

**ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT *LANDSAT-8*
UNTUK MENDETEKSI KEDALAMAN PERAIRAN PUTRI MENJANGAN,
KABUPATEN BULELENG, BALI**

SKRIPSI

**Oleh:
Harry Prasetyo
NIM. 155080607111022**



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

**ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT-8 UNTUK MENDETEKSI
KEDALAMAN PERAIRAN PANTAI PUTRI MENJANGAN, KABUPATEN BULELENG,
BALI**

SKRIPSI

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

Oleh:

HARRY PRASETYO

NIM. 155080607111022



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

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT-8 UNTUK
MENDETEKSI KEDALAMAN PERAIRAN PANTAI PUTRI MENJANGAN,
KABUPATEN BULELENG, BALI**

Oleh :
HARRY PRASETYO
NIM. 155080607111022

Telah dipertahankan di depan dosen penguji pada tanggal 25 September
tahun 2019 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc.)
NIP. 1980 1005 200501 1 002

Tanggal : 17 OCT 2019



(Rarasrum Dyah K., S.Kel., M.Si., M.Sc.)
NIP. 20130486 09152 001

Tanggal : 17 OCT 2019

Mengetahui:



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

Tanggal : 17 OCT 2019

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Harry Prasetyo

NIM : 155080607111022

Program Studi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam daftar pustaka pada naskah ini.

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

Malang, 29 Agustus 2019

Penulis

Harry Prasetyo
NIM. 155080607111022

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari telah banyak pihak yang membantu selama proses penelitian skripsi mulai dari pengambilan data, pengolahan data hingga penyusunan laporan. Untuk itu, dalam kesempatan berikut, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
2. Orang tua penulis, Ayah Ir. Sunarto dan Ibu Rini Setyo Indriarti yang selalu memberikan dukungan berupa doa serta restu kepada penulis.
3. Kakak dan Adik penulis, Putri Jati Kumalasari, SS. dan Tri Retno Puspitasari, yang memberikan dukungan berupa motivasi dan semangat kepada penulis.
4. Bapak M. A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc. dan Ibu Rarasrum Dyah K., S.Kel., M.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu guna memberi masukan, pengarahan serta membantu dalam kendala teknis proses bimbingan selama proses penelitian, hingga penulisan laporan skripsi.
5. Saudara Muhammad Ilman, Dimas Syarif dan Indra Riady Tama selaku rekan penulis yang telah bersama-sama menemani dan membantu penulis dalam proses pengambilan data lapang di perairan Pantai Putri Menjangan, Bali.
6. Keluarga besar "POLARIS" Ilmu Kelautan 2015 selaku teman-teman seperjuangan, serta keluarga di lingkungan kampus yang telah memberikan dukungan dan bantuan satu sama lain.

RINGKASAN

HARRY PRASETYO. Analisis Kemampuan Citra Satelit *Landsat-8* Untuk Mendeteksi Kedalaman Perairan Pantai Putri Menjangan, Kabupaten Buleleng, Bali. (dibawah bimbingan : **M. A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc. dan Rarasrum Dyah K., S.Kel., M.Si., M.Sc.**)

Batimetri merupakan bentuk dari dasar laut, hal ini berarti perairan laut memiliki dasar yang berstruktur secara khusus. Survei batimetri merupakan proses untuk mendapatkan data kedalaman dan kondisi topografi dasar laut, termasuk lokasi objek-objek yang mungkin membahayakan. Pemetaan batimetri memiliki peranan penting dalam bidang kelautan baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Perkembangan teknologi mendorong manusia menciptakan metode baru dalam melakukan pemetaan batimetri salah satunya adalah dengan teknologi penginderaan jauh melalui citra satelit. Tujuan dilakukannya penelitian ini yang pertama untuk mengetahui nilai kedalaman perairan Putri Menjangan yang diperoleh dengan citra satelit *Landsat-8* dan dengan pemeruman lapang. Menganalisis kemampuan citra satelit *Landsat-8* dalam mendeteksi kedalaman perairan Putri Menjangan.

Metode penelitian dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama mengolah data sekunder yakni pengolahan data citra satelit *Landsat-8* dan data prediksi pasang surut. Bagian kedua yaitu mengolah data hasil penelitian lapang yaitu data kedalaman hasil pemeruman dan data pengamatan pasang surut dengan metode *admiralty*. Tahapan dalam pengolahan data sekunder terdiri dari *cropping* wilayah dan koreksi *radiometrik* pada citra satelit *Landsat-8*, pemisahan darat dan laut (*masking*), aplikasi *Algoritma Van Hengel and Spitzer* dan terakhir dilakukan ekstraksi nilai piksel dengan perangkat lunak *ArcGIS 10.3*. Kemudian dilakukan perbandingan antara kedalaman yang dihasilkan oleh citra satelit *Landsat-8* dengan data hasil penelitian lapang (*in situ*) yang sudah diolah dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.3* dan perhitungan statistika dengan metode regresi linier sederhana untuk mengetahui hubungan antara data pengolahan citra satelit *Landsat-8* dengan data hasil pemeruman lapang. Selanjutnya dilakukan perhitungan galat *error* antara nilai kedalaman yang sebenarnya dengan nilai kedalaman yang telah diaplikasikan algoritma VHS sehingga didapatkan nilai *error* terhadap masing masing urutan data.

Pasang surut di perairan Menjangan termasuk kedalam tipe campuran condong harian ganda. Kedalaman perairan Putri Menjangan berdasarkan pengolahan data citra satelit yaitu -2 sampai -140 meter. Sedangkan kedalaman perairan berdasarkan pengolahan data pemeruman yaitu -2 sampai -135 meter. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.87 dan koefisien korelasi (R) sebesar -0.933. Pada perairan dangkal, nilai galat atau *error* yang didapat lebih besar, hal ini dikarenakan kemampuan citra satelit *Landsat-8* yang terbatas pada kedalaman kurang dari 5 meter dikarenakan faktor nilai reflektansi yang terlalu tinggi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Analisis Kemampuan Citra Satelit *Landsat-8* Untuk Mendeteksi Kedalaman Perairan Pantai Putri Menjangan, Kabupaten Buleleng, Bali”**.

Sangat disadari bahwa dengan segala kekurangan dan keterbatasan yang telah dilakukan penulis dalam laporan ini, setelah dengan berbagai upaya untuk menyelesaikan laporan ini dengan sempurna, tetapi masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan maupun isi yang dilampirkan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kedepannya. Diharapkan juga hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan dan referensi untuk penelitian lebih lanjut di masa yang akan datang.

Malang, Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Waktu dan Tempat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengukuran Kedalaman Laut	5
2.1.1 Pengukuran Kedalaman Laut dengan Penginderaan Jauh	5
2.1.2 Pengukuran Kedalaman Laut dengan <i>Echosounder</i>	6
2.2 Penginderaan Jauh	7
2.3 <i>LANDSAT-8</i>	8
2.4 Pasang Surut	8
2.5 Metode <i>Admiralty</i>	9
2.5 Algoritma Pendugaan Kedalaman Perairan	10
BAB 3. METODE PENELITIAN	11
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Data	12
3.3 Alur Penelitian	13
3.3.1 Data Sekunder	15

3.3.2 Data Primer	15
3.4 Pengolahan Data Satelit	16
3.4.1 Koreksi Radiometrik Citra <i>Landsat-8</i>	16
3.4.2 Pemisahan Daratan dan Lautan (<i>Masking</i>).....	17
3.4.3 Aplikasi Algoritma <i>Van Hangel and Spitzer</i> (VHS).....	18
3.5 Pengolahan Data Lapang	19
3.5.1 Pengolahan Data Pasang Surut	19
3.5.2 Pengolahan Data Kedalaman Perairan	20
3.6 Perhitungan Perbedaan Nilai Kedalaman.....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kondisi Wilayah Perairan	22
4.2 Nilai Kedalaman Berdasarkan Citra Satelit <i>Landsat-8</i>	22
4.2.1 Koreksi Radiometrik.....	22
4.2.2 Pemisahan Daratan dan Lautan	24
4.2.3 Aplikasi Algoritma <i>Van Hengel and Spitzer</i>	25
4.2.4 Peta Batimetri Hasil Pengolahan Citra <i>Landsat-8</i>	26
4.3 Nilai Kedalaman Berdasarkan Pemeruman Lapang	28
4.3.1 Hasil Pengukuran Pasang Surut	28
4.3.2 Hasil Pemeruman.....	31
4.3.3 Peta Hasil Pemeruman.....	32
4.4 Analisis Kemampuan Citra <i>Landsat-8</i> dalam Mendeteksi Kedalaman	34
4.4.1 Galat (<i>Error</i>) dan Nilai Residual Kedalaman Absolut (kedalaman sebenarnya) dengan Nilai Algoritma <i>Van Hengel dan Spitzer</i>	36
4.4.2 <i>Cross Section</i> Seluruh Data Kedalaman.....	38
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Penelitian	11
Gambar 2. Alur Penelitian	14
Gambar 3. Jalur Pemeruman.....	16
Gambar 4. (a). <i>Band</i> 2 sebelum dikoreksi. (b) <i>Band</i> 2 sesudah dikoreksi	23
Gambar 5. (a). Citra sebelum dikoreksi (b) Citra sesudah dikoreksi	23
Gambar 6. (a) Citra sebelum dilakukan. (b) Citra sesudah dilakukan <i>masking</i> ...	24
Gambar 7. Peta 2D Satelit Perairan Menjangan, Bali	27
Gambar 8. Grafik Pasang Surut Bulanan Perairan Menjangan	29
Gambar 9. Grafik Pasang Surut Pengamatan Perairan Menjangan.....	30
Gambar 10. Jalur Hasil Pemeruman Perairan Menjangan, Bali	32
Gambar 11. Peta 2D Pemeruman Perairan Menjangan, Bali	33
Gambar 12. Hasil Regresi Linier Kedalaman Keseluruhan	35
Gambar 13. Grafik Residual Hasil Pemeruman dengan Citra Satelit	37
Gambar 14. Profile Cross Section Perairan Menjangan	38
Gambar 15. <i>Cross Section</i> Kedalaman Perairan Menjangan	39



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat Penelitian	12
Tabel 2. Data Primer	12
Tabel 3. Data Sekunder	13
Tabel 4. Hasil Perhitungan Variabel Kombinasi <i>Band</i>	25
Tabel 5. Nilai Konstanta Harmonik	30
Tabel 6. Data Hasil Pemeruman.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Data Penelitian	45
Lampiran 2. Histogram Radiometrik Sebelum dan Sesudah Dikoreksi	48
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Lapang	50



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batimetri merupakan bentuk dari dasar laut. Menurut Febrianto *et al.*, (2016), batimetri juga dapat dikatakan sebagai ukuran tinggi rendahnya dasar laut, sehingga peta batimetri memberikan informasi tentang dasar laut, dimana informasi tersebut dapat memberikan manfaat pada beberapa bidang yang berkaitan dengan dasar laut. Struktur perbedaan dasar laut ini dapat dipengaruhi oleh kedalaman, jenis sedimen permukaan dasar laut serta kondisi fisika suatu perairan, hal ini berarti perairan laut memiliki dasar yang berstruktur secara khusus.

Survei batimetri merupakan proses untuk mendapatkan data kedalaman dan kondisi topografi dasar laut, termasuk lokasi objek-objek yang mungkin membahayakan. Pemetaan batimetri memiliki peranan penting dalam bidang kelautan baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Penerapan kegunaan lebih lanjut dalam pemetaan batimetri dapat berupa peta ataupun metadata yang dapat digunakan pada bidang pelayaran dan pembangunan sarana prasarana pesisir (Harianto, 2018; Satriadi, 2012; Subarno, *et al.*, 2015).

Informasi batimetri nantinya dapat digunakan untuk perencanaan pembangunan sarana, prasarana fisik dan pemanfaatan lain untuk kelangsungan konservasi pesisir. Data kedalaman dan jenis sedimen permukaan dasar laut serta kondisi oseanografi pada suatu wilayah perairan sangat berperan dalam perencanaan pembangunan. Selain itu, informasi batimetri juga diperlukan sebagai pedoman dalam pembuatan alur pelayaran yang jelas agar kapal yang melintas tidak terganggu oleh topografi dasar laut (Satriadi, 2012).

Perkembangan teknologi mendorong manusia menciptakan metode baru dalam melakukan pemetaan batimetri salah satunya adalah dengan teknologi

penginderaan jauh melalui citra satelit. Teknologi penginderaan jauh saat ini dianggap sebagai salah satu cara yang efektif dan efisien dalam memetakan bermacam-macam potensi sumberdaya dalam skala spasial yang luas maupun sempit, khususnya wilayah perairan laut. Satelit mampu merekam data pada berbagai objek dan wilayah pada permukaan bumi secara temporal dalam jangka waktu yang lama (Agus, *et al.*, 2017; Jagalingam, *et al.*, 2015).

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 harus 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).

Satelit *Landsat-8* membawa dua sensor yaitu sensor *Operational Land Imager (OLI)* dan sensor *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Sensor OLI mempunyai tujuh *Band* dengan resolusi spasial yang sama dengan *LANDSAT-7* yaitu sebesar 30 meter. Namun, *Band* 8 (*Panchromatic*) memiliki nilai resolusi yang beda yakni 15 meter. Sensor OLI dilengkapi dengan dua *Band* baru yaitu *Band* 1 dengan panjang gelombang 0.43 μm – 0.45 μm untuk aerosol garis pantai dan *Band* 9 dengan panjang gelombang 1.36 μm – 1.38 μm untuk mendeteksi awan *cirrus*. Sedangkan untuk sensor TIRS dilengkapi dengan dua *Band* dengan resolusi spasial 100 m untuk menghasilkan sebuah kanal pada inframerah *thermal* (USGS, 2019).

Kawasan Perairan Menjangan berada didalam Banjar Dinas Batu Ampar di Desa Pejarakan. Desa ini termasuk ke dalam Kecamatan Gerogak, Kabupetan Buleleng, di Provinsi Bali. Area ini terletak di pesisir Utara, sebelah Barat Pulau Bali (Setiawan et al., 2014). Kawasan Pantai Putri Menjangan dipilih karena melihat kepedulian masyarakat yang tinggi didasari kesadaran akan pentingnya pengelolaan kawasan pesisir. Hal ini mengakibatkan mereka bersatu dalam satu wadah yang dinamakan *Nature Conservation Forum* (NCF) Putri Menjangan, serta minimnya informasi mengenai kondisi batimetri perairan tersebut menjadikan alasan utama dipilihnya perairan Pantai Putri Menjangan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam pengukuran kedalaman perairan, metode dengan penginderaan jauh juga dapat digunakan. Citra satelit yang dapat digunakan ialah *Landsat-8* dengan spesifikasi *band 2* sampai *band 4* yang panjang gelombangnya dapat digunakan untuk mengukur kedalaman perairan. Namun, dalam prosesnya, nilai yang dihasilkan oleh citra satelit memiliki selisih dengan pemeruman langsung menggunakan *Echosounder*. Melihat dari permasalahan ini, dapat dirumuskan masalah yang akan diangkat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan yang diperoleh dengan pengolahan data citra satelit *Landsat-8*?
2. Bagaimana nilai kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan yang diperoleh dengan pengolahan data pemeruman?
3. Bagaimana kemampuan citra satelit *Landsat-8* dalam mendeteksi kedalaman di perairan Pantai Putri Menjangan?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai kedalaman perairan Putri Menjangan yang diperoleh dengan citra satelit *Landsat-8*.
2. Untuk mengetahui nilai kedalaman perairan Putri Menjangan yang diperoleh dengan pemeruman lapang.
3. Menganalisis kemampuan citra satelit *Landsat-8* dalam mendeteksi kedalaman perairan Putri Menjangan.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari dengan adanya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi untuk penelitian lebih lanjut.
2. Memberikan referensi mengenai peta kontur dasar dan kedalaman perairan di wilayah pantai Putri Menjangan.
3. Memberikan informasi sebagai acuan pengambilan keputusan, perencanaan pengembangan serta pembangunan wilayah pesisir.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 26 Maret 2019 di wilayah perairan Pantai Putri Menjangan, Kabupaten Buleleng, Kecamatan Gegokgak, Bali.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengukuran Kedalaman Laut

Kegiatan pengukuran kedalaman laut merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan gambar dan bentuk topografi dasar perairan. Proses penggambaran dasar permukaan perairan tersebut dinamakan dengan survei batimetri. Gambar dasar perairan perairan dapat disajikan dalam bentuk garis kontur atau model tiga dimensi. Model batimetri diperoleh dengan metode interpolasi titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi pengambilan data. Semakin rapat titik-titik pengukuran kedalaman maka akan semakin baik kualitas yang dihasilkan (Kautsar dan Sasmito, 2013).

