

ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT-8 UNTUK PEMETAAN
BATIMETRI DI PERAIRAN BULU, TUBAN, JAWA TIMUR

SKRIPSI

Oleh:

ABDULLAH AMMAR
NIM. 145080600111028



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 PEMETAAN
BATIMETRI DI PERAIRAN BULU, TUBAN, JAWA TIMUR

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan

di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh:

ABDULLAH AMMAR
NIM. 145080600111028



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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI



SKRIPSI

**ANALISI KEMAMPUAN CITRA SATELIT LANDSAT-8 UNTUK PEMETAAN
BATIMETRI DI PERAIRAN BULU, TUBAN, JAWA TIMUR**

Oleh :

ABDULLAH AMMAR
NIM. 145080600111028

telah dipertahankan di depan
penguji pada tanggal 27 Juni 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I



M. A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc
NIP. 19801005 200501 1 002

Tanggal: 18 JUL 2019

Dosen Pembimbing II



Andik Isdianto, S.T., M.T.
NIP. 2013098209281001

Tanggal: 18 JUL 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan PSPK



Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi. MT
NIP. 19780717200 502 1 004

Tanggal: 18 JUL 2019

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis Menyampaikan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat dan Hidayah-Nya kepada penulis
2. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, nasihat, motivasi, kasih sayang, dan do'a kepada penulis
3. Bapak M. A Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc. selaku dosen pembimbing 1 dan Andik Isdianto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 yang senantiasa dengan sabar memberikan bimbingan sehingga pelaksanaan dan pengerjaan Skripsi ini dapat terlaksana dengan baik
4. Tim Sukses #SyawalKelar 2019: Zayn, Zahra, Afifah, Parvez, Thifa, Wahid, Shofi, Firma, dll yang sudah 'mendorong' saya segera selesai.
5. Playlist Music Indie Lokal, Dailyvee Selects, dll; Podcast Thirty Days Of Lunch di Spotify kesayangan yang selalu menemani saya saat menyelesaikan tugas akhir ini dan mengembalikan mood saat mulai pusing
6. Dan seluruh teman-teman KRAKEN (Ilmu Kelautan 2014) selaku keluarga baru penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya, Malang yang memberikan support, informasi, keceriaan, dan motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.



RINGKASAN

Abdullah Ammar. Analisis Kemampuan Citra Satelit Landsat-8 Untuk Pemetaan Batimetri Di Perairan Bulu, Tuban, Jawa Timur. (Dibawah bimbingan M. A Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc dan Andik Isdianto, S.T, M.T).

Pemetaan batimetri di perairan dangkal mempunyai peranan penting untuk kegiatan perikanan dan kelautan, salah satunya adalah jalur pelayaran dan keselamatan kapal di pelabuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kedalaman Perairan Bulu, Tuban menggunakan kemampuan citra satelit Landsat-8 dengan Algoritma *Van Hangel & Spitzer* di Lokasi penelitian ini berada di Perairan Bulu, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur. Hasil penelitian tersebut melalui pemeruman lapang didapatkan hasil antara 1 sampai 11 meter, kemudian kedalaman relatif dengan analisis citra satelit Landsat 8 memiliki kisaran antara 1 sampai 255 meter. Informasi batimetri perairan didapatkan hasil nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2393 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,4769. Kemudian kedalaman Perairan Bulu menghasilkan nilai rata-rata galat yakni sebesar 47.69%. Hubungan antara data lapang dan citra satelit menunjukkan hubungan korelasi yang cukup antara keduanya, sehingga Citra Satelit Landsat-8 dapat mengestimasi kedalaman Perairan Bulu, Tuban, Jawa Timur bisa diperkirakan.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan hidayah-Nya sehingga Skripsi Analisis Kemampuan Citra Satelit Landsat-8 Untuk Pemetaan Batimetri Di Perairan Bulu, Tuban, Jawa Timur ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Laporan Penelitian ini merupakan suatu hal wajib bagi seluruh Mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan. Hal ini dilakukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Laporan Penelitian ini dibuat sebagai laporan tertulis dan menjelaskan hasil dari pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan di Di Perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur. Dalam pelaksanaannya diharapkan pembaca dapat memperoleh pengetahuan baru dan penelitian ini dapat dilanjutkan oleh peneliti lain.

Dalam penyusunan Laporan Penelitian ini kami menyadari bahwa masih banyak kekurangannya. Sehingga kami sangat mengharapkan adanya pemikiran dari para pembaca, baik itu berupa saran atau kritik yang sifatnya membangun untuk dapat menyempurnakan Laporan Penelitian seperti ini di waktu berikutnya. Kami sangat berharap Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kami khususnya dan mahasiswa Ilmu Kelautan pada umumnya demi peningkatan kemampuan kita di bidang ini.

