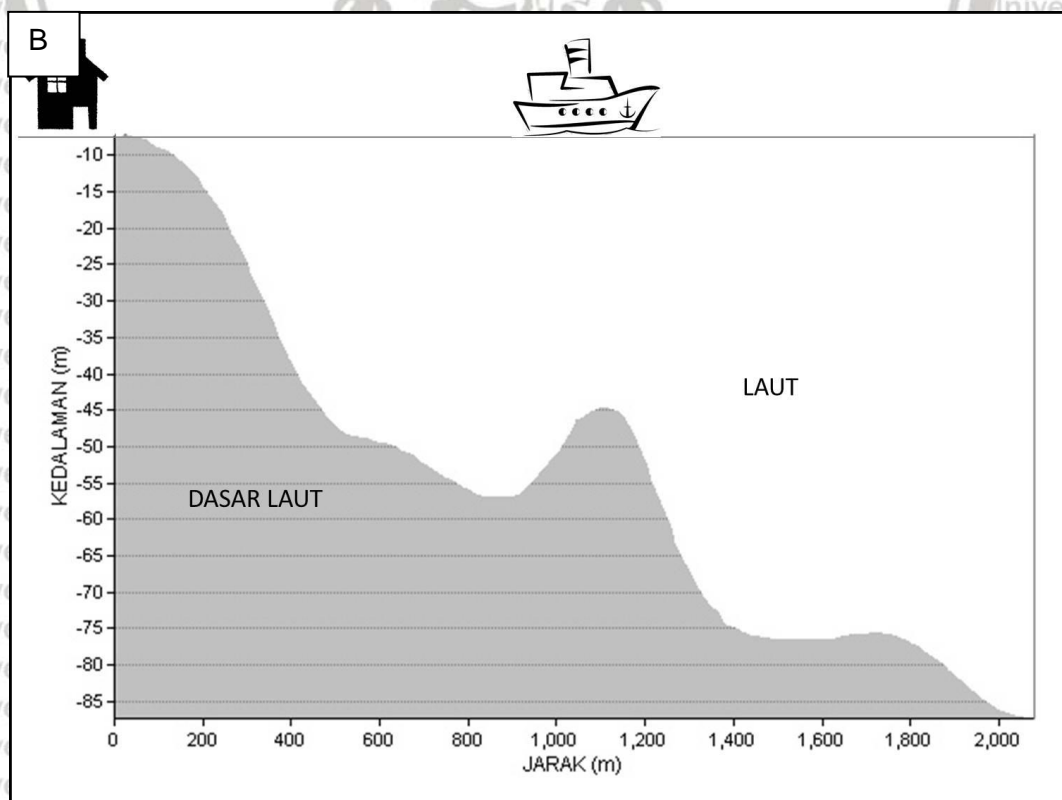
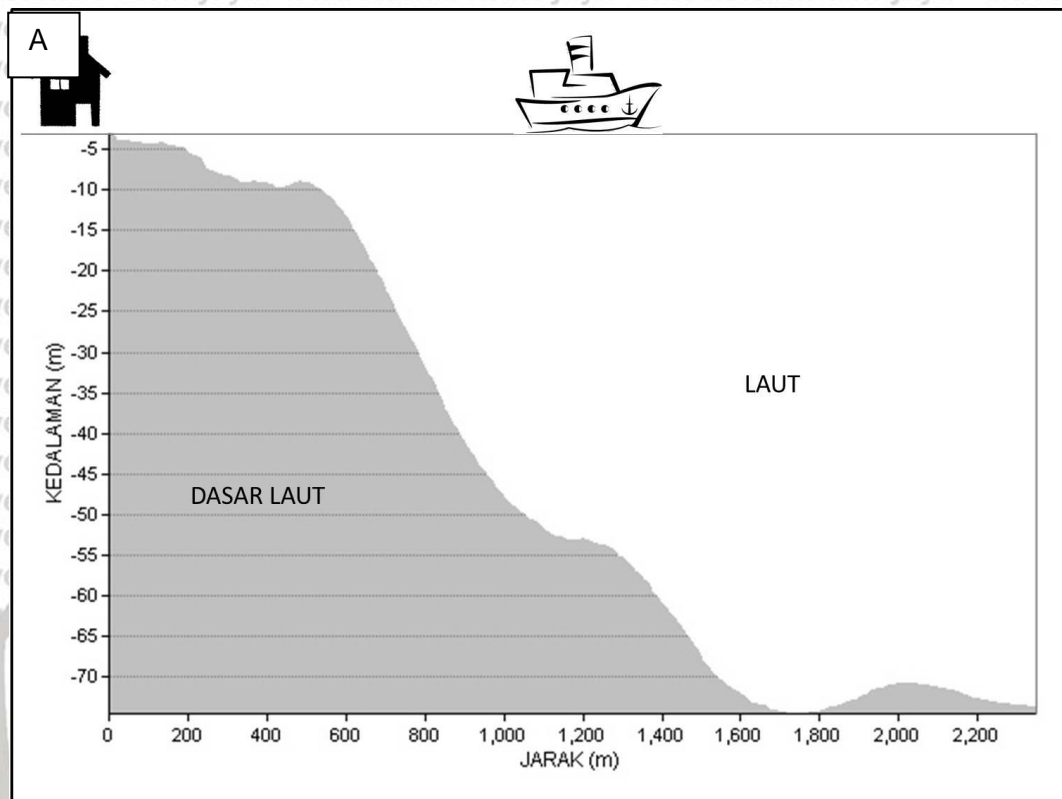