Hasil dari pengukuran kedalaman ini menghasilkan titik-titik pada lajur perum. Jarak antara titik-titik pada suatu lajur pemeruman setidak-tidaknya sama dengan atau lebih rapat dari interval lajur perum. Wilayah perairan yang dipilih diharapkan sudah mewakili dalam titik-titik lajur pemeruman. Titik-titik tempat dilakukannya pengukuran untuk penentuan posisi dan kedalaman disebut dengan titik fiks perum (Hidayat, *et al.*, 2014).

2.1.1 Pengukuran Kedalaman Laut dengan Penginderaan Jauh

Pengukuran kedalaman dengan penginderaan jauh memiliki kelebihan dibanding pengukuran secara langsung atau akustik. Salah satunya adalah membutuhkan biaya dan waktu yang lebih banyak. Pemetaan batimetri sudah lama dilakukan, menurut sejarah pemetaan batimetri awal digunakan sejak perang dunia ke-2. Pemetaan batimetri saat itu menggunakan teknik fotogramik untuk mengukur kedalaman pantai di sekitar laut pasifik (Arief, *et al.*, 2013).

Seiring berkembangnya zaman, penggunaan *Light Direction and Ranging* (LIDAR) dalam dunia penginderaan jauh dan citra satelit semakin umum digunakan. Metode ini sering digunakan untuk pengoreksian kolom perairan. Dalam melakukan metode ini diperlukan perairan yang jernih dan komposisi substrat yang homogen (Jagalingam, *et al.*, 2015).

2.1.2 Pengukuran Kedalaman Laut dengan *Echosounder*

Pengukuran kedalaman perairan atau dapat disebut survei hidrografi batimetri biasa dilakukan menggunakan kapal sebagai wahana. Namun, metode ini memiliki kekurangan diantaranya membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang bisa dibilang mahal. Instrumen yang biasa digunakan dalam pengukuran ini adalah *echosounder*. *Echosounder* sendiri memiliki dua jenis yaitu *Single Beam Echosounder* (SBE) dan *Multi Beam Echosounder* (MBE). Dalam peruntukannya, dua jenis ini memiliki fungsi khusus, *Single Beam* biasa digunakan di wilayah perairan yang sempit karena pancaran gelombang yang dihasilkan hanya satu titik. Sedangkan *Multi Beam* biasa digunakan untuk wilayah perairan yang lebih luas karena pancaran gelombang akustiknya berupa sapuan yang luas (Kautsar dan Sasmito, 2013).

Menurut Garmin (2019), *Single-Beam Echosounder* yang biasa digunakan dalam pemeruman batimetri di lapang terdiri dari 2 jenis frekuensi, yaitu ;

- ***Single Frequency***

Single-beam Echosounder (SBES) dengan *single frequency* atau satu frekuensi *singlebeam echosounder* yang menggunakan satu frekuensi saja yaitu frekuensi tinggi atau *high frequency*. *High frequency* lebih memberikan

kedalaman yang berhubungan dengan bentuk dasar perairan (kontur) yang akurat dalam hubungannya dengan keselamatan pelayaran.

- **Dual Frequency**

Merupakan *Single-Beam Echosounder* (SBES) yang menggunakan dua frekuensi yaitu *high frequency* dan *low frequency*. *High frequency* lebih memberikan kedalaman yang akurat dalam hubungannya dengan keselamatan pelayaran, sedangkan *low frequency* mampu melakukan penetrasi hingga ke lumpur dasar lautnya (sangat dalam) sehingga tidak aman untuk pelayaran.

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah salah satu teknologi yang membantu untuk memperoleh informasi tentang potensi sumberdaya wilayah pesisir dan lautan. Informasi yang terdapat pada permukaan bumi diambil menggunakan sensor dari citra satelit, kemudian diolah sesuai dengan tujuan kegiatan yang akan dilakukan. Informasi yang telah diperoleh tersebut akan diolah, dianalisa, diinterpretasikan dan disajikan melalui bentuk sebuah peta atau informasi spasial pada suatu wilayah (Syah, 2010).

Informasi penginderaan jauh sangat penting terutama dalam bidang eksplorasi dan eksploitasi. Penginderaan jauh pada masa sekarang semakin mempunyai banyak peran penting. Teknologi penginderaan jauh bisa dibilang merupakan teknologi modern yang menawarkan kebutuhan efisiensi dan akurasi yang tepat. Data yang tersedia juga memiliki cakupan yang luas baik secara spasial maupun temporal (Rokhmana, 2012).

2.3 LANDSAT-8

LANDSAT-8 merupakan satelit yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013 atas kerjasama *NASA* dan *US Geological Survey*. Satelit ini mempunyai cakupan spasial yang luas yakni 170 km x 183 km dan memiliki waktu orbit selama 99 menit untuk mengelilingi bumi. Selain itu, satelit ini juga akan melakukan pengambilan gambar pada area yang sama setiap 16 hari sekali yang nantinya gambar bisa diakses secara *online* (Buana, *et al.*, 2015).

Satelit *LANDSAT-8* membawa dua sensor yaitu sensor *Operational Land Imager (OLI)* dan sensor *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Sensor *OLI* mempunyai tujuh *Band* dengan resolusi spasial yang sama dengan *LANDSAT 7* yaitu sebesar 30 meter. Namun, *Band 8 (Panchromatic)* memiliki nilai resolusi yang beda yakni 15 meter. Sensor *OLI* dilengkapi dengan dua *Band* baru yaitu *Band 1* dengan panjang gelombang 0.43 μm – 0.45 μm untuk aerosol garis pantai dan *Band 9* dengan panjang gelombang 1.36 μm – 1.38 μm untuk mendeteksi awan *cirrus*. Sedangkan untuk sensor *TIRS* dilengkapi dengan dua *Band* dengan resolusi spasial 100 m untuk menghasilkan kanal inframerah *thermal* (USGS, 2019).

2.4 Pasang Surut

Fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Sedangkan pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil (Kusmanto, *et al.*, 2015).

Fenomena pasang surut ini akan membangkitkan arus yang sebut arus pasut (*tidal current*). Arus pasut merupakan pergerakan horizontal air laut yang mengikuti kondisi pasut dan gerakannya merupakan gerakan yang periodik akibat perubahan elevasi muka laut. Pada saat menuju pasang arus bergerak ke arah sebaliknya. Pada laut terbuka yang dangkal, karakteristik arus pasut memiliki variasi kecepatan yang hampir tidak pernah menuju nol, arahnya berotasi, umumnya didominasi periode semidiurnal. Arus pasut biasanya direpresentasikan dengan vektor arus hidrograf, yakni gambar vektor arus setiap jam pada satu siklus pasut. Arus pasut seperti ini juga memiliki elevasi pasut yang dapat dipisahkan dengan analisis harmonik menjadi komponen-komponen untuk tujuan peramalan (Priyana, 1994).

2.5 Metode *Admiralty*

Metode *admiralty* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung konstanta harmonik dari pengamatan pasang surut atau ketinggian air laut tiap jam selama 15 atau 29 piantan, serta menentukan tipe pasang surut harian, bulanan dan tahunan (Suyarso dan Ongkosongo, 1989). Amplitudo dan fase adalah termasuk dalam konstanta harmonik yang digunakan dalam perhitungan pasang surut. Proses perhitungan dengan menggunakan metode *admiralty* dihitung dengan bantuan tabel, dimana untuk waktu pengamatan yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan pendekatan dan interpolasi dengan bantuan tabel-tabel perhitungan. (Korto, *et al.*, 2015).

Menurut Sasongko, *et al.*, (2014), *admiralty* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghitung konstanta harmonik pasang surut dari pengamatan muka air laut tiap jam selama 15 dan 29 piantan. Metode ini membantu dalam memperoleh dua konstanta harmonik yakni amplitudo dan beda fase untuk mengetahui bilangan *firmzahl*. Metode *admiralty* ini

repository.ub.ac.id

dikembangkan oleh A.T. Dooson di Liverpool dan digunakan untuk keperluan kantor Hidrografi di Inggris.

2.5 Algoritma Pendugaan Kedalaman Perairan

Estimasi kedalaman dengan penginderaan jauh memiliki beberapa metode yang dapat digunakan. Algoritma yang sering digunakan untuk deteksi kedalaman perairan diantaranya yaitu Algoritma *Lyzenga*, Algoritma Rasio Band dan Algoritma *Van Hengel and Spitzer* (VHS). Menurut Subarno, *et al.*, (2015) dilihat dari sejarah munculnya algoritma tersebut, algoritma *Lyzenga* yang lebih dulu digunakan yakni pada tahun 1981. Sedangkan untuk algoritma *Van Hengel and Spitzer* merupakan algoritma untuk estimasi kedalaman perairan yang ditemukan pada tahun 1991. Sedangkan algoritma Rasio Band algoritma terbaru ditemukan oleh Stump pada tahun 2003 (Wahyuningrum, *et al.*, 2008).

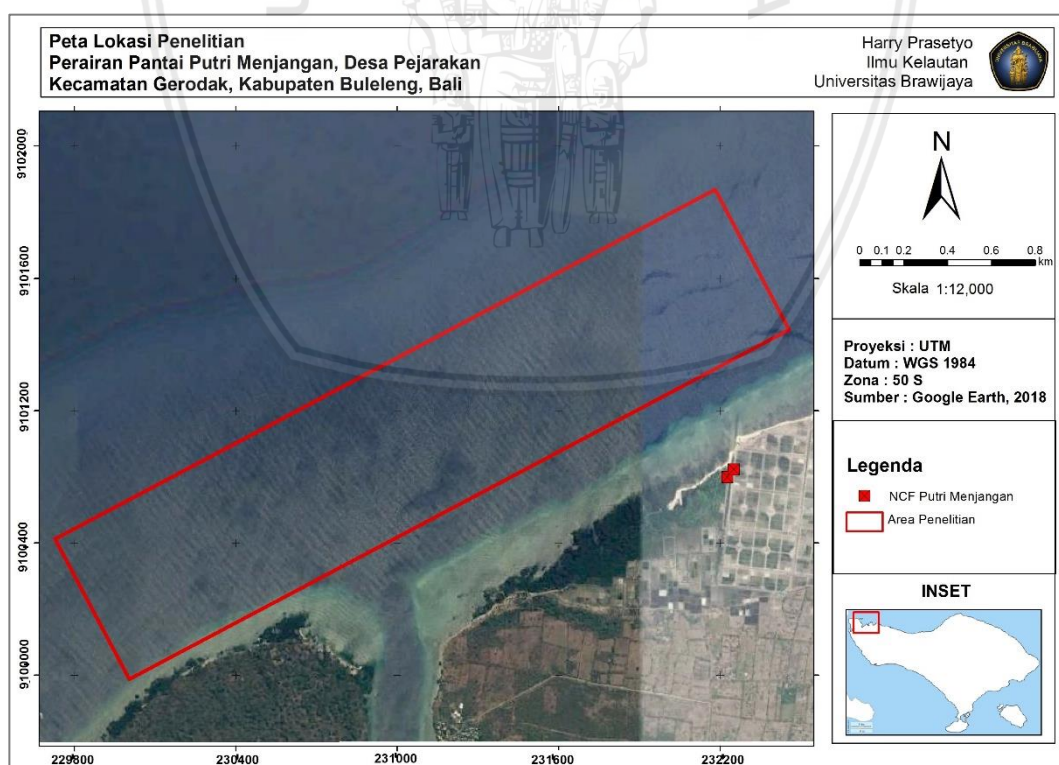
Algoritma *Lyzenga* menggunakan koreksi kolom air dengan persamaan *Depth Invariant Index* yang digunakan hanya untuk *region* yang dianggap sama. Algoritma Rasio Band memanfaatkan rasio dua band dengan alasan karena adanya perbedaan respon spektral kolom air dan dasar perairan terhadap gelombang elektromagnetik. Sedangkan untuk algoritma VHS memanfaatkan band *Red*, *Green* dan *Blue* (RGB) pada citra dan analisis kedalaman berdasarkan nilai reflektansi hasil pengolahan (Arief, *et al.*, 2013).