Malang, 30 Juni 2019
Penulis,

Abdullah Ammar
NIM. 145080600111028

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.1. Tujuan.....	3
1.2. Manfaat.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Batimetri.....	4
2.2 Penginderaan Jauh	4
2.3 Pemanfaatan Citra Satelit untuk Pemetaan Kedalaman	5
2.4 Pengukuran Kedalaman Laut dengan <i>Echosounder</i>	7
2.5 Pasang Surut.....	8
2.6 Citra Satelit Landsat-8.....	9
3. METODE PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Lokasi Penelitian.....	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.2.2 Bahan Penelitian.....	13
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	13
3.4 Perolehan Data Kedalaman	15
3.5 Perolehan Data Sekunder.....	17
3.5.1 Pengolahan Data Pasang Surut.....	17
3.5.2 Pengolahan Data Citra Satelit Landsat-8.....	18
3.6 Perbandingan Satelit Landsat-8 dan Data <i>Sounding</i>	22
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	24
4.2 Hasil Pengolahan Data Kedalaman Menggunakan Citra Landsat-8.....	25
4.2.1 Hasil Koreksi Radiometrik	25
4.2.2 Pemisahan Obyek Laut dan Darat (Masking).....	26
4.2.3 Transformasi Algoritma <i>Van Hengel & Spitzer</i>	27
4.2.4 Peta Batimetri 2D dan 3D Citra Landsat-8.....	28
	viii

4.3 Hasil Pengolahan Data Kedalaman Menggunakan <i>Echosounder</i>	30
4.3.1 Data Pasang Surut	30
4.3.2 Hasil Data Kedalaman <i>Echosounder</i>	32
4.3.3 Peta Batimetri Hasil <i>Sounding</i>	34
4.4 Perbandingan Data Citra Landsat-8 dan Data <i>Echosounder</i>	35
4.4.1 Hasil Perbandingan Citra Satelit Landsat-8 dan Data <i>Echosounder</i> ..	35
6.4.2 Galat (<i>Error</i>) dan Nilai Residual Kedalaman Absolut (kedalaman sebenarnya) dengan Nilai Algoritma <i>Van Hengel & Spitzer</i>	38
5. Kesimpulan	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. (a) Penampakan tempat dan (b) Kegiatan bongkar muat ikan PPI di Perairan Bulu, Tuban	25
Gambar 2. (a) Histogram dan Citra Band 2 Sebelum Dikoreksi,	26
Gambar 3. (a) Citra satelit sebelum dilakukan Masking, (b) Citra satelit sesudah dilakukan Masking.....	27
Gambar 4. Peta Batimetri 2D Citra Satelit Landsat.....	28
Gambar 5. Peta 3D Citra Landsat-8	29
Gambar 6. Grafik Pasang Surut Perairan Bulu,Tuban.....	30
Gambar 7. Peta\ Hasil Jalur Pemeruman.....	33
Gambar 8. Peta Batimetri 3D Pemeruman Perairan Bulu, Kab. Tuban	35
Gambar 9. Regresi Linier Kedalaman Perairan Bulu	37
Gambar 10. Grafik Residual Kedalaman Perairan Bulu.....	40



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Spesifikasi band Landsat- 8	10
--	----



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batimetri merupakan istilah ilmu akustik yang dapat diartikan sebagai bidang yang mempelajari tentang pengukuran serta pemetaan bentuk rupa atau topografi dasar laut. Peta batimetri memiliki banyak manfaat dibidang kelautan diantaranya adalah penentuan jalur pelayaran, perencanaan bangunan pesisir, pendektasian adanya potensi bencana alam dan pertambangan lepas laut. Pemetaan batimetri di perairan dangkal mempunyai peranan penting untuk kegiatan perikanan dan kelautan, salah satunya adalah pembangunan dermaga kapal, keselamatan pelayaran dan pemasangan maupun pemeliharaan kabel atau pipa dibawah laut. Tinggi rendahnya kontur laut merupakan informasi yang diberikan dalam pengukuran batimetri di daerah tersebut. Profil kontur laut sangat penting sebagai sumber informasi untuk survei maupun mengetahui keadaan suatu perairan tertentu. Teknik pengambilan data batimetri secara umum diperoleh dengan menggunakan alat survei akustik yaitu *Echosounder* (Purnawan, 2006).