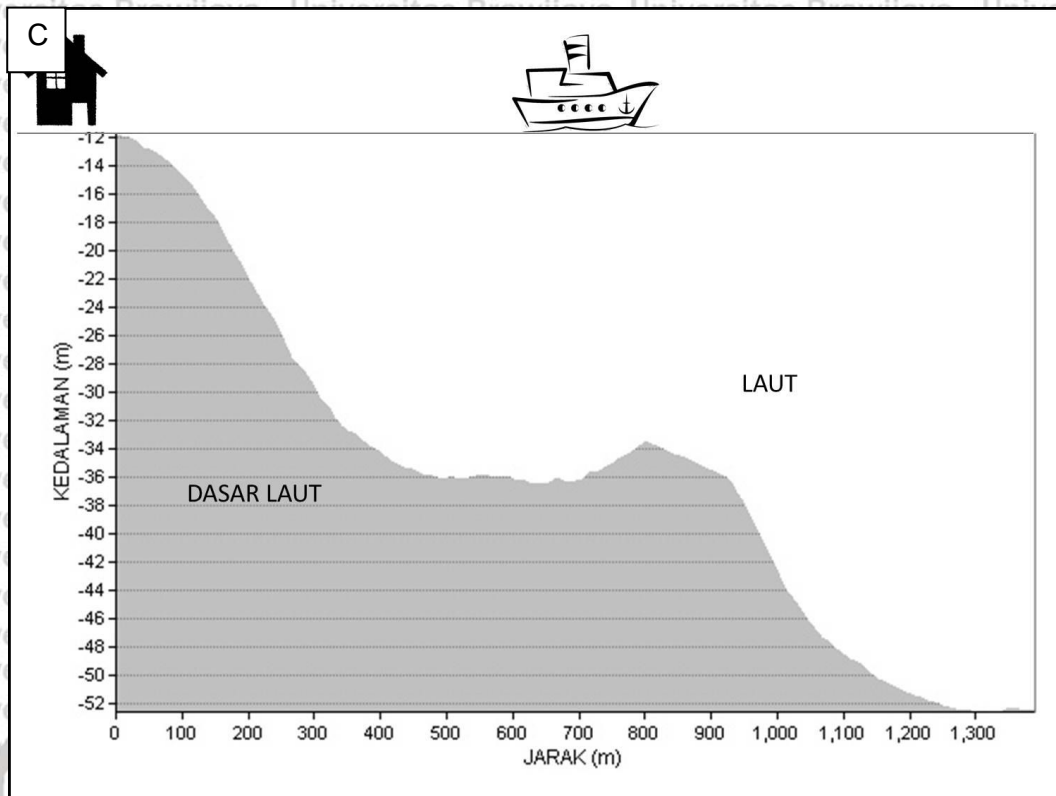
Gambar 12. Peta Titik *Cross Section* Perairan Bangsring Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Hasil *cross section* dapat dilihat pada Gambar 15. Gambar 15 (A) merupakan hasil *cross section* pada titik A ke B. Gambar 15 (B) merupakan hasil *cross section* pada titik C ke D. Gambar 15 (C) merupakan hasil *cross section* pada titik E ke F.

Pada titik A ke B merupakan profil kedalaman dari jarak 0 sampai 2347 meter dengan kedalaman berkisar antara 3,10 sampai 74,50 meter. Pada jarak 0 sampai 500 meter profil kedalaman adalah landai dengan kedalaman 3 sampai 6 meter. Kemudian pada jarak 576 meter profil kedalaman mulai curam sampai dengan jarak 2347 meter dengan kedalaman mencapai 74,50 meter. Pada titik CD merupakan profil kedalaman dari jarak 0 sampai dengan 2080 meter dengan kedalaman antara 7,1 meter sampai 87,3 meter. Profil kedalaman pada titik ini terus mengalami penurunan seiring dengan bertambah jauhnya jarak dari pantai. Pada titik E ke F merupakan profil kedalaman dari jarak 0 sampai dengan

1389,10 meter dengan kedalaman antara 11,70 meter sampai 52,40 meter dengan profil yang hamper sama dengan titik CD.





Gambar 13. (A) Cross Section A ke B, (B) Cross Section C ke D, (C) Cross Section E ke F

1.3 Perbandingan Data Citra Landsat 8 dan Data Lapang

Pengolahan data citra Landsat 8 dengan algoritma Van Hengel dan Spitzer hanya digunakan untuk menentukan kedalaman air relatif. Nilai Y_1 yang menunjukkan kedalaman relatif diregresikan dengan nilai kedalaman air laut pada titik sampel hasil pemeruman. Variabel X merupakan *independent variable* sebagai variabel yang mempengaruhi variabel Y , variabel Y merupakan *dependent variable* yaitu variabel yang dipengaruhi oleh variabel X (Supranto, 2001). Kedalaman hasil pemeruman merupakan variabel X dan variabel Y sebagai data kedalaman air relatif (Y_1). Data kedalaman hasil pemeruman (Z) dan nilai kedalaman hasil pengolahan citra (Y_1) secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 1.