Pengaplikasian Algoritma *Van Hengel and Spitzer* (VHS) dilakukan dengan mencari komponen matrik dari citra yang telah dikoreksi radiometrik dan geometrik, untuk menghasilkan indeks kedalaman. Algoritma *Van Hengel and Spitzer* (VHS) menggunakan perkalian matriks 3x3 dengan data *input* berupa citra pertama, kedua, ketiga atau *band 4, 3, 2* (RGB) dan juga sudut arah rotasi pada foto citra satelit *Landsat-8* (Maulana dan Wijaya, 2015).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Daerah kajian penelitian mengenai deteksi kedalaman ini mengambil daerah kajian yang berada di Bali Barat. Perairan Bali Barat ini merupakan salah satu wilayah perairan penting yang berada di Pulau Bali karena terdapat banyaknya wilayah konservasi kelompok masyarakat sampai Taman Nasional Bali Barat (TNBB). Peta lokasi pada penelitian ini secara umum dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Waktu pemeruman kedalaman dan pengukuran pasang surut dilakukan pada tanggal 26-27 Maret 2019. Dalam penelitian ini, fokus dari wilayah kajian penelitian terdapat pada luasan perairan sekitaran Pantai Putri Menjangan di Perairan NCF Menjangan, Desa Pejajaran, Kabupaten Buleleng, Bali Barat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk kegiatan pengambilan dan pengolahan data penelitian Pemetaan Kedalaman Perairan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Laptop	Untuk mengolah data secara keseluruhan dalam proses analisis kedalaman perairan
2	<i>ArcGIS 10.3</i>	Perangkat lunak untuk membuat peta kontur kedalaman
3	<i>MS. Word 2013</i>	Perangkat lunak untuk penyusunan laporan penelitian
4	<i>MS. Excel 2013</i>	Perangkat lunak untuk mengolah data hasil pemeruman, pasang surut dan regresi linier
5	<i>Echosounder GPS MAP 585</i>	Alat untuk pemeruman lapang dan mengetahui nilai kedalaman perairan
6	<i>Map Source</i>	Perangkat lunak untuk membuat jalur pemeruman
7	<i>ERMapper 7.1</i>	Perangkat lunak untuk mengolah data citra satelit agar mendapatkan nilai kedalaman
8	<i>Surfer 10</i>	Perangkat lunak untuk proses <i>gridding</i> dan interpolasi nilai kedalaman
9	<i>Global Mapper</i>	Perangkat lunak untuk membuat kontur kedalaman perairan

3.2.2 Data

Data yang digunakan untuk kegiatan pengambilan dan pengolahan data penelitian Pemetaan Kedalaman Perairan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data Primer

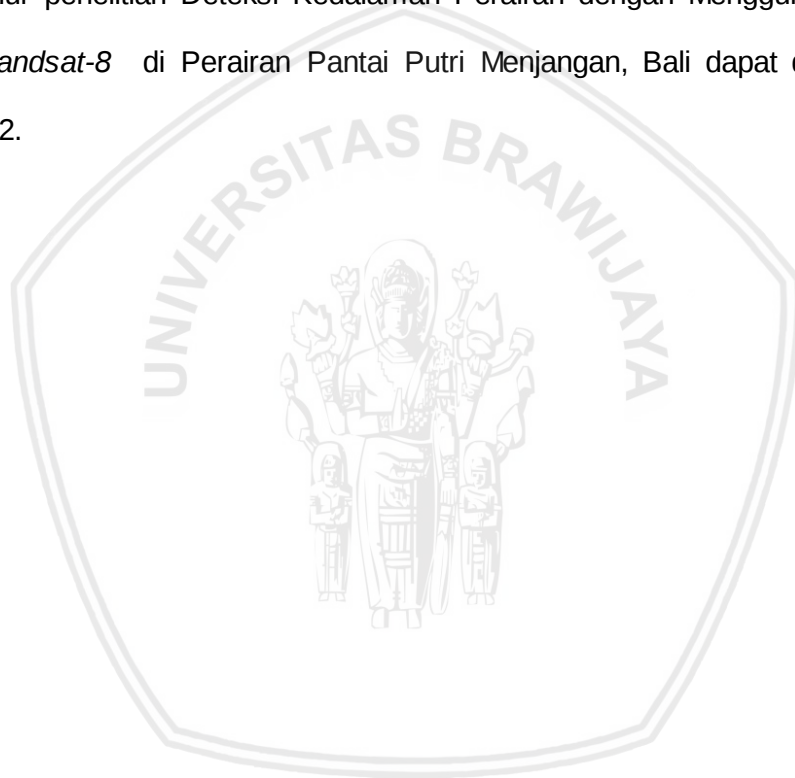
No	Data	Keterangan
1	Pemeruman Lapang	Data kedalaman yang akan diolah untuk mengetahui kontur dasar perairan
2	Pengamatan Pasang Surut	Sebagai koreksi data kedalaman hasil pemeruman lapang

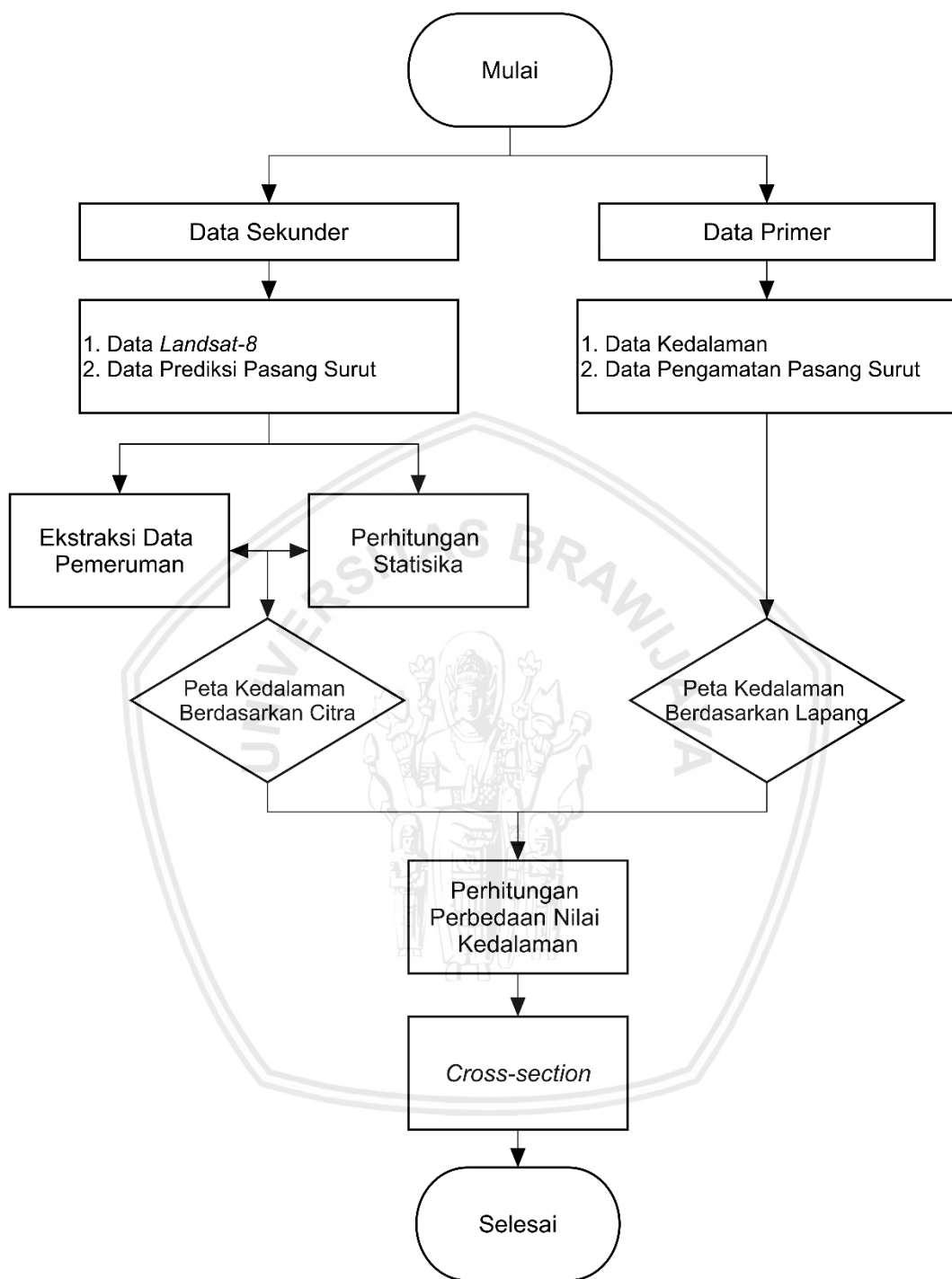
Tabel 3. Data Sekunder

No	Data	Keterangan
1	Citra Satelit LANDSAT-8 (LC08_L1TP_117066_20190111)	Citra satelit yang digunakan untuk mengetahui kedalaman perairan. Tanggal akuisisi 11 Januari 2019
2	Pasang Surut	Data pasang surut tahunan 2019 didapat dari instansi setempat sebagai koreksi data kedalaman

3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian Deteksi Kedalaman Perairan dengan Menggunakan Citra Satelit *Landsat-8* di Perairan Pantai Putri Menjangan, Bali dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Alur Penelitian

3.3.1 Data Sekunder

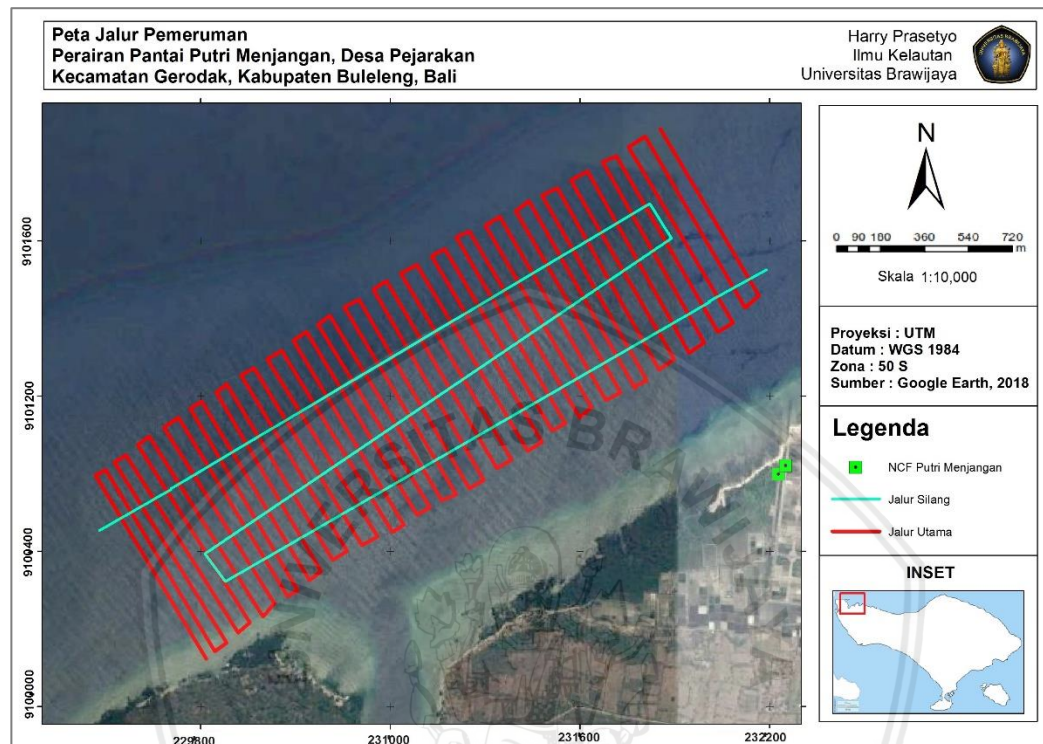
Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui pengambilan data citra satelit *Landsat-8* di laman situs resmi USGS dan data prediksi pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data sekunder yang diperoleh diolah menggunakan perangkat lunak *ERMapper 7.1* untuk pengoreksian radiometrik, menggabungkan, memotong dan memasukkan algoritma VHS pada citra dan terakhir dilakukan ekstraksi nilai piksel dengan perangkat lunak *ArcGIS 10.3*. Dari pengolahan ini didapatkan nilai piksel atau nilai kedalaman relatif yang nantinya nilai ini diubah menjadi nilai kedalaman absolut dan kemudian dihasilkan peta kedalaman berdasarkan citra.

3.3.2 Data Primer

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil yakni data pemeruman langsung di lapang dengan alat *Echosounder GPS MAP 585* dan data pengamatan pasang surut yang diamati dengan menggunakan *Tide Staf*. Pemeruman dilakukan untuk mendapatkan nilai kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan yang nantinya nilai tersebut menjadi data primer penulis dalam penyusunan skripsi. Data pasang surut yang sudah didapat nantinya diolah menggunakan metode *Admiralty* yang hasilnya digunakan sebagai nilai koreksi kedalaman. Sedangkan data primer yang sudah didapat diolah dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.3*. Data kedalaman ini merupakan data primer yang dijadikan sebagai pembanding untuk mengetahui perbedaan nilai kedalaman lapang dengan pengolahan menggunakan data sekunder. Dalam hal ini penulis menggunakan data citra satelit *Landsat-8* sebagai data sekunder.

Dalam melakukan pemeruman, digunakan metode kotak untuk jalur utamanya. Jalur utama memiliki panjang 600 m dari lepas pantai menuju ke arah

laut lepas, jarak tiap jalur sebesar 30 m dan total panjang jalur utama yakni sepanjang ± 40 km. Pemeruman dilakukan seluas ± 3 km² di perairan Pantai Putri Menjangan (Gambar 3).



Gambar 3. Jalur Pemeruman

3.4 Pengolahan Data Satelit

3.4.1 Koreksi Radiometrik Citra *Landsat-8*

Proses pemotretan permukaan bumi oleh satelit sering terganggu oleh banyaknya hambatan. Sinyal pantulan objek ketika satelit melewati atmosfer biasanya merupakan penyebab gangguan pada pemotretan. Dalam hal ini koreksi radiometrik diperlukan guna memperbaiki nilai piksel citra sehingga sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Menurut Rumada, *et al.*, (2015), koreksi radiometrik menghasilkan kualitas visual citra yang lebih bagus dan mengurangi distorsi atau penyimpangan akibat gangguan perekaman. Menurut Wahyuningrum (2008), koreksi radiometrik pada *Landsat-8* mengubah nilai

Digital Number (DN) menjadi nilai reflektansi *Top of Atmosphere* (TOA) menggunakan Rumus 1.

$$\rho\lambda = \frac{MpxQcal + A\rho}{\sin(\theta SE)} \dots\dots\dots \text{Rumus (1).}$$

Keterangan :

Mp : Faktor skala (*Band-specific multipleactive rescaling factor*)

Qcal : Nilai Piksel atau *Digital Number* (DN).

Ap : Faktor Penambah (*Band-specific additive rescaling factor*)
(*Reflectance_Add_Band_x*, dimana x adalah nomor kanal)

θSE : Sudut Elevasi Matahari (*Local Sun Elevation Angle*).

Dari algoritma di atas didapatkan nilai perhitungan koreksi radiometrik menjadi $(0.00002 \cdot i1 + 0.1) / \sin(\theta_{Sun_Elevation})$, dimana nilai 0.00002 merupakan nilai faktor skala tiap kanal pada saat pengoreksian. Untuk nilai (i1) merupakan masukan *band* pada layer pertama yang nantinya akan dikoreksi nilai pikselnya. Sedangkan untuk nilai (0.1) merupakan nilai faktor penambah di setiap kanalnya. Dari rumus perhitungan tersebut nantinya dimasukkan dengan cara *Edit Formula* pada perangkat lunak *ERMapper 7.1*.

3.4.2 Pemisahan Daratan dan Lautan (*Masking*)

Pemisahan objek darat dan air pada citra bertujuan untuk memisahkan wilayah daratan dan perairan. Citra yang melalui proses *masking* akan diblok nilai band dari wilayah darat dengan nilai nol. Tahap *masking* citra dilakukan agar nilai piksel wilayah daratan tidak mempengaruhi perairan saat memasukkan algoritma batimetri (Wahyuningrum, *et al.*, 2008). Proses *masking* citra

menggunakan kombinasi *band* yang dimiliki *Landsat-8* yaitu *band 4*, *band 3* dan *band 2*. Nilai piksel yang dihasilkan pada lebih dari satu maka diklasifikasikan sebagai objek laut, sedangkan jika menghasilkan nilai nol maka diidentifikasi sebagai objek daratan.