Perkembangan teknologi mendorong manusia menciptakan metode baru dalam melakukan pemetaan batimetri, yaitu dengan teknologi penginderaan jauh melalui citra satelit. Teknologi penginderaan jauh dianggap sebagai salah satu cara yang efektif dan efisien dalam memetakan bermacam-macam potensi sumberdaya dalam skala spasial yang luas, khususnya wilayah laut. Satelit mampu merekam data pada berbagai objek dan wilayah pada permukaan bumi secara temporal dalam jangka waktu yang lama (Wahyuningrum *et al.*, 2008). Citra Satelit mempunyai keunggulan dibandingkan dengan metode pengukuran batimetri secara konvensional, yaitu waktu yang lebih cepat serta biaya yang

dibutuhkan lebih murah. Pemetaan batimetri sangat dibutuhkan khususnya pada daerah yang memiliki perairan dangkal karena berperan sebagai peta dasar rujukan informasi perdaratan kapal di Perairan Bulu. Perairan Bulu yang terletak di Kecamatan Bancar, Kabupaten Tuban berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Di daerah tersebut terdapat Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Bulu yang berada di jalan raya pantura, karena letaknya yang sangat strategis membuat pelabuhan ini sangat ramai oleh kegiatan produksi, pemasaran, pengelolaan hasil perikanan (KKP, 2018). Sehingga dibutuhkan peta kedalaman perairan dangkal untuk memberikan informasi kedalaman untuk mendukung keberlangsungan kegiatan di Perairan Bulu, Kabupaten Tuban, Jawa Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Pada umumnya informasi mengenai kedalaman hanya dilakukan untuk daerah yang mampu dilalui oleh kapal diperairan dalam, sedangkan untuk perairan dangkal tidak dilakukan pengukuran. Selain itu, berkembangnya teknologi yang semakin maju penginderaan jauh memberikan peluang untuk mendapatkan informasi batimetri, salah satunya adalah dengan menggunakan perekaman citra satelit. Namun, belum banyak peneliti yang memilih melakukan penelitian dengan menggunakan alat akustik. Hal ini disebabkan oleh minimnya pengetahuan akan pemetaan batimetri bisa dijadikan acuan dalam menentukan kedalaman kedalaman perairan dangkal. Perairan dangkal menjadi landasan dilakukan penelitian ini dengan mengetahui kemampuan citra satelit multispektral Landsat- 8 dalam memetakan kedalaman dan mengetahui ketelitian batimetri pada perairan dangkal menggunakan Citra Landsat- 8 terhadap data kedalaman *in situ*. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pemanfaatan Citra Satelit Landsat-8 dan pengukuran *in situ* dengan *Echosounder* untuk pemetaan batimetri di Perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur.
2. Bagaimana perbandingan Citra Satelit Landsat-8 pengukuran *in situ* dengan *Echosounder* untuk pemetaan batimetri di Perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur.

1.1. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kedalaman perairan dengan Citra Satelit Landsat-8 dan pengukuran *in situ* dengan *Echosounder* di Perairan Bulu, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur.
2. Mengetahui kemampuan Citra Satelit Landsat-8 dalam memetakan kedalaman perairan
3. Mengetahui nilai galat (*error*) algoritma kedalaman Citra Satelit Landsat-8 yang dihasilkan terhadap data lapang .

1.2. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai sumber informasi mengenai kedalaman perairan di perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur. Selain itu, hasil dari penelitian juga ini dapat dijadikan acuan untuk mengetahui informasi kedalaman perairan secara efisien dan efektif sehingga dapat menghemat tenaga, waktu dan biaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batimetri

Batimetri merupakan ilmu yang mempelajari tentang pengukuran dan pemetaan dasar perairan. Pengukuran kedalaman dilakukan dari atas permukaan hingga dasar perairan yang akan memberikan informasi mengenai kedalaman perairan (Setiawan *et al.*, 2014). Salah satu pemanfaatan peta batimetri dalam bidang kelautan adalah untuk penentuan alur pelayaran dan perencanaan bangunan pantai. Peta batimetri dapat menunjukkan relief dasar dengan garis-garis berupa kontur kedalaman, sehingga peta batimetri dapat memberikan informasi yang mudah dipahami (Soeprbowati, 2012). Tinggi rendahnya kontur laut merupakan informasi yang diberikan dalam pengukuran batimetri di daerah tersebut. Profil kontur laut sangat penting sebagai sumber informasi untuk survey maupun mengetahui keadaan suatu perairan tertentu (Purnawan, 2006). Pengukuran kedalaman menghasilkan titik-titik yang berada pada lajur-lajur khusus yang disebut sebagai lajur perum (*sounding line*). Jarak antar titik-titik pada suatu lajur pemeruman setidaknya sama dengan atau lebih rapat dari interval lajur perum. Pengukuran kedalaman dilakukan pada titik-titik yang dipilih untuk mewakili keseluruhan wilayah perairan yang akan dikaji. Titik-titik tersebut juga akan dilakukan pengukuran untuk penentuan posisi yang tepat. Titik-titik tempat dilakukannya pengukuran untuk penentuan posisi dan kedalaman disebut dengan titik fiks perum (Lillesand *et al.*, 2007).