Proses regresi ini dilakukan untuk menghasilkan persamaan regresi yang digunakan untuk mencari nilai kedalaman absolut yaitu nilai kedalaman sebenarnya dari proses pengolahan citra. Regresi dibagi menjadi 3 tahap, tahap pertama yaitu pada perairan dangkal dengan kedalaman dari 1,15 meter sampai 29,98 meter yang dapat dilihat pada Gambar 16. Tahap kedua yaitu pada perairan dengan kedalaman dari 30,38 meter sampai 94,50 meter yang dapat dilihat pada Gambar 17. Tahap ke tiga yaitu pada keseluruhan wilayah perairan dengan kedalaman dari 2,13 meter sampai dengan 94,50 meter yang dapat dilihat pada Gambar 18.

Hasil analisa regresi Gambar 16 memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,70 atau 70 %. Artinya model yang dihasilkan dari regresi hanya mampu menerangkan keragaman nilai peubah variabel Y sebesar 70%. Nilai koefisien korelasi yang dihasilkan adalah sebesar 0,84. Berdasarkan Sugiyono (2000), nilai koefisien korelasi sebesar 0,84 memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat, sehingga nilai kedalaman hasil pemeruman dengan kedalaman relatif citra (Y_1) memiliki hubungan yang sangat kuat. Persamaan regresi yang dihasilkan yaitu $y = -2.3295x + 99.31$, dengan koefisien regresi bernilai negatif. Hal ini menunjukkan hubungan terbalik antara nilai spektral dari kedalaman relatif (Y_1) dengan nilai kedalaman hasil pemeruman (Z) (Wahyuningrum et al., 2008).

Perairan dangkal memiliki nilai spektral yang relatif tinggi yaitu berkisar antara 22,38 sampai dengan 130,96.

Nilai spektral yang tinggi pada perairan dangkal disebabkan oleh kemampuan objek dasar untuk memantulkan cahaya. Nilai reflektansi berbanding terbalik dengan kedalaman perairan, yaitu nilai reflektansi bertambah besar bila perairan menjadi dangkal dan terjadi sebaliknya reflektansi bertambah kecil bila perairan bertambah dalam (Arief et al., 2013).

Persoalan yang paling sering dialami pemetaan perairan dangkal dengan menggunakan penginderaan jauh adalah efek kontras yang diakibatkan oleh kedalaman air yang kadang-kadang membuat pengkaburan pada citra dan distorsi yang diakibatkan oleh sifat alamiah dari setiap lapisan air atau akibat refleksi dari objek yang berada pada kolom air (Arief, 2012).

Pada Gambar 17 menunjukkan hasil regresi yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,69 atau 69%. Model regresi yang dihasilkan mampu menerangkan keragaman nilai perubah Y_1 sebesar 69%. Nilai koefisien korelasi yang dihasilkan adalah sebesar 0,83. Berdasarkan Sugiyono (2000), nilai koefisien korelasi sebesar 0,83 memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat. Sehingga nilai kedalaman relatif citra (nilai spektral citra) memiliki hubungan dengan nilai kedalaman hasil pemeruman yang sangat kuat. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah $y = -0.4845x + 51.908$, dengan koefisien regresi bernilai negatif. Hal ini menunjukkan hubungan terbalik antara nilai spektral dari kedalaman relatif (Y_1) dengan nilai kedalaman hasil pemeruman (Z) (Wahyuningrum et al., 2008).

Analisa regresi Gambar 18 memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,81 atau 81%. Model regresi yang dihasilkan mampu menerangkan keragaman nilai perubah Y_1 sebesar 81%. Nilai koefisien korelasi yang dihasilkan adalah sebesar 0,90. Berdasarkan Sugiyono (2000), nilai koefisien korelasi sebesar 0,90 memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat. Sehingga nilai kedalaman relatif citra (nilai spektral citra) memiliki hubungan dengan nilai kedalaman hasil pemeruman yang sangat kuat. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah $y = -0.5182x + 54.084$, dengan koefisien regresi bernilai negatif. Hal ini menunjukkan hubungan terbalik antara nilai spektral dari kedalaman relatif (Y_1) dengan nilai kedalaman hasil pemeruman (Z)

(Wahyuningrum et al., 2008). Tabel perbandingan nilai regresi hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Regresi Penelitian