3.4.3 Aplikasi Algoritma *Van Hangel and Spitzer* (VHS)

Algoritma *Van Hangel and Spitzer* (VHS) merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit yang dapat memperkirakan nilai di perairan dangkal secara relatif (Wahyuningrum, *et al.*, 2008). Algoritma ini membutuhkan tiga masukan citra yang dituliskan pada Rumus 2.

$$\begin{bmatrix} Y1 \\ Y2 \\ Y3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(r) \cos(s) \sin(r) \cos(s) \sin(s) \\ -\sin(r) \cos(r) 0 \\ -\cos(r) \sin(s) - \sin(r) \sin(s) \cos(s) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} \dots \text{Rumus (2)}$$

Keterangan :

X1 : *Band 2*
 X2 : *Band 3*
 X3 : *Band 4*
 Y1 : Hasil Transformasi Utama
 Y2 dan Y3 : Hasil Transformasi Sampingan
 r dan s : Sudut Arah Rotasi

Persamaan matriks pada rumus 2 dapat dijabarkan ke dalam bahasa matematika yaitu perkalian matriks 3x3 yang terdapat pada rumus 3 :

$$Y1 = X1 \cos(r) \cos(s) + X2 \sin(r) \cos(s) + X3 \sin(s) \dots \text{Rumus (3)}.$$

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

$$Y3 = -X1 \cos(r) \sin(s) - X2 \sin(r) \sin(s) + X3 \cos(s)$$

Nilai sudut arah rotasi (r dan s) dalam algoritma 2 dan 3 diatas adalah konstanta yang diperoleh dari perhitungan dengan rumus 4 sebagai berikut :

$$r(s) = \arctan(u + \sqrt{u^2 + 1}) \dots \text{Rumus (4)}.$$

Konstansa U diperoleh melalui rumus 5 sebagai berikut :

$$U_r = \frac{\text{var } X_2 + \text{var } X_1}{2 \text{ cov } X_1 X_2} \dots\dots\dots \text{Rumus (5)}$$

$$U_s = \frac{\text{var } X_3 + \text{var } X_1}{2 \text{ cov } X_3 X_1}$$

Keterangan :

Var X1 : Nilai Varian *Band 1*

Cov xi, xj : Kovarian *Band i* dan *Band j*

Algoritma ini diterapkan pada citra satelit setelah melalui koreksi geometrik, koreksi radiometrik dan masking. *Band* yang digunakan dari citra satelit untuk algoritma ini adalah *Red, Green, Blue* (RGB) atau pada citra *Landsat-8* adalah *band 4, 3, 2*. Kombinasi *band* yang telah dimasukkan pada algoritma ini kemudian akan menghasilkan nilai kedalaman relatif pada citra satelit yang digunakan (Bobsaid dan Jaelani, 2017).

Kombinasi *band* dengan respon terbaik untuk objek perairan digunakan *band 4* sampai dengan *band 2* pada algoritma VHS. Pada tahap memasukkan algoritma hanya digunakan *band 4, 3, dan 2*. Nilai yang dihasilkan dari pengolahan citra satelit dengan algoritma VHS ini adalah sudut arah rotasi citra. Nilai tersebut nantinya digunakan untuk pengolahan pada tahap selanjutnya yakni perkalian matriks 3 x 3 yang nantinya akan didapatkan nilai kedalaman relatif atau nilai kedalaman berdasarkan citra satelit (Setiawan, *et al.*, 2014).

3.5 Pengolahan Data Lapang

3.5.1 Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari pengamatan langsung di lapang. Data lapang adalah data yang diambil pada waktu bersamaan dengan pemeruman. Data lapang nantinya akan dimodelkan dengan menggunakan metode *Admiralty*. Metode ini digunakan untuk

menghitung konstanta pasang surut harmonik dari pengamatan ketinggian air laut tiap jam selama 15 piantan atau 29 piantan. Bilangan *Formzahl* dapat diperoleh melalui perhitungan komponen konstanta harmonik pasang surut (O_1 , K_1 , M_2 , S_2). Selain itu, bilangan *Formzahl* juga akan menentukan tipe pasang surut yang terdapat di suatu wilayah.

3.5.2 Pengolahan Data Kedalaman Perairan

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber pertama yaitu individu atau perseorangan yang membutuhkan pengelolaan lebih lanjut seperti pengambilan data langsung di lapang. Data primer yang digunakan penulis berupa data yang langsung diambil dengan cara pemeruman menggunakan *echosounder* di perairan Pantai Putri Menjangan. Data Pemeruman akan diekstraksi dengan perangkat lunak *Map Source* dan *MS. Excel 2013*. Nilai kedalaman yang sudah diekstraksi dan dikoreksi pasang surutnya kemudian dilakukan *gridding* dengan perangkat lunak *ArcGIS 10.3* menggunakan metode interpolasi *Krigging*. Nilai kedalaman yang telah diinterpolasi kemudian dikonversi menjadi bentuk kontur dan kemudian dilakukan *Layouting* dengan perangkat lunak *ArcGIS 10.3*.

3.6 Perhitungan Hubungan Nilai Kedalaman

Nilai kedalaman yang diperoleh dari data penginderaan jauh adalah nilai kedalaman relatif atau nilai piksel yang didapat dari citra. Pada dasarnya nilai-nilai yang didapat dari citra tidak dapat sepenuhnya benar, karena dalam tahapanya citra memerlukan banyak pengolahan sehingga memungkinkan penyimpangan. Oleh karena itu, diperlukan perbandingan langsung dengan hasil pemeruman di lapang. Hal ini bertujuan untuk mencari perbedaan atau persamaan hasil dari kedua data (Jagalingam, *et al.*, 2015).

Metode yang digunakan untuk mengetahui perbedaan atau persamaan kedua data adalah metode regresi linier sederhana. Regresi linier sederhana adalah regresi yang mempunyai satu variabel bebas dan satu variabel tidak bebas. Regresi ini digunakan untuk menganalisis perkiraan nilai dari variabel tidak bebas (Y) pada nilai variabel bebas tertentu (X) (Hakimah, *et al.*, 2015).



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Wilayah Perairan

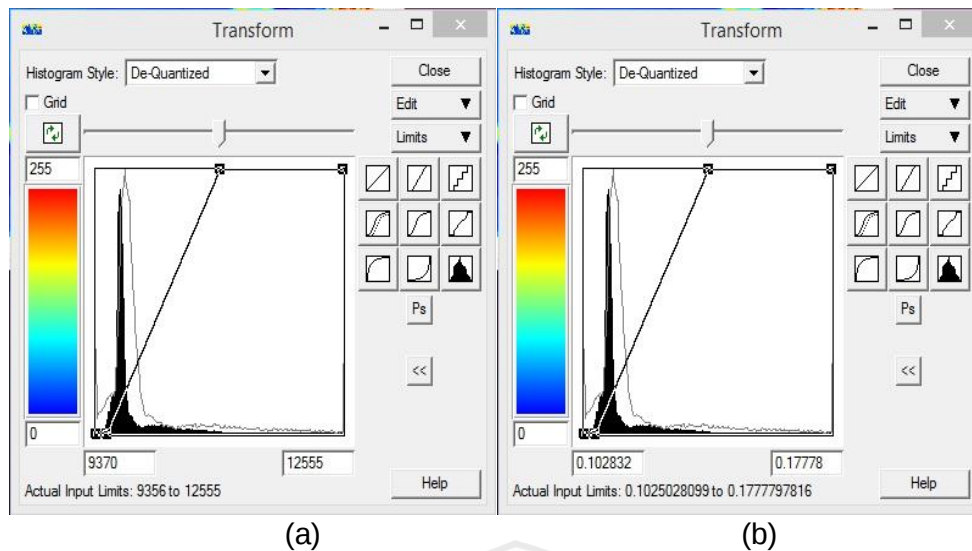
Lokasi penelitian ini bertempat di perairan Pantai Putri Menjangan yang secara administratif berada di Desa Pejarakan, Kecamatan Gerogak, Kabupaten Buleleng, Bali. Desa ini terletak di pesisir perairan Utara Bali yang dominan penduduknya mencari nafkah sebagai nelayan. Desa Pejarakan ini terletak pada sekitar 10 km dari pelabuhan Gilimanuk, Bali dan butuh waktu sekitar 15 menit untuk sampai tujuan. Desa ini juga memiliki teluk teluk ini merupakan destinasi pariwisata turis lokal maupun turis mancanegara. Teluk ini diapit oleh tiga desa yakni desa Pejarakan, desa Menjangan dan desa Buleleng.

Perairan di sekitar teluk ini merupakan perairan konservasi yang dikelola oleh warga sekitar Teluk Menjangan tersebut. Pada perairan pantai Putri Menjangan juga terdapat NCF (*Nature Conservation Forum*), organisasi ini bergerak di bidang pengelolaan wilayah pesisir. Selain itu, kondisi perairan sekitar pantai Putri Menjangan jernih dan gelombang yang tenang mengakibatkan banyaknya turis yang datang.

4.2 Nilai Kedalaman Berdasarkan Citra Satelit *Landsat-8*

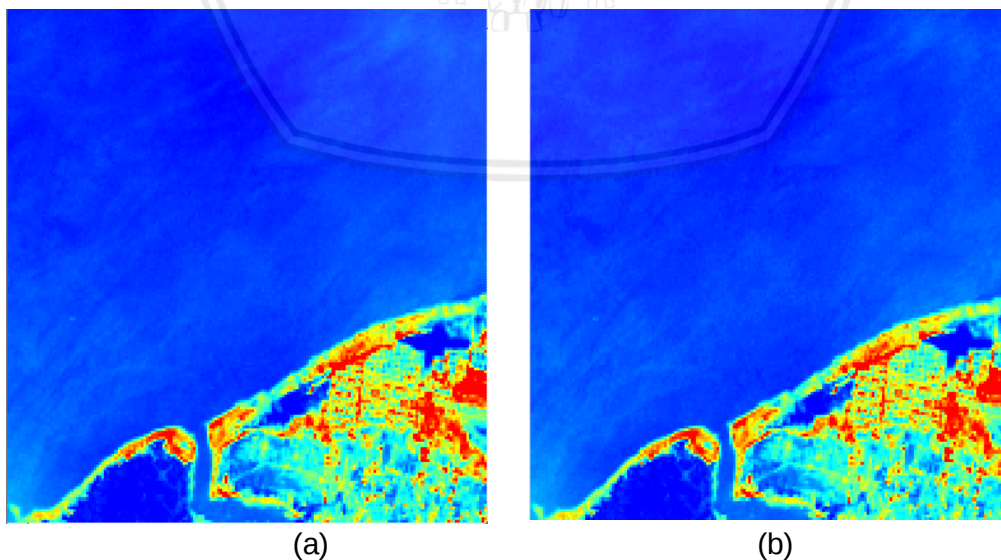
4.2.1 Koreksi Radiometrik

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 dimasukkan ke dalam *tools edit formula* pada perangkat lunak *ERMapper 7.1* adalah sama yaitu $(0.00002 \cdot i1 + (-0.1)) / \sin(\Theta_{Sun_Elevation})$. Perbedaan Histogram sebelum dan sesudah dilakukan koreksi terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a). *Band 2* sebelum dikoreksi. (b) *Band 2* sesudah dikoreksi

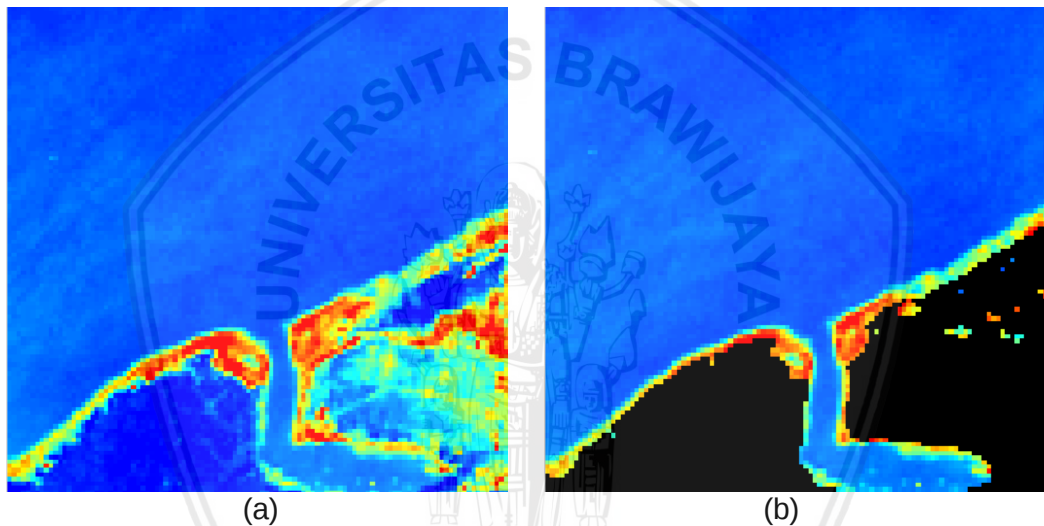
Pada gambar 5 terlihat wilayah penelitian berdasarkan *band 2* mengalami sedikit perubahan sebelum dan sesudah terkoreksi karena pada saat proses pengambilan gambar oleh satelit situasi atmosfer sedang dalam kondisi tutupan awan yang sedikit. Hal ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra, sebelum dilakukan koreksi radiometrik terlihat kualitas gambar kurang. Setelah dilakukan koreksi radiometrik, terlihat lebih jelas garis pantai dan tutupan awan sedikit berkurang.



Gambar 5. (a). Citra sebelum dikoreksi (b) Citra sesudah dikoreksi

4.2.2 Pemisahan Daratan dan Lautan

Pemisahan daratan dan lautan (*Masking*) bertujuan untuk memisahkan obyek yang bukan termasuk daerah penelitian. Pada penelitian ini obyek yang dibutuhkan adalah laut sehingga obyek darat yang tidak dibutuhkan perlu dihilangkan. Pemisahan obyek dilakukan dengan cara memberikan nilai nol pada obyek daratan, setelah itu citra hasil masking akan disimpan menjadi dataset. Citra satelit *Landsat-8* sebelum dan sesudah dilakukan pemisahan daratan dan lautan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. (a) Citra sebelum *masking*. (b) Citra sesudah *masking*

Citra satelit yang telah dilakukan pemisahan darat dan laut akan berubah menjadi warna hitam. Obyek yang berwarna hitam tersebut merupakan daratan yang telah diberikan nilai 0 (null value) sehingga pengolahan citra selanjutnya hanya akan memperlihatkan obyek air.

4.2.3 Aplikasi Algoritma *Van Hengel and Spitzer*

Kombinasi *band* merah, *band* hijau dan *band* biru merupakan kombinasi *band* terbaik dalam pengaplikasian algoritma VHS yang digunakan untuk mengetahui estimasi kedalaman perairan atau bisa disebut juga kedalaman relatif (Setiawan, *et al.*, 2014). Tahap yang dilakukan pertama kali saat melakukan pengolahan citra adalah menentukan nilai variabel r dan s . Variabel ini digunakan sebagai konstanta dalam arah rotasi citra yang akan dianalisa. Hasil perhitungan konstanta r dan s dengan kombinasi *band* 4, *band* 3 dan *band* 2 yang dihitung berdasarkan dari nilai varian dan kovarian. Dari nilai perhitungan dapat dilihat bahwa nilai konstanta r dan s memiliki nilai 1.331 dan 1.355. Nilai ini menunjukkan arah rotasi yang nantinya akan digunakan dalam rumus VHS yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Variabel Kombinasi *Band*

Variabel	Nilai
Kovarian <i>band</i> 4 dan <i>band</i> 3	134.058
Kovarian <i>band</i> 2 dan <i>band</i> 4	148.401
Ur	2.296
Us	2.392
r	1.365
$\cos r$	0.204
$\sin r$	0.979
s	1.373
$\cos s$	0.197
$\sin s$	0.980

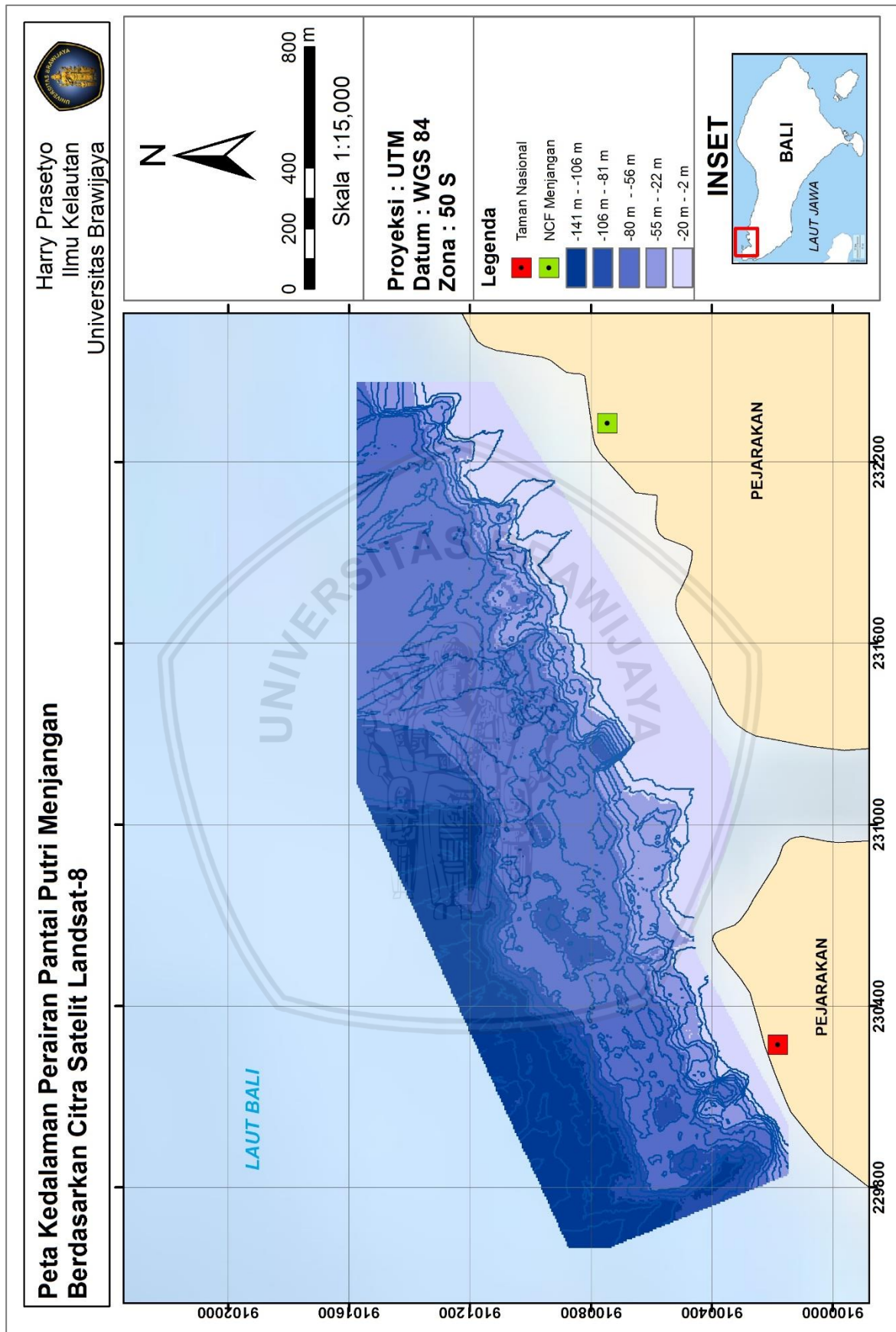
Dari hasil yang terdapat pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa nilai konstanta r dan s memiliki nilai sebesar 1.365 dan 1.373. Nilai dari konstanta r dan s yang dihasilkan menunjukkan arah rotasi citra yang nantinya akan digunakan dalam penerapan algoritma VHS. Selain menggunakan nilai konstanta r dan s , pengolahan citra dengan algoritma VHS juga membutuhkan rumus dari

perhitungan Y1. Penggunaan rumus Y1 dikarenakan rumus ini menghasilkan transformasi utama citra, sedangkan rumus Y2 dan Y3 merupakan hasil sampingan dari transformasi citra yang belum diketahui informasi dan fungsi yang terkandung dalam nilai hasil pikselnya (Wahyuningrum, *et al.*, 2008).

4.2.4 Peta Batimetri Hasil Pengolahan Citra *Landsat-8*

Nilai kedalaman absolut yang sudah didapatkan selanjutnya dilakukan interpolasi dengan metode *krigging* dan dikonversi menjadi bentuk kedalaman melalui perangkat lunak *ArcGIS 10.3*. Dalam tahap ini metode interpolasi *Krigging* digunakan karena metode ini dapat mengolah data yang sistematis dan meyebar serta fleksibel terhadap berbagai jenis data (Fuad, *et al.*, 2016). Sedangkan untuk metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya. Menurut Pramono (2008), asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel yang diperoleh.

Hasil peta kontur kedalaman berdasarkan citra satelit pada Gambar 7 menunjukkan bahwa kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan berkisar antara -3 sampai dengan -140 meter.



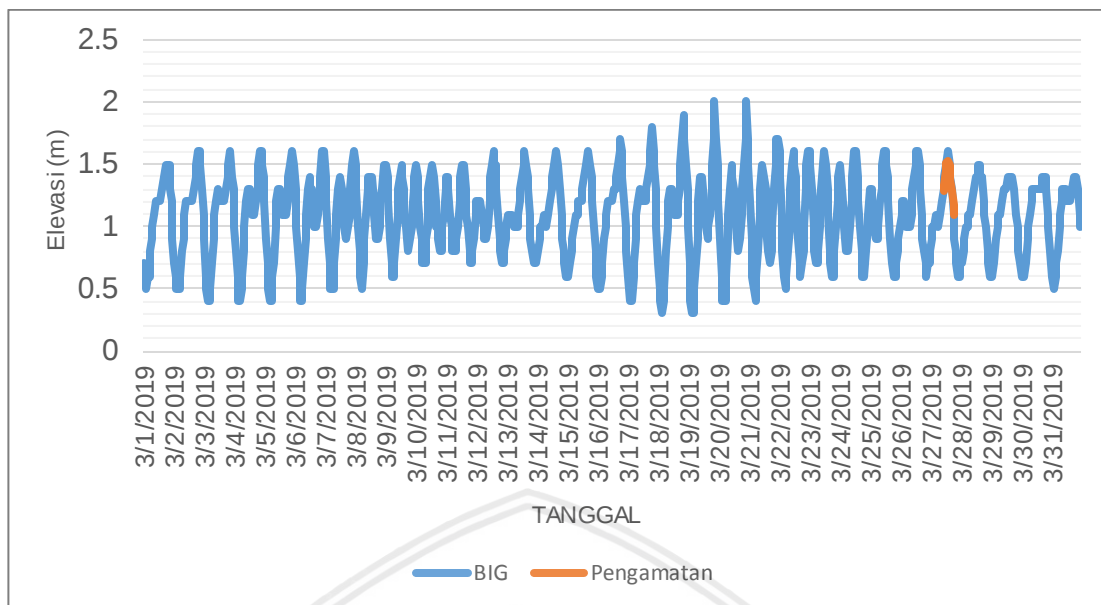
Gambar 7. Peta 2D Satelit Perairan Menjangan, Bali

Dari hasil yang didapat bisa dilihat pada Gambar 7. bahwa kedalaman perairan Menjangan dengan pengolahan citra satelit cenderung lebih beragam namun memiliki kemiripan dengan hasil pemeruman. Kontur kedalaman yang dihasilkan juga memiliki bentuk yang cenderung lebih bervariasi. Hal ini dikarenakan pengolahan citra satelit yang memiliki tahapan pengolahan lebih panjang dan butuh proses pengoreksian yang berulang, sehingga mengakibatkan kemungkinan terjadinya penyimpangan dari data pemeruman di perairan Putri Menjangan.

4.3 Nilai Kedalaman Berdasarkan Pemeruman Lapang

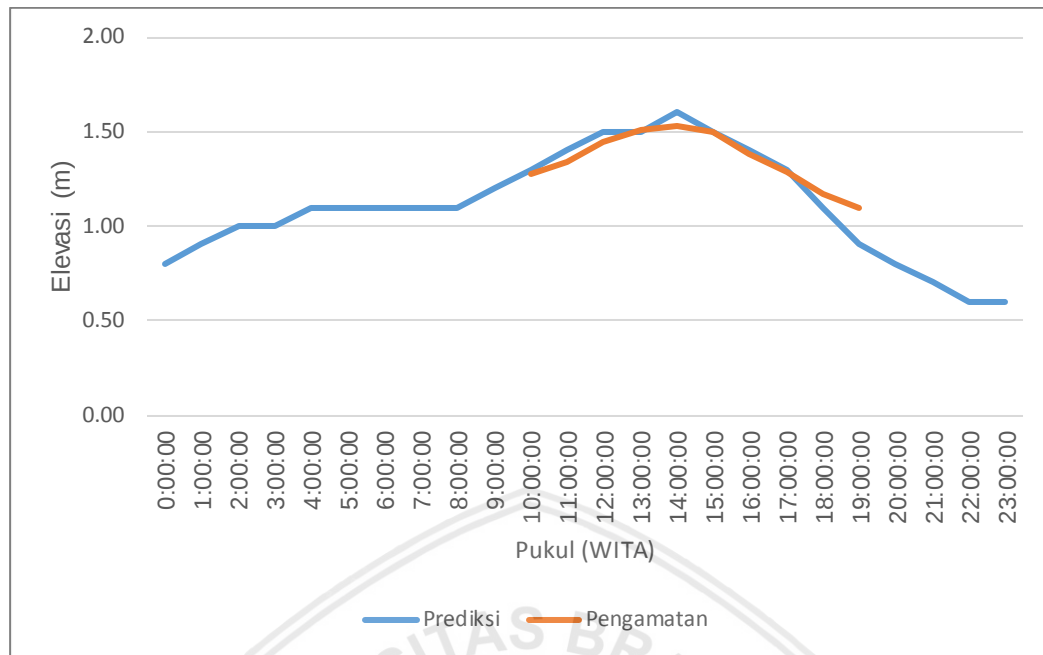
4.3.1 Hasil Pengukuran Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari dua sumber, yakni data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer pasang surut di perairan Menjangan dilakukan satu jam sekali pada tanggal 27 Maret 2019 selama pengambilan data. Sedangkan data sekunder didapatkan dari hasil prediksi pasang surut yang diunduh dari *website* BIG. Grafik pasang surut perairan Putri Menjangan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Pasang Surut Bulanan Perairan Menjangan

Data grafik pada Gambar 8. merupakan data perbandingan antara data pasang surut primer yang dilakukan pengamatan selama 10 jam dengan data pasang surut sekunder yang didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG) selama 29 hari. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pasang tertinggi terjadi pada tanggal 20-21 Maret 2019 yakni setinggi 2 m dan surut terendah terjadi pada tanggal 18-19 Maret yakni setinggi 0,3 m. Hasil menunjukkan bahwa tipe pasang surut pada perairan Teluk Menjangan yaitu pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed semi-diurnal*) atau terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari (Triatmodjo, 2009).



Gambar 9. Grafik Pasang Surut Pengamatan Perairan Menjangan

Data pasang surut pada Gambar 9. menunjukkan data perbandingan antara data pengamatan pasang surut dengan data prediksi Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tanggal 27 Maret 2019. Dari grafik di atas dihasilkan bahwa pasang tertinggi terjadi pada jam 14.00 WITA yakni setinggi 1.5 m. Pada Gambar 8. dan Gambar 9. dapat dilihat kemiripan dengan data BIG terutama pada grafik tanggal pengamatan yakni tanggal 27 Maret 2019.

Data pasang surut lapang dan prediksi ini dilakukan pemodelan dan analisis menggunakan metode *Admiralty*. Pemodelan menghasilkan nilai konstanta harmonik pasang surut dan bilangan *Formzahl* sebesar 1.54 (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai Konstanta Harmonik

Konstanta	M2	S2	K1	O1	F
Amplitudo (m)	0.278	0.136	0.387	0.251	1.540

4.3.2 Hasil Pemeruman

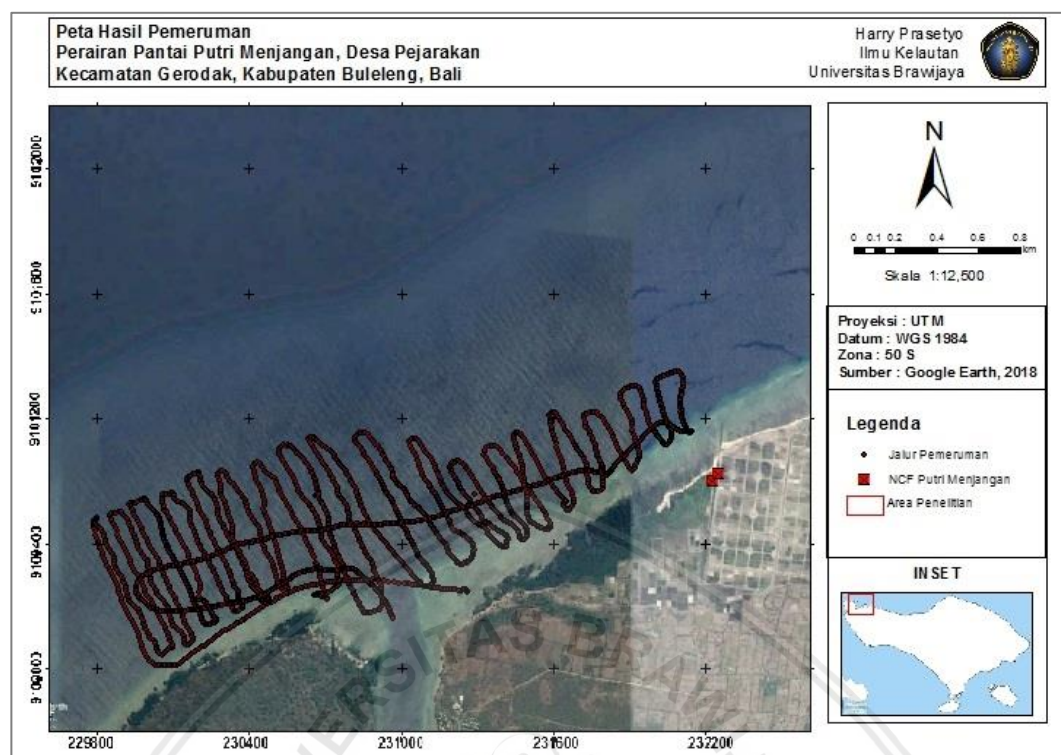
Pemeruman lapang dilakukan menggunakan alat *echosounder GPS MAP 585* pada perairan Pantai Putri Menjangan, Bali tanggal 27 Maret 2019 yang menghasilkan data kedalaman seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Hasil Pemeruman

Koordinat*		Z Lapang (m)	Pasang Surut (m)	Draft <i>Ecosounder</i> (m)	Z Terkoreksi (m)
X	Y				
231396	9100508	2.32	1.52	0.4	1.20
231369	9100518	2.42	1.52	0.4	1.30
231358	9100518	2.52	1.52	0.4	1.40
231350	9100518	2.82	1.52	0.4	1.70
231340	9100519	4.02	1.52	0.4	2.90
231331	9100519	5.72	1.52	0.4	4.60
231319	9100519	10.22	1.52	0.4	9.10
231140	9100544	13.72	1.52	0.4	12.60
231128	9100545	17.22	1.52	0.4	16.10
231116	9100546	22.32	1.52	0.4	21.20
231105	9100546	48.02	1.52	0.4	46.90
231093	9100547	78.82	1.52	0.4	77.70
231069	9100550	99.22	1.52	0.4	98.90
231045	9100553	109.22	1.52	0.4	108.10
231021	9100558	122.22	1.52	0.4	121.10