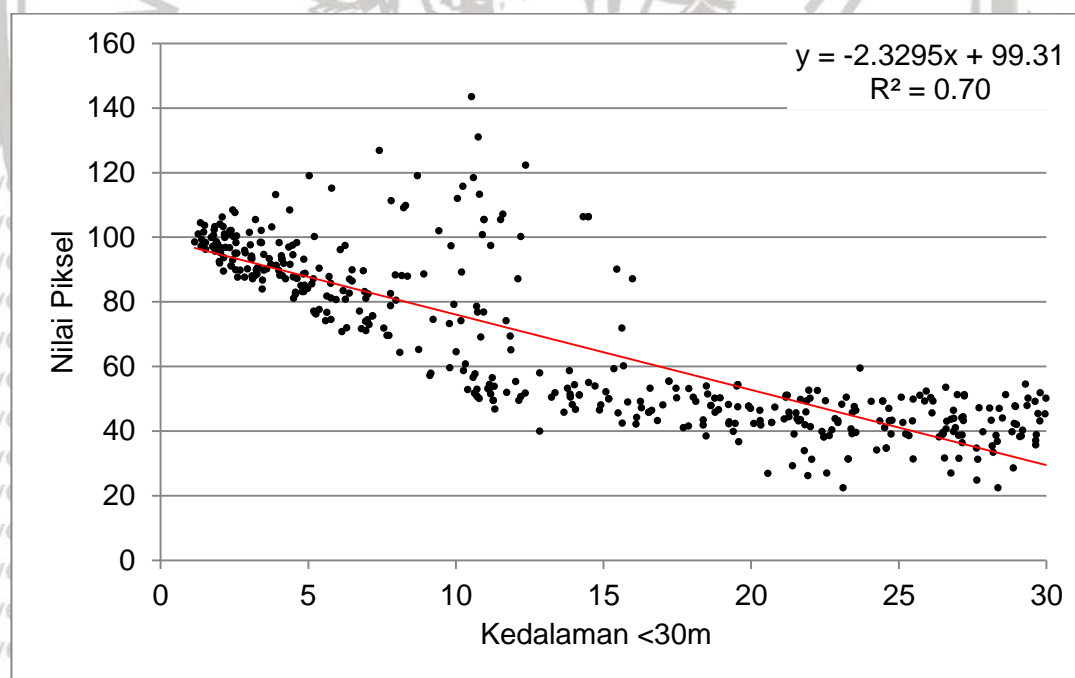
Kedalaman	Koefisien Determinasi (R ²)	Koefisien Korelasi (R)	Koefisien Regresi
<30m	0,7	0,84	Negatif
>30m	0,69	0,83	Negatif
Keseluruhan kedalaman	0,81	0,9	Negatif

Pada penelitian yang dilakukan Wahyuningrum (2008), tentang estimasi kedalaman perairan menggunakan algoritma Van Hengel dan Spitzer dengan memanfaatkan citra Landsat 7 ETM+ menghasilkan nilai koefisien determinasi (R²) tertinggi yaitu 0,80 dihasilkan dari kombinasi band 321. Artinya bahwa model yang dihasilkan mampu menerangkan keragaman nilai peubah Y (kedalaman relatif) sebesar 80%. Nilai koefisien pada kombinasi band 321 dengan r adalah 0,90 dan menunjukkan keeratan hubungan linear antara kedalaman lapang dengan kedalaman relatif. Berdasarkan analisis regresi linear dan korelasi menunjukkan bahwa kedalaman lapang dan kedalaman relatif mempunyai hubungan yang erat. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan et al. (2014), menghasilkan nilai koefisien determinasi (R²) tertinggi yaitu 0,93 dihasilkan dari proses regresi logaritmik dari nilai kedalaman sebenarnya dengan nilai kedalaman relatif citra Landsat 7 ETM+ tanggal 12 Maret 2003. Tabel perbandingan dapat dilihat pada Tabel 7.

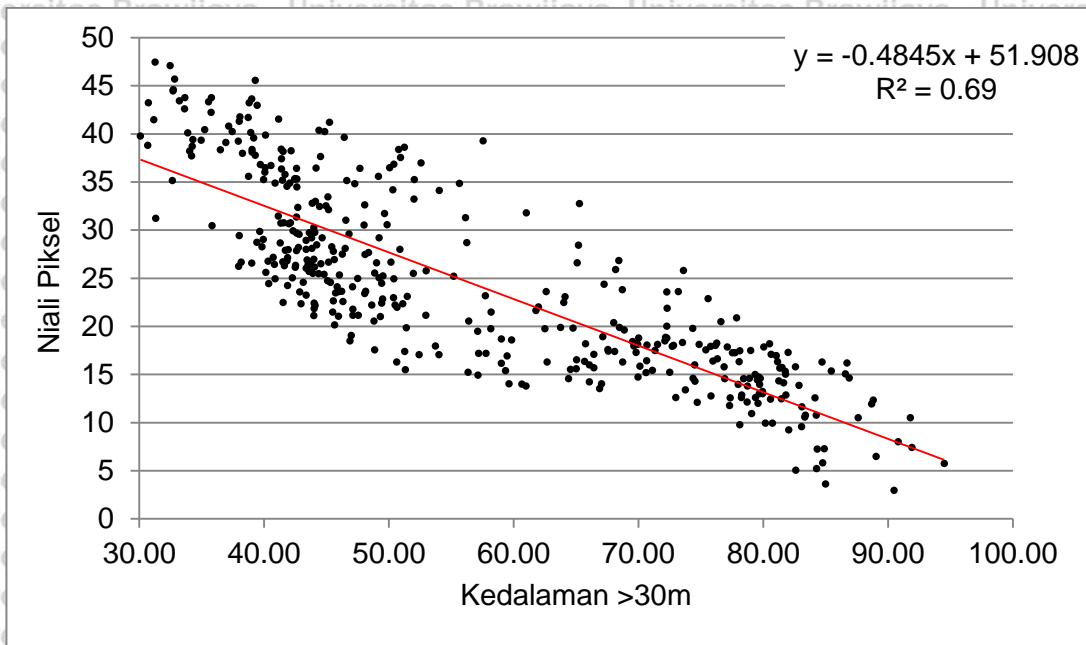
Tabel 4. Perbandingan Hasil Regresi

	Citra Satelit	Regresi	R ²	R	Galat(%)
Hasil Penelitian	Landsat 8	Linier	0,81	0,9	19,05
Wahyuningrum, 2008	Landsat 7	Linier	0,8	0,89	24,6
Setiawan, 2014	Landsat 7	Logaritmik	0,93	0,96	21

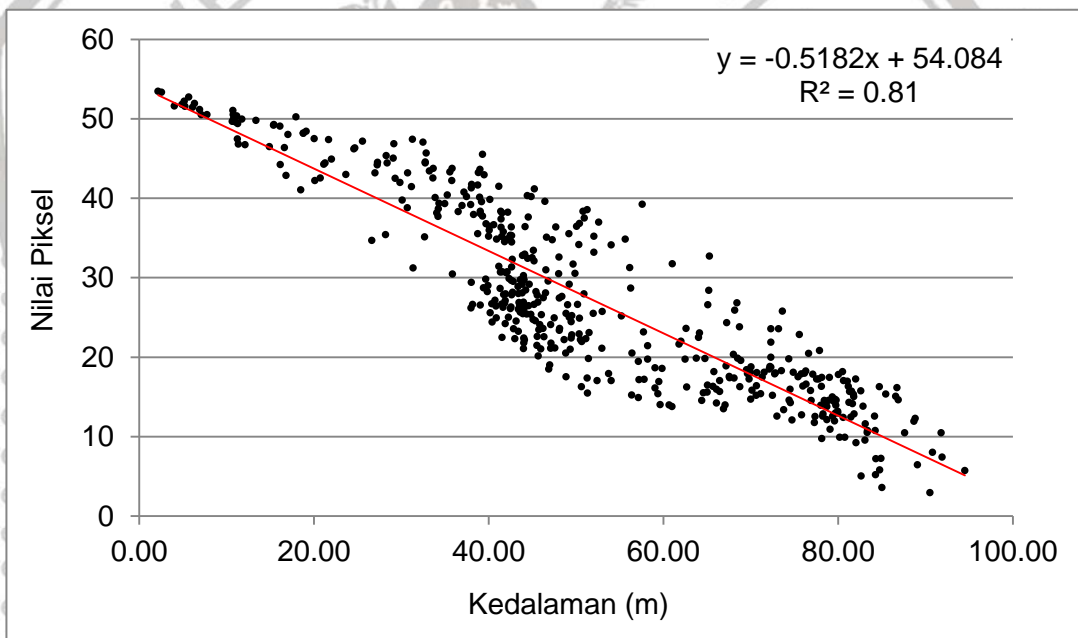
Hal ini menunjukkan jika citra satelit Landsat berpotensi untuk mengekstraksi informasi batimetri (Setiawan et al., 2014; Wahyuningrum et al., 2008). Faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi informasi batimetri menggunakan citra satelit Landsat adalah kualitas data citra yang digunakan (Setiawan et al., 2014). Pemetaan batimetri yang bersifat detail atau memerlukan kedetailan yang lebih baik lagi citra Landsat kurang tepat untuk digunakan, karena satu piksel di citra belum tentu menunjukkan kedalaman yang sama di lapangan. Ukuran 30x30 meter di lapang dapat menunjukkan angka yang sangat bervariasi terutama pada wilayah perairan yang didominasi oleh terumbu karang atau pada perairan yang mempunyai kedalaman yang menurun secara tajam. Resolusi spasial ini lebih cocok digunakan pada pemetaan kedalaman laut yang memiliki topografi dasar laut yang landai (Wahyuningrum, 2008).



Gambar 14. Hasil Regresi Nilai Z (<30 meter) dengan Y1



Gambar 15. Hasil Regresi Nilai Z (>30 meter) dengan Y1



Gambar 16. Hasil regresi Z dengan Y1

1.3.1 Galat (*Error*) dan Nilai Residual Kedalaman Sebenarnya dengan Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Nilai kedalaman hasil pemeruman menggunakan *echosounder* maupun dengan menggunakan pengindraan jauh akan memiliki galat atau *error*. Berdasarkan hasil perhitungan nilai galat antara kedalaman hasil pemeruman

dan kedalaman absolute hasil pengolahan Citra Landsat 8 dengan kedalaman dibawah 30 meter menggunakan Algoritma Van Hengel dan Spitzer menghasilkan galat eror rata-rata sebesar 36,30% dengan nilai akurasi sebesar 63,70%. Pada kedalaman 30,08 meter sampai dengan 94,50 menghasilkan galat eror rata-rata sebesar 18,73% dengan nilai akurasi sebesar 81,27%, untuk kedalaman 2,13 meter sampai 94,50 meter menghasilkan galat eror rata-rata sebesar 19,05% dengan nilai akurasi sebesar 80,95%.

Pada penelitian yang dilakukan Wahyuningrum (2008), menghasilkan nilai galat yang bervariasi. Pada kedalaman kurang dari 5 meter menghasilkan nilai galat yang tinggi dengan rata-rata galat lebih dari 40%, bahkan beberapa titik ada yang memiliki galat mencapai 100%. Kemudian rata-rata galat semakin menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini menunjukkan pada kedalaman perairan yang cenderung dangkal memiliki nilai galat atau eror yang lebih tinggi jika dibanding dengan perairan yang lebih dalam.