*) Koordinat dalam satuan proyeksi UTM

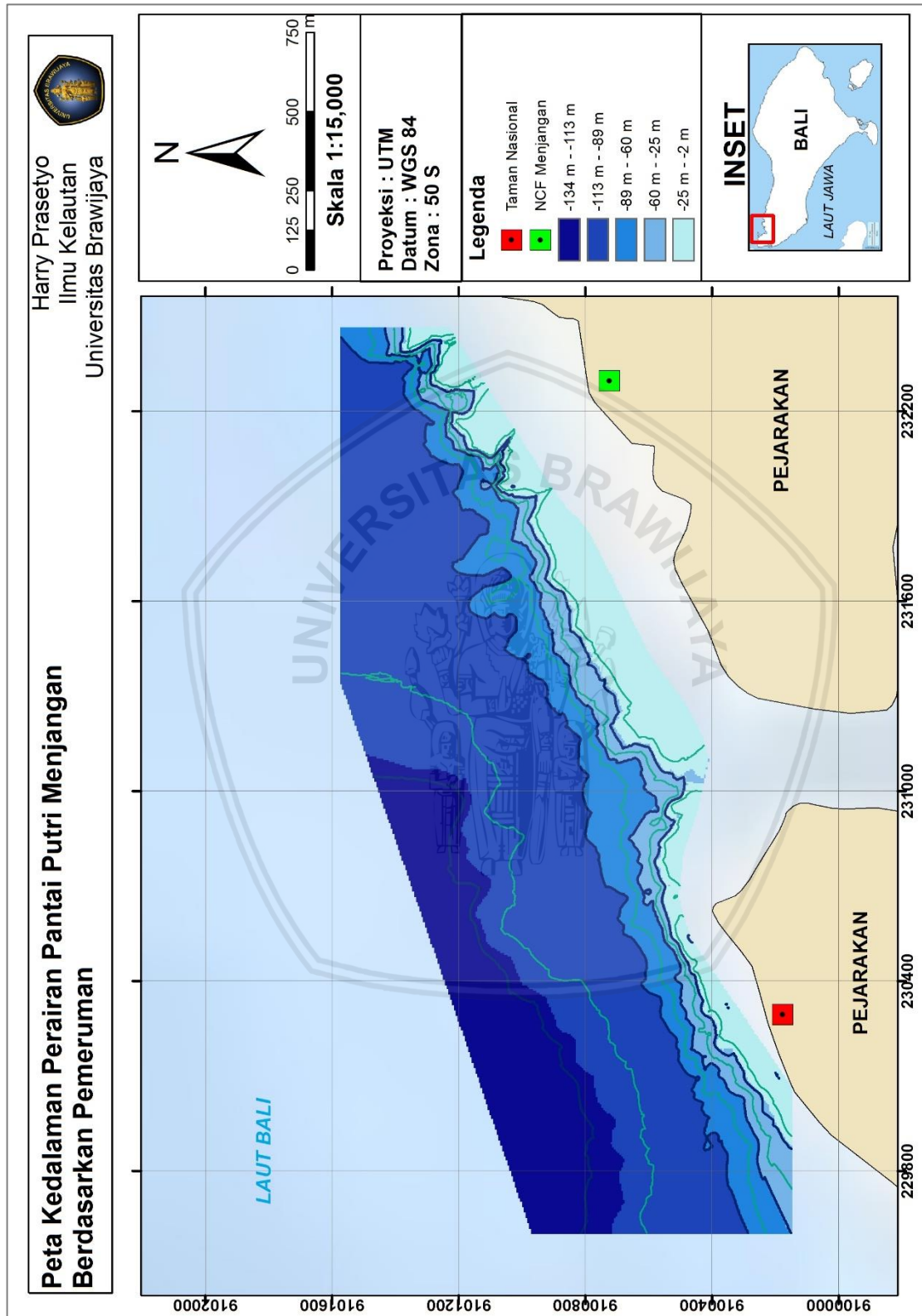
Garis merah yang terdapat pada Gambar 10 menunjukkan jalur pemeruman yang dihasilkan pada saat pengukuran di lapang. Jalur yang berbentuk lurus memiliki panjang rata-rata 400 sampai 700 meter. Pemeruman kedalaman ini menghasilkan data X dan Y sebagai koordinat jalur pemeruman dan Z sebagai kedalaman hasil pemeruman.



Gambar 10. Jalur Hasil Pemeruman Perairan Menjangan, Bali

4.3.3 Peta Hasil Pemeruman

Pengolahan data kedalaman hasil pemeruman memerlukan perangkat lunak *ArcGIS* 10.3. Data kedalaman diinterpolasi menggunakan metode *Kriging* melalui perangkat lunak *ArcGIS* 10.3 dan dikonversi ke dalam bentuk kontur. Metode interpolasi *Kriging* digunakan karena metode ini dapat mengolah data yang sistematis dan menyebar serta fleksibel mengolah berbagai jenis data (Fuad, *et al.*, 2016). Data kedalaman yang telah melalui proses interpolasi dan dikonversi menjadi data kontur kedalaman nantinya akan dilakukan *layouting* peta melalui *ArcGIS* 10.3. Hasil peta kontur kedalaman berdasarkan pemeruman pada Gambar 10. menunjukkan bahwa kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan berkisar antara -2 sampai dengan -135 meter.



Gambar 11. Peta 2D Pemeruman Perairan Menjangan, Bali

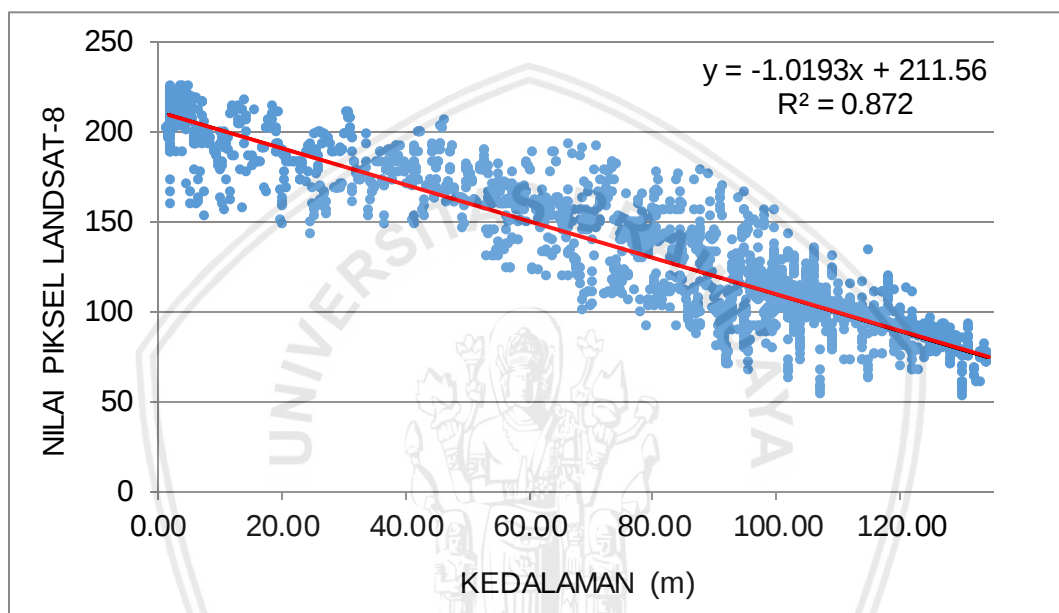
Dari hasil yang didapat bisa dilihat pada Gambar 11. bahwa kedalaman perairan Menjangan dengan pengolahan pemeruman cenderung lebih konsisten dan memiliki kemiripan dengan hasil pengolahan citra satelit. Kontur kedalaman yang dihasilkan juga memiliki bentuk yang cenderung lebih jelas jika dibandingkan dengan pengolahan citra satelit. Hal ini dikarenakan pengolahan citra satelit yang memiliki tahapan pengolahan lebih panjang dan butuh proses pengoreksian yang berulang, sehingga mengakibatkan kemungkinan terjadinya penyimpangan dari data pemeruman di perairan Putri Menjangan.

4.4 Analisis Kemampuan Citra *Landsat-8* dalam Mendeteksi Kedalaman

Hasil pemeruman kedalaman di perairan Pantai Putri Menjangan akan diregresikan dengan nilai kedalaman relatif citra *Landsat-8* yang telah diperoleh menggunakan algoritma VHS. Regresi linier sederhana menganalisis seberapa besar pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya. Regresi linier sederhana menggunakan nilai kedalaman hasil pemeruman sebagai variabel X. Sedangkan variabel Y yakni nilai kedalaman relatif citra (Y1). Regresi linier bertujuan untuk mengetahui hubungan dari nilai kedalaman absolut atau sebenarnya dengan nilai spektral citra satelit hasil pengolahan algoritma VHS. Metode regresi linier menghasilkan nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi. Koefisien determinasi berfungsi untuk mengetahui besarnya hubungan antar variabel. Sedangkan koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel.

Hasil analisa regresi Gambar 12. memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,872 atau 87%. Artinya model yang dihasilkan dari regresi hanya mampu menerangkan keragaman nilai perubah variabel Y sebesar 87%. Berdasarkan Sugiyono (2000), nilai koefisien korelasi sebesar 0,872 memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat, sehingga nilai kedalaman hasil pemeruman

dengan kedalaman relatif citra (Y1) memiliki hubungan yang sangat kuat. Persamaan regresi yang dihasilkan yaitu $y = -1.0193x + 211.56$, dengan koefisien korelasi bernilai negatif. Sedangkan untuk nilai koefisien korelasi (R) yang didapat sebesar -0.933. Hal ini menunjukkan hubungan terbalik antara nilai spektral dari kedalaman relatif hasil pengolahan citra satelit (Y1) dengan nilai kedalaman hasil pemeruman (Z) (Wahyuningrum, *et al.*, 2008).



Gambar 12. Hasil Regresi Linier Kedalaman Keseluruhan

Nilai piksel berasal dari reflektansi atau kemampuan objek yang ada di permukaan bumi untuk memantulkan gelombang cahaya. Nilai piksel yang ada pada perairan dangkal mempunyai nilai tinggi. Sementara itu, nilai piksel yang ada pada perairan lebih dalam cenderung mengalami penurunan. Oleh karena itu, dapat dikatakan nilai piksel berbanding terbalik dengan kedalaman perairan

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, *et al.*, 2013).

Dalam hal ini telah ditunjukkan jika citra satelit Landsat berpotensi untuk mengekstraksi informasi batimetri (Setiawan, *et al.*, 2014). Faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi informasi batimetri menggunakan citra satelit *Landsat* adalah kualitas data citra yang digunakan. Pemetaan batimetri yang bersifat detail atau memerlukan ketelitian yang lebih baik lagi citra Landsat kurang tepat untuk digunakan, karena satu piksel di citra belum tentu menunjukkan kedalaman yang sama di lapangan. Ukuran 30 x 30 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 (Setiawan, *et al.*, 2014).

4.4.1 Galat (*Error*) dan Nilai Residual Kedalaman Absolut (kedalaman sebenarnya) dengan Nilai Algoritma *Van Hengel and Spitzer*

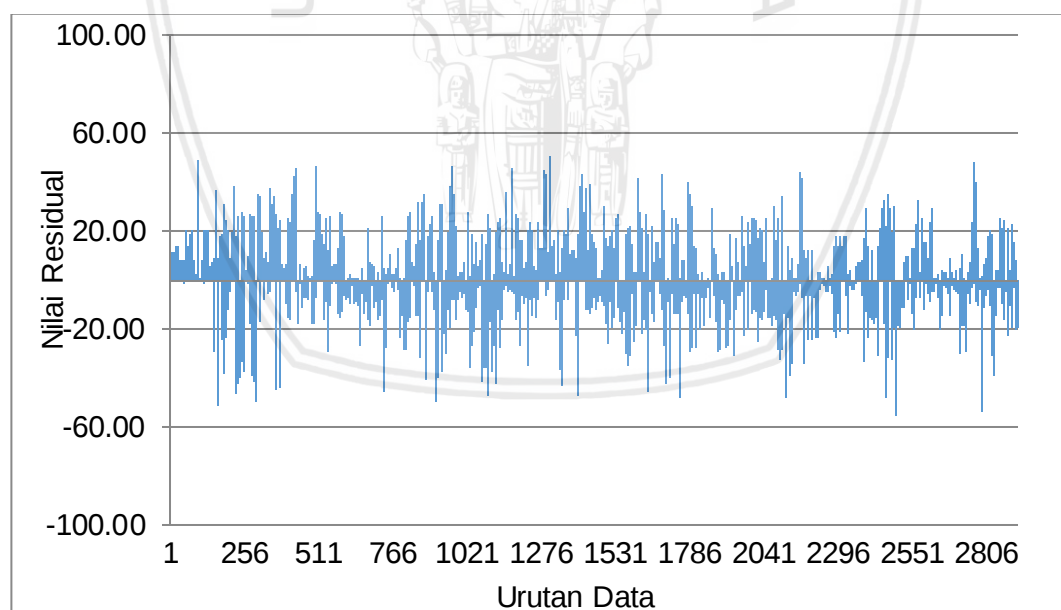
Hasil nilai kedalaman yang didapatkan dari pemeruman menggunakan *echosounder* maupun dengan menggunakan pengindraan jauh akan memiliki galat atau bisa disebut juga *error*. Berdasarkan hasil perhitungan nilai galat pada kedalaman keseluruhan dengan pemeruman dan dengan kedalaman absolut hasil pengolahan Citra *Landsat-8* dengan menggunakan Algoritma *Van Hengel and Spitzer* menghasilkan galat *error* rata-rata sebesar 44.77% dengan nilai akurasi sebesar 55.23%.

Nilai rata-rata galat semakin menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini menunjukkan pada kedalaman perairan yang cenderung dangkal memiliki nilai galat atau *error* yang lebih tinggi jika dibanding dengan

perairan yang lebih dalam. Pada dasarnya kemampuan citra satelit *Landsat-8* terbatas hanya dapat mampu menembus kedalaman perairan sampai dengan 30 m sehingga didapatkan galat *error* yang relatif rendah pada kedalaman tersebut. Pada perairan dangkal kurang dari 5 m cenderung memiliki galat *error* yang tinggi dikarenakan faktor reflektansi dan kekeruhan perairan pada citra satelit *Landsat-8* (Setiawan, *et al.*, 2014).

Pada penelitian yang dilakukan Wahyuningrum, *et al.*, (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%.