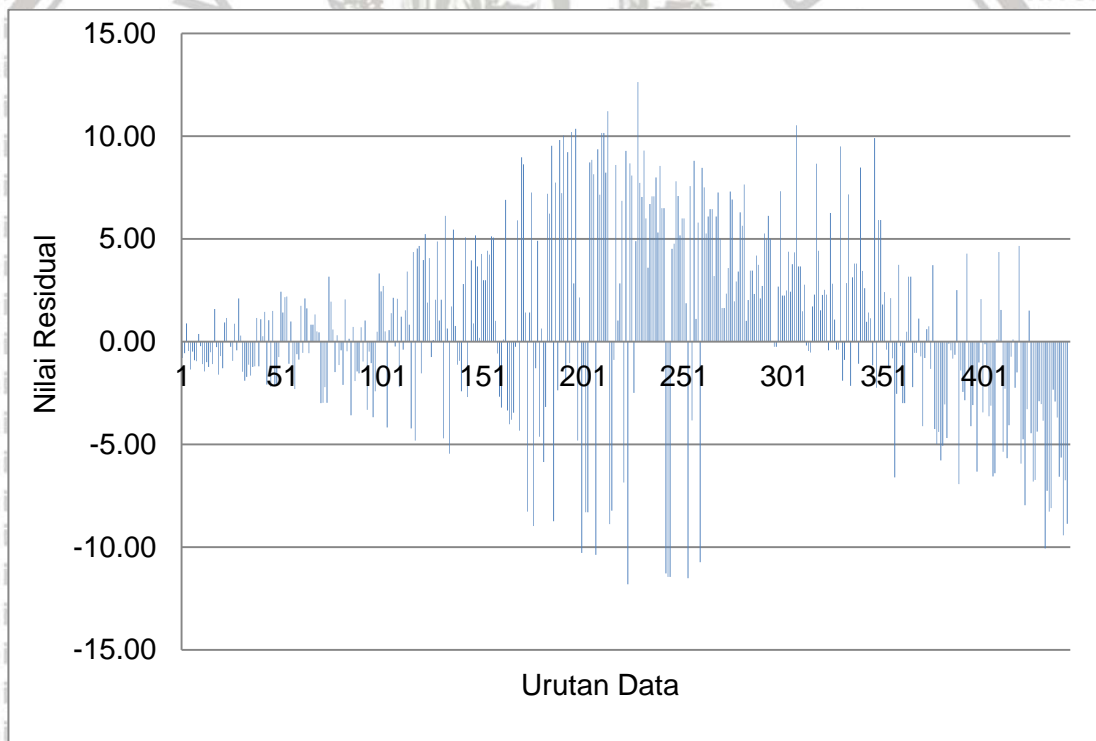
Grafik residual atau selisih antara nilai kedalaman hasil pemeruman dengan nilai kedalaman yang dihasilkan dari pengolahan Landsat 8 pada kedalaman kurang dari 30 meter dapat dilihat pada Gambar 19, kedalaman 30,08 sampai 94,50 meter dapat dilihat pada Gambar 20 dan kedalaman 2.13 sampai 94,50 meter dapat dilihat pada Gambar 21. Pada kedalaman kurang dari 30 meter memiliki nilai residual antara -11,80 sampai dengan 12,63, dan pada kedalaman 30,08 sampai 94,50 meter memiliki nilai residual antara -31,49 sampai dengan 23,86, pada kedalaman 2,13 sampai 94,50 meter memiliki nilai residual antara -28,99 sampai dengan 23,17.

Residual yang bernilai negatif menandakan nilai kedalaman hasil pengolahan citra memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan nilai kedalaman sebenarnya. Residual yang bernilai positif menandakan jika nilai kedalaman hasil pengolahan citra memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan nilai