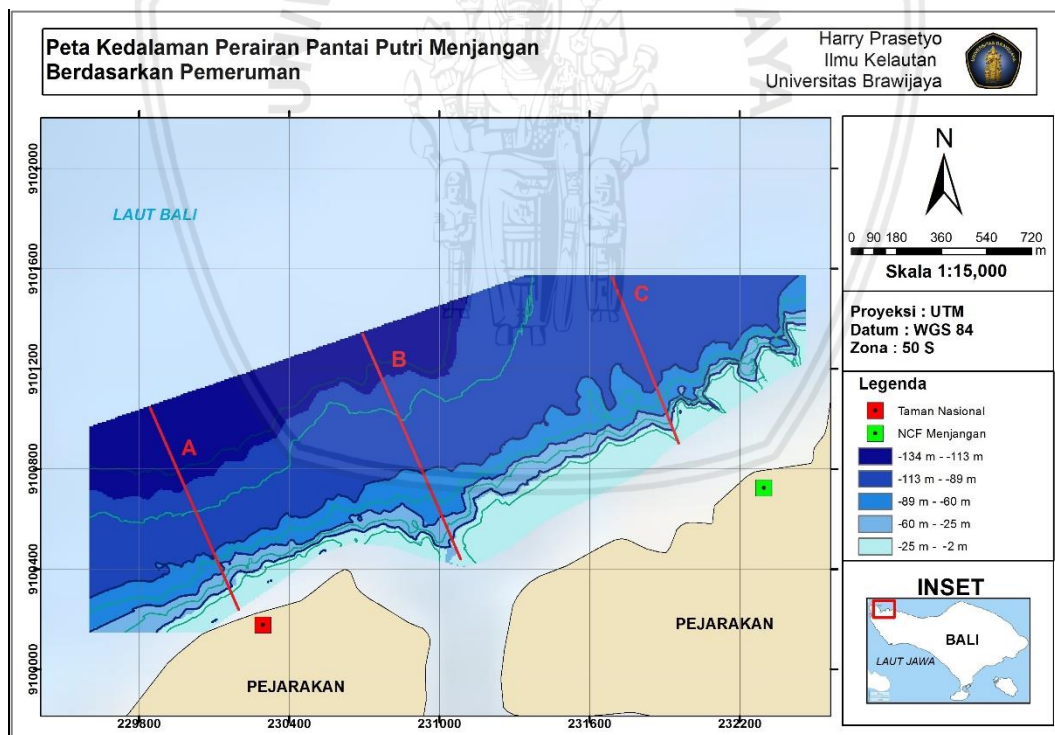
Grafik residual atau selisih antara nilai kedalaman hasil pemeruman dengan nilai kedalaman yang dihasilkan dari pengolahan *Landsat-8* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Residual Hasil Pemeruman dengan Citra Satelit

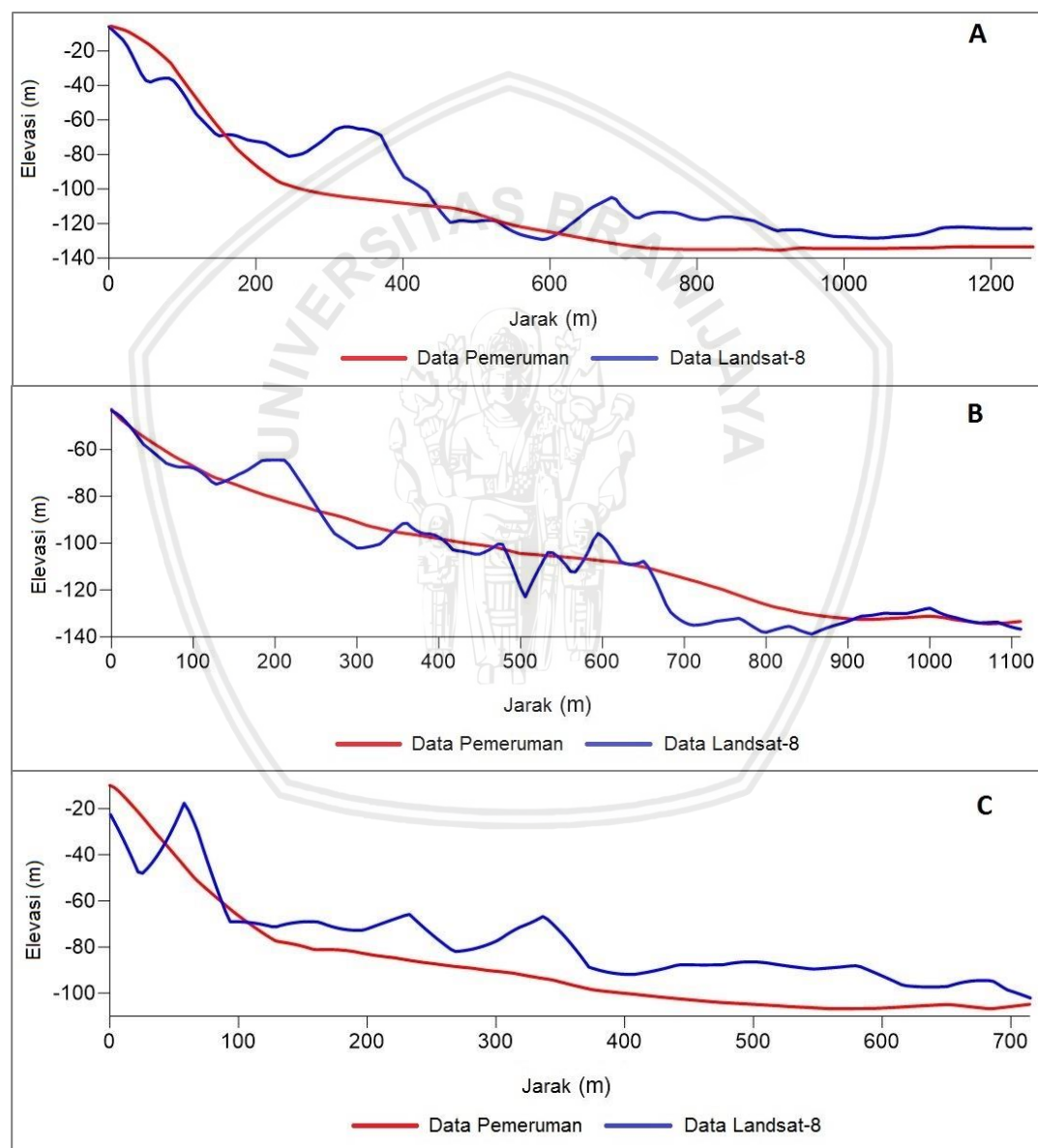
4.4.2 Cross Section Seluruh Data Kedalaman

Profil kedalaman perairan dibuat melintang (*Cross Section*) pada beberapa titik. Hal ini dilakukan untuk melihat bentuk dasar perairan secara vertikal. Pengambilan data *Cross section* dari perairan Menjangan digunakan perangkat lunak *Surfer 14* dengan *tools slice*. Pada proses pembuatan *cross section* perairan Menjangan akan dibagi menjadi 3 wilayah yang tegak lurus dengan pantai. Pembagian 3 wilayah ini dilakukan agar wilayah penelitian dapat terwakili bentuk dasar perairan secara vertikal. Pada wilayah pertama akan ditandai dengan garis A, wilayah ke dua ditandai dengan garis B, dan wilayah ke tiga ditandai dengan garis C. Pembagian wilayah perairan Menjangan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Profile Cross Section Perairan Menjangan

Data kontur hasil pemeruman dan hasil pengolahan citra akan dilakukan tumpang susun (*overlay*) untuk melihat kemiripan pola konturnya. Menurut Setiawan, *et al.*, (2014), tujuan tumpang susun peta adalah untuk mempermudah analisis komponen pemodelan spasial yang menggunakan lebih dari satu kriteria atau multi kriteria. Hasil *cross-section* atau penampakan melintang pada tiap wilayah dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. *Cross Section* Kedalaman Perairan Menjangan

Grafik hasil tumpang susun (*overlay*) pada Gambar 15. menunjukkan bahwa kontur pemeruman dengan hasil pengolahan citra satelit memiliki kemiripan. Jika dilihat dari kelas kedalaman yang dihasilkan, kedua hasil tersebut memiliki kemiripan dengan ditunjukkan melalui pola kontur kedalaman yang curam pada tiga titik pengambilan sampel penampakan melintang (*cross section*). Hal ini dikarenakan nilai Koefisien Korelasi (R) dari hasil pengolahan citra satelit *Landsat-8* memiliki nilai sebesar 0,87 atau 87% sehingga hubungan antara hasil pemeruman dan pengolahan citra dapat dikatakan kuat.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dan dibahas di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan yang didapatkan melalui pengolahan data citra satelit *Landsat-8* yaitu sebesar -3 sampai -140 meter.
2. Kedalaman perairan Pantai Putri Menjangan yang didapatkan melalui pemeruman lapang yaitu sebesar -2 sampai -135 meter.
3. Informasi batimetri perairan yang diekstraksi dari citra satelit *Landsat-8* menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.872 dan koefisien korelasi (R) sebesar -0.933 pada perairan Pantai Putri Menjangan, Bali. Sedangkan untuk nilai rata-rata galat atau *error* sebesar 44.77%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian sejenis berikutnya yakni perlu dicobanya penggunaan algoritma lain dan pemeruman pada wilayah perairan dengan kedalaman 5 sampai 30 meter untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan citra satelit *Landsat-8*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, S.B., Siregar, V.P., Bengen, D.G., Hanggono, A., 2017. Profil Batimetri Habitat Pemijahan Ikan Terumbu Hasil Integrasi Data Inderaja Satelit Dan Akustik: Studi Kasus Perairan Sekitar Pulau Panggang, Kepulauan Seribu. J. Teknol. Perikan. Dan Kelaut. 3, 45–61.3.45-61
- Arief, M., Hastuti, M., Asriningrum, W., Parwati, E., Budiman, S., Prayogo, T., Hamzah, R., 2013. Pengembangan Metode Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Satelit Spot-4 Studi Kasus: Teluk Ratai, Kabupaten Pesawaran (Methode Development For Shallow Water Depth Bathymetric Estimation Using Spot-4 Satellite Data, A Case Study: Ratai Bay, Pesawaran District) 10, 14.
- Bobsaid, M.W., Jaelani, L.M., 2017. Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Dan Sentinel-2a (Studi Kasus : Perairan Pulau Poteran Dan Gili Iyang, Madura). J. Tek. Its 6.
- Buana, Y., Sugiyanta, I.G., N.D. Perubahan Luas Mangrove Tahun 1994-2014 Melalui Citra Landsat Di Kecamatan Padang Cermin 14.
- Febrianto, T., Hestirianoto, T., Agus, S.B., 2016. Pemetaan Batimetri Di Perairan Dangkal Pulau Tunda, Serang, Banten Menggunakan Singlebeam Echosounder. J. Teknol. Perikan. Dan Kelaut. 6, 139–147.
- 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.
- Garmin, 2019. . Marine Products. www.garmin.com/marine (diakses pada 10 April 2019).
- Hakimah, M., Muhima, R.R., Yustina, A., 2015. Rancang Bangun Aplikasi Peramalan Persediaan Barang Dengan Metode Trend Projection 5, 12.

- Hariato, K., Takwir, A., 2018. Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Algoritma Jupp Pada Citra Spot-7 Di Perairan Tanjung Tiram. . Vol. 4, 12.
- Hidayat, A., Sudarsono, B., Sasmito, B., 2014. Jurnal Geodesi Undip Januari 2014 3, 13.
- Jagalingam, P., Akshaya, B.J., Hegde, A.V., 2015. Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery. Procedia Eng. 116, 560–566.
- Kautsar, M.A., Sasmito, B., 2013. Jurnal Geodesi Undip Oktober 2013 2, 18.
- Korto, J., Jasin, M.I., Mamoto, J.D., 2015. Analisis Pasang Surut Di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim Dengan Metode Admiralty 12.
- Kusmanto, E., Muhammad, H., Setyawan, W.B., 2015. Amplifikasi Pasang Surut Dan Dampaknya Terhadap Perairan Pesisir Probolinggo.
- Maulana, Wijaya, 2015. Analisis Pengaruh Total Suspended Solid Dalam Penentuan Kedalaman Laut Dangkal Dengan Metode Algoritma Vhs. Tek. Geod. Undip 4.
- Pramono, G.H., 2008. Akurasi Metode Idw Dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Maros, Sulawesi Selatan. Forum Geogr. 22, 145.
- Priyana, 1994. Studi Pola Arus Pasang Surut Di Teluk Labuhantereng Lombok Nusa Tenggara Barat.
- Rokhmana, C.A., 2012. Potensi Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dengan Wahana Udara Nir-Awak Di Industri Tambang Dan Migas 6.
- Rumada, I.W., Kesumadewi, A.A.I., Suyarto, R., 2015. Interpretasi Citra Satelit Landsat 8 Untuk Identifikasi Kerusakan Hutan Mangrove Di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali 4, 10.
- Sasongko, D., Fadilah, Supirin, 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut Dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty.
- Satriadi, A., 2012. Studi Batimetri Dan Jenis Sedimen Dasar Laut Di Perairan Marina, Semarang, Jawa Tengah. . Vol. 1, 10.

- Setiawan, K.T., Osawa, T., Nuarsa, I.W., 2014. Aplikasi Algoritma Van Hengel Dan Spitzer Untuk Ekstraksi Informasi Batimetri Menggunakan Data Landsat 9.
- Subarno, T., Siregar, V.P., Agus, S.B., 2015. Evaluasi Citra Worldview-2 Untuk Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Pulau Kelapa-Harapan Menggunakan Algoritma Rasio Band. Geoplaning J. Geomat. Plan. 2.
- Sugiyono, 2000. Statistika Untuk Penelitian. Bandung. Alfabeta
- Suyarso, Ongkosongo, 1989. Pasang Surut. Pus. Penelit. Dan Pengemb. Oseanologi Lipi.
- Syah, A.F., 2010. Dosen Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo.
- USGS, 2019. Landsat Standart Data Product. www.usgs.com/products (diakses 22 April 2019).
- Wahyuningrum, P.I., Jaya, I., Simbolon, D., 2008. Algorithm To Estimate Shallow Water Depth By Using Landsat-7 Etm+ Data (Case Study: Pari Island, Seribu Islands, Jakarta) 8.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Data Penelitian

Data Pengamatan Pasang Surut Pada Tanggal 27 Maret 2019

Jam	Prediksi (m)	Pengamatan (m)
0:00:00	0.80	-
1:00:00	0.90	-
2:00:00	1.00	-
3:00:00	1.00	-
4:00:00	1.10	-
5:00:00	1.10	-
6:00:00	1.10	-
7:00:00	1.10	-
8:00:00	1.10	-
9:00:00	1.20	-
10:00:00	1.30	1.28
11:00:00	1.40	1.34
12:00:00	1.50	1.45
13:00:00	1.50	1.51
14:00:00	1.60	1.53
15:00:00	1.50	1.5
16:00:00	1.40	1.38
17:00:00	1.30	1.29
18:00:00	1.10	1.17
19:00:00	0.90	1.1
20:00:00	0.80	-
21:00:00	0.70	-
22:00:00	0.60	-
23:00:00	0.60	-