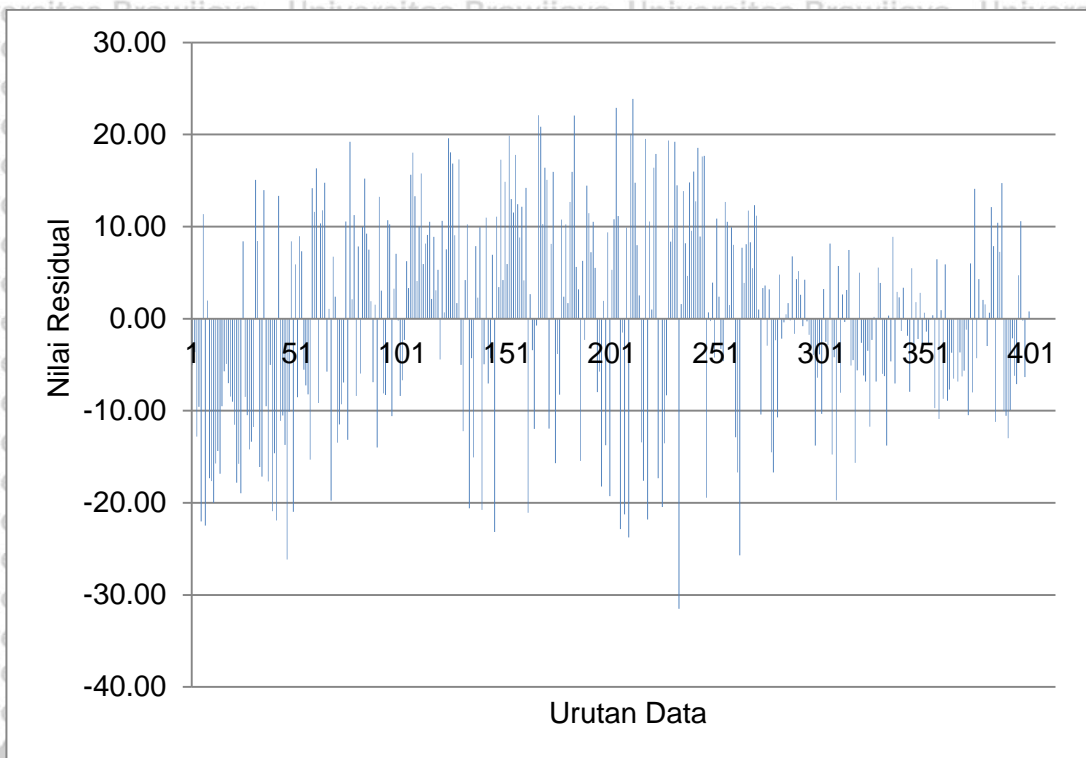
kedalaman sebenarnya. Semakin kecil nilai galat dan nilai residual maka nilai kedalaman absolut yang dihasilkan semakin mendekati nilai kedalaman sebenarnya. Tabel perbandingan nilai galat dan nilai residual setiap kategori kedalaman dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 5. Nilai Galat dan Nilai Residual

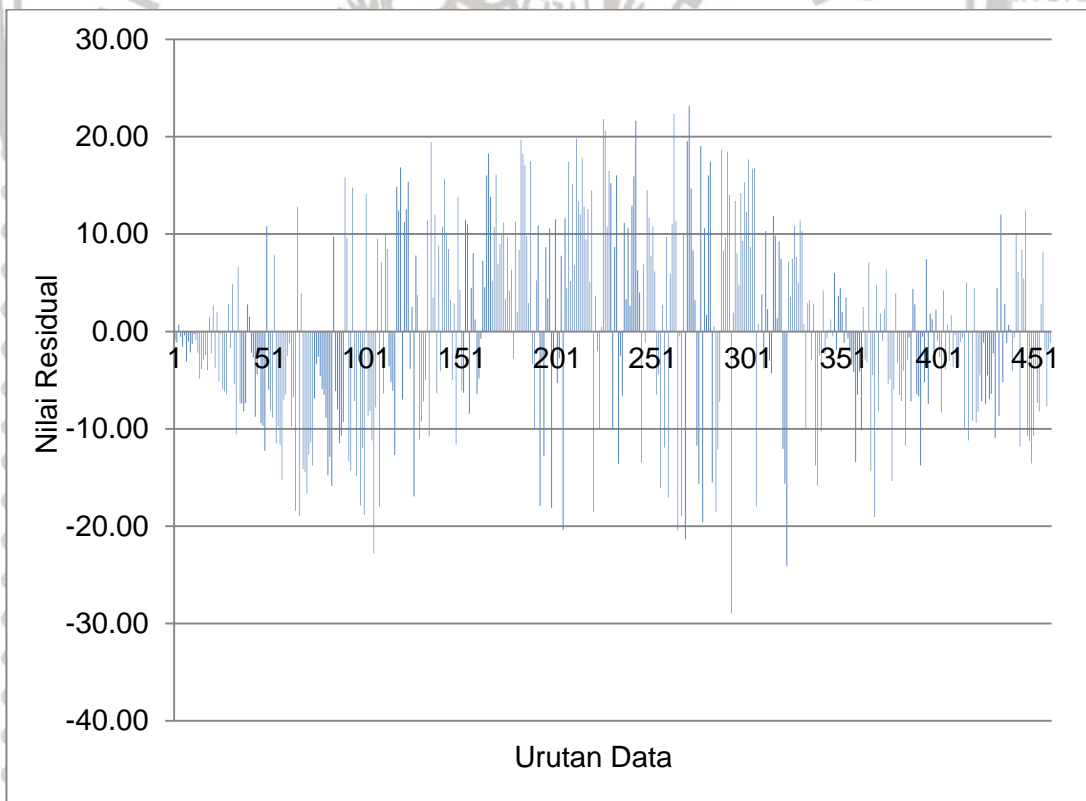
Kedalaman	Rentang(%)	Rata-rata eror (%)	Nilai Residual
<30 meter	0,10-99,68	36,0	-11,80 sampai 12,63
>30 meter	0,04-70,49	18,73	-31,49 sampai 23,86
Keseluruhan	0,11-58,97	19,05	-28,99 sampai 23,17
Perairan			



Gambar 17. Grafik Residual Kedalaman <30 meter



Gambar 18. Grafik Residual Kedalaman >30 meter



Gambar 19. Grafik Residual Seluruh Kedalaman

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah,

1. Perairan Bangsring Banyuwangi memiliki kedalaman antara 0,39 meter sampai dengan 96,05 meter dengan profil dasar perairan yang terus menurun seiring dengan bertambahnya jarak
2. Citra satelit Landsat 8 dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi batimetri dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,81 koefisien korelasi (R) yang dihasilkan adalah sebesar 0,90
3. Kedalaman perairan yang cenderung dangkal memiliki nilai galat atau *error* yang lebih tinggi yaitu sebesar 36,30% jika dibanding dengan perairan yang lebih dalam dengan nilai galat sebesar 18,73%.