Data Prediksi Pasang Surut Badan Informasi Geospasial (BIG) Bulan Maret 2019

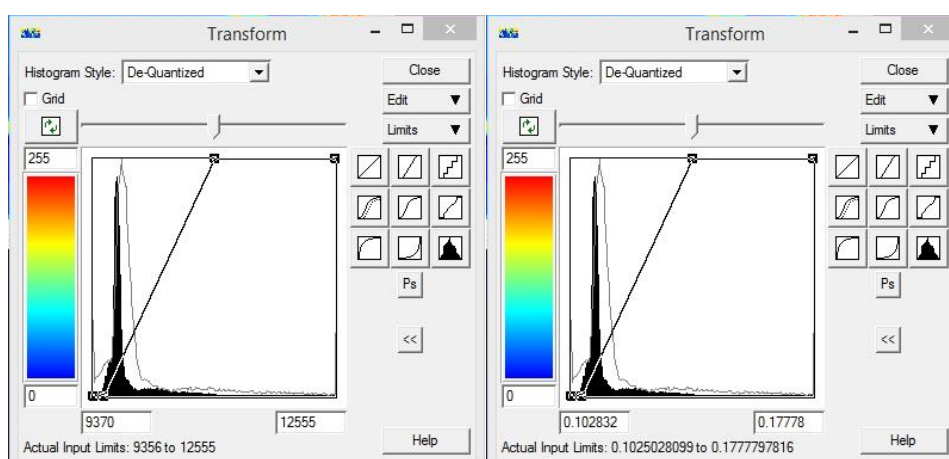
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1/3/2019	0.70	0.60	0.50	0.60	0.60	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.20	0.90
2/3/2019	0.70	0.60	0.50	0.50	0.50	0.60	0.80	0.90	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.60	1.60	1.50	1.30	1.10
3/3/2019	0.90	0.60	0.50	0.40	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10	1.20	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.60	1.40	1.30
4/3/2019	1.00	0.80	0.60	0.40	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.20	1.30	1.30	1.30	1.20	1.10	1.10	1.10	1.20	1.30	1.50	1.60	1.60	1.50	1.40
5/3/2019	1.20	0.90	0.70	0.50	0.40	0.40	0.60	0.70	1.00	1.20	1.30	1.30	1.30	1.20	1.10	1.10	1.10	1.10	1.20	1.40	1.50	1.60	1.60	1.50
6/3/2019	1.30	1.00	0.80	0.60	0.40	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.40	1.30	1.30	1.10	1.00	1.00	1.00	1.10	1.30	1.40	1.60	1.60	1.60
7/3/2019	1.40	1.20	0.90	0.70	0.50	0.50	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.40	1.40	1.30	1.20	1.00	0.90	0.90	1.00	1.10	1.30	1.50	1.60	1.60
8/3/2019	1.50	1.30	1.00	0.80	0.60	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40	1.20	1.10	0.90	0.90	0.90	1.00	1.20	1.30	1.50	1.50
9/3/2019	1.50	1.40	1.20	0.90	0.70	0.60	0.60	0.70	0.90	1.10	1.30	1.40	1.50	1.40	1.30	1.10	1.00	0.80	0.80	0.90	1.00	1.10	1.30	1.40
10/3/2019	1.50	1.40	1.20	1.00	0.90	0.70	0.70	0.70	0.90	1.00	1.30	1.40	1.50	1.50	1.40	1.20	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	1.00	1.10	1.30
11/3/2019	1.40	1.40	1.30	1.10	1.00	0.80	0.80	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40	1.50	1.50	1.50	1.30	1.10	1.00	0.80	0.70	0.70	0.80	0.90	1.10
12/3/2019	1.20	1.20	1.20	1.20	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	1.00	1.20	1.40	1.50	1.60	1.50	1.50	1.30	1.10	0.90	0.80	0.70	0.70	0.80	0.90
13/3/2019	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.50	1.40	1.30	1.10	0.90	0.80	0.70	0.70	0.70
14/3/2019	0.80	0.80	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60	1.50	1.50	1.30	1.10	0.90	0.80	0.70	0.60
15/3/2019	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.10	1.10	1.20	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60	1.60	1.50	1.40	1.20	1.00	0.80	0.60
16/3/2019	0.50	0.50	0.50	0.60	0.70	0.90	1.00	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.60	1.60	1.60	1.40	1.20	1.00	0.80
17/3/2019	0.60	0.40	0.40	0.40	0.60	0.70	0.90	1.10	1.20	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.60	1.50	1.30	1.00
18/3/2019	0.70	0.50	0.40	0.30	0.40	0.50	0.80	1.00	1.20	1.30	1.30	1.30	1.20	1.10	1.10	1.10	1.20	1.30	1.50	1.70	1.70	1.70	1.50	1.30
19/3/2019	1.00	0.70	0.40	0.30	0.30	0.50	0.70	0.90	1.20	1.40	1.40	1.40	1.20	1.10	1.00	0.90	1.00	1.10	1.30	1.50	1.70	1.80	1.70	1.50
20/3/2019	1.20	0.90	0.60	0.40	0.40	0.40	0.60	0.90	1.10	1.30	1.50	1.40	1.30	1.20	1.00	0.80	0.80	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.80	1.70
21/3/2019	1.50	1.20	0.90	0.60	0.50	0.40	0.60	0.80	1.10	1.30	1.50	1.50	1.40	1.30	1.00	0.80	0.70	0.70	0.80	1.00	1.30	1.50	1.70	1.70
22/3/2019	1.60	1.40	1.10	0.80	0.60	0.50	0.60	0.80	1.00	1.30	1.50	1.60	1.50	1.40	1.20	0.90	0.70	0.60	0.70	0.80	1.00	1.30	1.50	1.60
23/3/2019	1.60	1.50	1.30	1.00	0.80	0.70	0.70	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.60	1.50	1.30	1.10	0.80	0.70	0.60	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40
24/3/2019	1.50	1.50	1.30	1.10	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.60	1.60	1.40	1.20	1.00	0.80	0.60	0.60	0.60	0.80	1.00	1.10
25/3/2019	1.30	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.90	1.00	1.20	1.30	1.50	1.60	1.60	1.50	1.40	1.20	0.90	0.70	0.70	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90
26/3/2019	1.00	1.10	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.30	1.40	1.50	1.60	1.60	1.50	1.30	1.10	0.90	0.80	0.70	0.60	0.70	0.70
27/3/2019	0.80	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60	1.50	1.40	1.30	1.10	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60
28/3/2019	0.70	0.70	0.80	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.20	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50	1.40	1.40	1.20	1.10	1.00	0.80	0.70	0.60
29/3/2019	0.60	0.60	0.70	0.70	0.90	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.30	1.30	1.10	1.00	0.80	0.70
30/3/2019	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.30	1.10	1.00	0.80
31/3/2019	0.60	0.60	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.10	1.20	1.30	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.30	1.10	1.00

Data Perbandingan Kedalaman Hasil Pemeruman dengan Nilai Piksel Citra

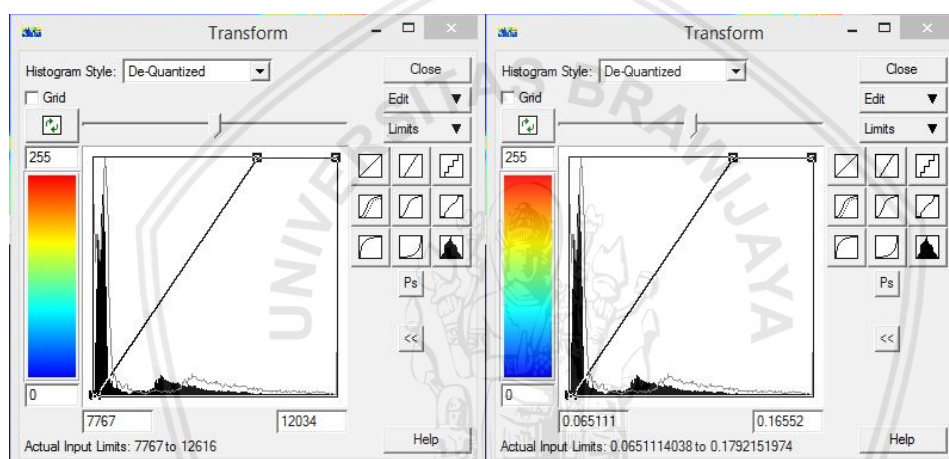
Landsat-8

X	Y1	X	Y1	X	Y1
-3.22	209	-22.32	184	-3.43	204
-3.12	211	-21.72	188	-3.33	216
-3.22	209	-20.72	189	-3.23	216
-3.32	211	-22.22	189	-3.23	216
-3.32	211	-19.62	188	-3.23	210
-3.32	211	-20.43	189	-3.43	216
-3.32	211	-18.93	180	-3.43	213
-3.42	215	-19.33	180	-3.43	204
-3.32	211	-21.53	180	-3.43	214
-3.42	215	-20.73	180	-3.53	216
-3.32	211	-20.23	180	-3.63	215
-3.32	211	-20.73	180	-3.53	209
-3.42	215	-18.53	180	-3.53	208
-3.32	211	-14.73	188	-3.43	217
-3.52	215	-13.73	188	-3.43	214
-3.52	215	-10.73	190	-3.43	211
-3.42	215	-7.83	198	-3.43	209
-3.42	215	-8.83	198	-3.43	210
-3.52	215	-11.63	190	-3.33	206
-3.72	211	-7.63	198	-2.83	210
-3.62	215	-11.73	190	-2.93	213
-3.92	215	-13.23	188	-3.13	215
-4.42	215	-15.13	211	-3.53	208
-5.22	200	-20.03	215	-3.63	203
-5.92	198	-16.03	208	-3.73	215
-9.62	198	-13.23	203	-3.73	209
-16.92	180	-10.63	202	-4.03	213
-19.02	177	-8.73	215	-5.23	205
-25.92	170	-7.23	207	-6.93	215
-38.92	170	-6.63	210	-11.43	223
-52.62	164	-5.73	211	-14.93	204
-58.72	164	-5.03	211	-18.43	198
-59.62	153	-4.83	216	-23.53	165
-60.12	89	-3.83	211	-30.03	156
-59.72	110	-3.93	215	-34.43	154
-59.12	117	-4.03	215	-38.23	152
-58.02	150	-3.83	211	-39.83	190
-56.42	190	-3.73	221	-41.23	148
-53.72	80	-3.83	204	-44.63	148
-51.22	150	-3.93	208	-49.23	148
-47.42	168	-3.73	204	-56.73	144
-44.22	168	-3.53	217	-64.73	140
-38.92	171	-3.73	218	-74.03	80
-30.82	171	-3.63	202	-80.03	98
-27.52	140	-3.53	215	-83.23	98
-28.22	138	-3.53	215	-86.33	98
-26.82	188	-3.53	207	-88.63	98
-26.82	188	-3.53	205	-90.73	92
-26.62	188	-3.63	214	-92.23	92
-24.92	184	-3.53	203	-93.33	91
-24.42	184	-3.43	205	-94.43	91

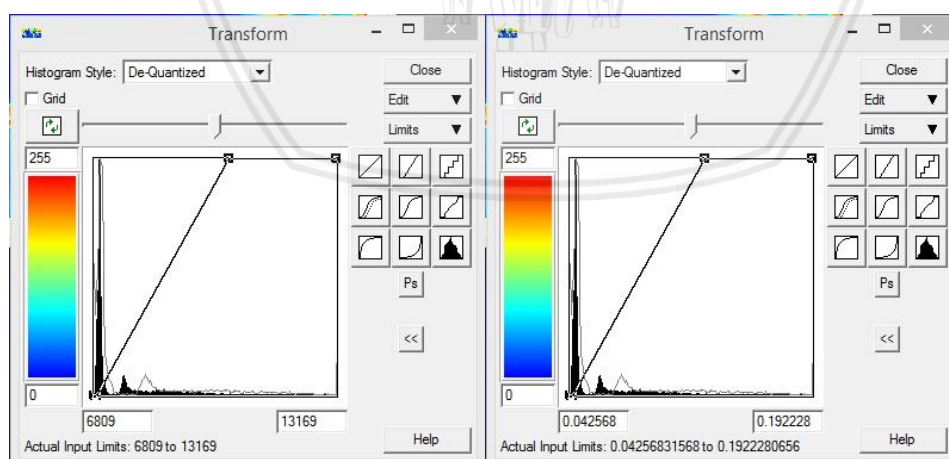
Lampiran 2. Histogram Radiometrik Sebelum dan Sesudah Dikoreksi



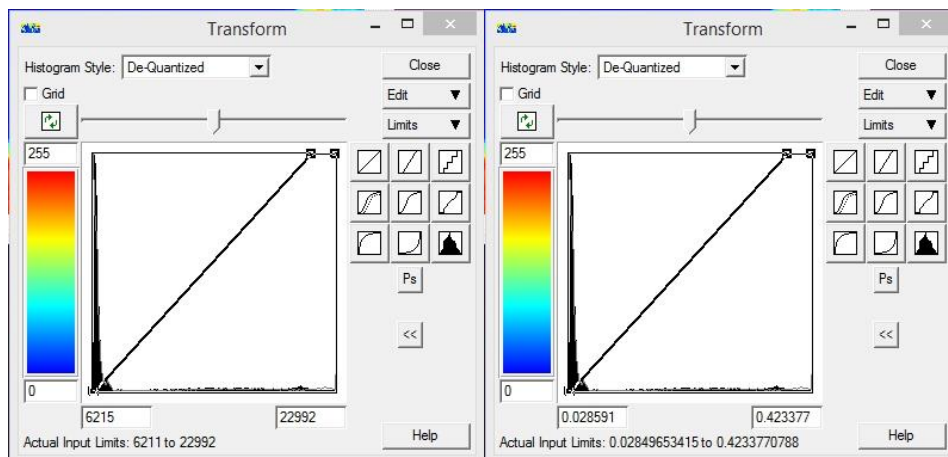
Band 2



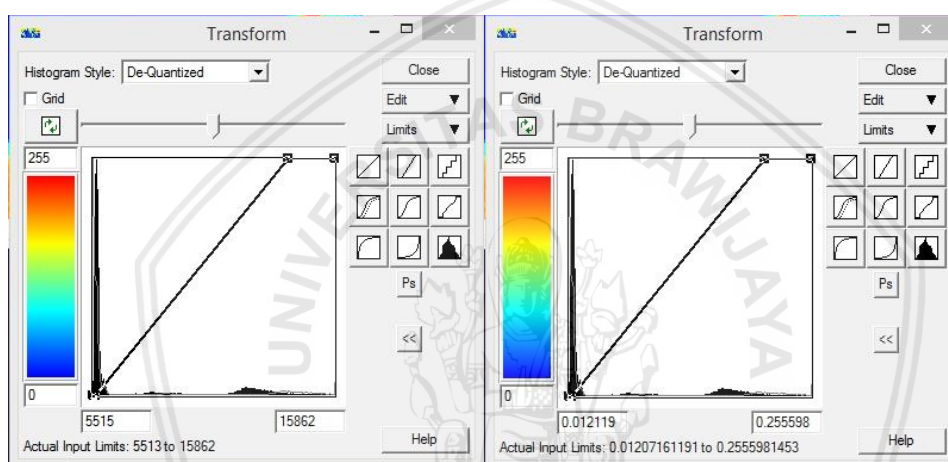
Band 3



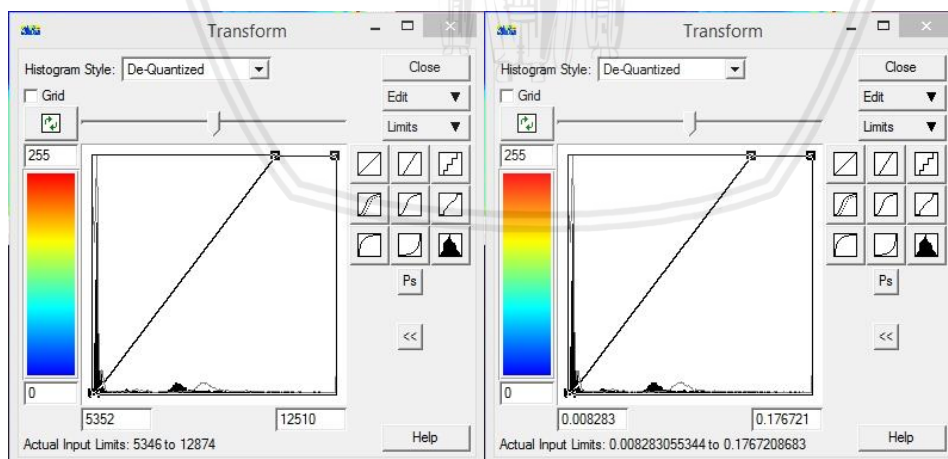
Band 4



Band 5



Band 6



Band 7

Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Lapang



Persiapan Jalur Pemeruman



Persiapan Pemasangan Alat



Pemasangan GPS



Konfigurasi Alat



Proses Pemeruman



Suasana Sekitar Perairan Menjangan