1.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlunya penelitian lebih lanjut mengenai pendugaan kedalaman perairan menggunakan penginderaan jauh untuk tipe dasar perairan yang berbeda, khususnya perbandingan perairan berkarang dengan perairan yang berdasar pasir dengan menggunakan kombinasi *band* yang beragam agar dapat menghasilkan nilai estimasi kedalaman yang mendekati nilai kedalaman sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andana, E.K., 2015. *Pengembangan Data Citra Satelit Landsat-8 Untuk Pemetaan Area Tanaman Hortikultura Dengan Berbagai Metode Algoritma Indeks Vegetasi (Studi Kasus: Kabupaten Malang Dan Sekitarnya)*. Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Jurusan Teknik Geomatika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Arief, M., 2012. *Pendekatan Baru Pemetaan Bathimetric Menggunakan Data Penginderaan Jauh Spot Studi Kasus: Teluk Perigi Dan Teluk Popoh (The New Approach To Mapping Bathimetric Using Spot Remote Sensing Data Case Study: The Bay And Popoh Gulf)*. J. Teknol. Dirgant. 10.
- Arief, M., Hastuti, M., Asriningrum, W., Prawati, E., 2013. *Pengembangan Metode Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Satelit SPOT 4*. J. Penginderaan Jauh Vol. 10 No. 1, 1–14.
- Danoedoro, Projo, 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. ANDI, Yogyakarta
- Fuad, M.A.Z., Sambah, A.B., Isdianto, A., Andira, A., 2016. *Pemetaan batimetri sebagai informasi dasar untuk penempatan fish apartment di perairan Bangsring, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur (Bathymetry mapping as basic information for fish apartment placement in Bangsring waters, Banyuwangi, East Java)*. DEPIK 5. doi:10.13170/depik.5.3.5655
- Liu, Y., Islam, M.A., Gao, J., 2003. *Quantification Of Shallow Water Quality Parameters By Means Of Remote Sensing*. Prog. Phys. Geogr. 27, 24–43. doi:10.1191/0309133303pp357ra
- Maulana, L., Suprayogi, A., Wijaya, A.P., 2015. *Analisis Pengaruh Total Suspended Solid Dalam Penentuan Kedalaman Laut Dangkal Dengan Metode Algoritma Van Hengel Dan Spitzer*. J. Geod. Undip Volume 4, Nomor 2.
- Mumby, P.J., Clark, C.D., Green, E.P., Edwards, A.J., 1998. *Benefits Of Water Column Correction And Contextual Editing For Mapping Coral Reefs*. Int. J. Remote Sens. 19, 203–210.
- Pambuko, D.M., Jondri, Umbara, R.F. (Eds.), 2013. *Identifikasi Kedalaman Laut (Bathymetry) berdasarkan Warna Permukaan Laut pada Citra Satelit menggunakan Metode ANFIS*. J. Mat. Integratif Vol. 9 No. 2, 59–70.
- Setiawan, K.T., Osawa, T., Nuarsa, I.W., 2014. *Aplikasi Algoritma Van Hengel Dan Spitzer Untuk Ekstraksi Informasi Batimetri Menggunakan Data Landsat*. J. Penginderaan Jauh Pus. Pemanfaat. Penginderaan Jauh LAPAN.
- Sitanggang, G., 2010. *Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (LANDSAT-8)*. Ber. Dirgant. 11.
- Supranto, J., 2001. *Statistik Teori dan Aplikasi, 6th ed, 2*. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Suwargana, N., 2013. *Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, Spot dan Ikonos*. J. Ilm. Widya 1.

Triatmodjo, Bambang, 2009. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.

USGS, 2017. *Landsat Standart Data Product*. Alamat Situs: <http://Landsat.USgs.Gov>. Diakses Pada Tanggal 8 Februari 2017

Utami, F.P., Prasetyo, Y., Sukmono, A., 2016. *Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah)*. J. Geod. Undip Volume 5, Nomor 1.

Wahyuningrum, P.I., 2008. *Pengembangan Algoritma Untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat-7 ETM*. Bul. PSP XVII. No. 3.

Wahyuningrum, P.I., Jaya, I., Simbolon, D., 2008. *Algoritma Untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat-7 ETM+*. Bul. PSP 17.

Wouthuyzen, S., 2001. *Pemetaan Perairan Dangkal Dengan Menggunakan Citra Satelit LANDSAT-5 TM Guna Dipakai Dalam Pendugaan Potensi Ikan Karang: Suatu Studi Di Pulau- Pulau Padaido*, in: Potensi Dan Eksploitasi Sumberdaya Alam Nasional. Presented at the Seminar Sehari, Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanografi LIPI, Jakarta.

Yanuarsyah, I., Hermawan, E., 2013. *Pemanfaatan Citra Landsat 8 Etm+ Untuk Pemetaan Potensi Zona Mineralisasi Pada Ijin Usaha Pertambangan Eksplorasi Pulau Wetar*. J. Ilm. Geomatika 19.