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh berasal dari dua kata dasar indera dan jauh. Indera adalah melihat, sedangkan jauh dalam hal ini adalah jarak jauh. penginderaan ini menggunakan berbagai alat yang digunakan pengkajian objek yang dilakuan

pada permukaan bumi. Penginderaan jauh merupakan suatu sistem yang digunakan untuk merekam data mengenai permukaan dasar bumi berdasarkan pengukuran yang dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan sistem satelit. Dalam kegiatan memperolehnya, penginderaan jauh menggunakan alat yang dapat berkontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang akan dikaji. Alat yang digunakan dalam penginderaan jauh merupakan alat berupa satelit. Satelit tersebut melakukan penginderaan dari atas daerah atau fenomena yang terjadi (Lillesand *et al.*, 2007).

Teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan sistem satelit mampu menyediakan data berupa citra penginderaan jauh yang mempunyai resolusi spasial (ukuran piksel), resolusi spektral (panjang gelombang) dan resolusi temporal yang cukup tinggi. Teknologi penginderaan jarak jauh tentu saja sangat membantu pelaksanaan aplikasi citra penginderaan jauh dalam hal pengukuran, pemetaan, pemantauan dan pemodelan dengan lebih efisien dibandingkan pemetaan secara konvensional (Setyawan *et al.*, 2015).

2.3 Pemanfaatan Citra Satelit untuk Pemetaan Kedalaman

Pemanfaatan data penginderaan jauh telah banyak dilakukan di sektor perikanan dan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan. Pemanfaatan aplikasi penginderaan jauh diantaranya untuk mengetahui kesesuaian lahan perairan dalam usaha budi daya laut dan pariwisata bahari, informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI), identifikasi potensi wilayah pesisir (seperti: hutan bakau, terumbu karang, padang lamun dan pasir), zonasi kawasan konservasi laut, analisa potensi ekonomi wilayah pesisir pulau-pulau kecil, pengamatan, perubahan garis pantai, analisa pencemaran lingkungan perairan dan lain sebagainya (Syah, 2010).

Pemanfaatan citra satelit dalam pemetaan perairan akan memanfaatkan

gelombang tampak (400-750 *nm*) yang terbagi pada saluran biru, hijau dan merah. Kemampuan penetrasi pada gelombang elektromagnetik di kolom air sangat dipengaruhi oleh karakteristik perairan di suatu wilayah karena semakin keruh air laut maka daya tembus dari gelombang elektromagnetik akan semakin berkurang (Setiawan *et al.*, 2015).

Data satelit Landsat-8, *Alos*, *Ikonos*, *Quickbird* dan *Worldview* merupakan salah satu data yang banyak dimanfaatkan untuk inventarisasi sumber daya alam di suatu perairan. Data Citra Satelit *Quickbird* dapat dimanfaatkan untuk menganalisa habitat perairan dangkal Kepulauan Seribu (Siregar, 2010). Citra Satelit *Ikonos* menggunakan band biru dan band hijau pada citra *multispectral*, citra satelit *Ikonos* dapat digunakan untuk mendapatkan nilai batimetri pada perairan dangkal (Lyzenga *et al.*, 2006). Citra Satelit landsat band biru, band hijau dan band merah mempunyai kolerasi yang baik terhadap kedalaman sehingga dapat digunakan untuk mengestimasi kedalaman perairan (Wahyuningrum, 2007). Ada beberapa metode yang dikenal untuk memetakan batimetri, seperti metode Benny dan Dawson, metode Jupp. Metode-metode pemetaan batimetri ini umumnya mengasumsikan 3 hal, yaitu (i) atenuasi cahaya merupakan fungsi eksponensial untuk kedalaman, (ii) kualitas air tidak tampak berbeda pada citra, (iii) albedo dari substrat adalah konstan. Biasanya metode satu dengan yang lain merupakan metode yang dikembangkan dari metode sebelumnya, seperti metode Jupp merupakan pengembangan dari metode Lyzenga. Metode yang digunakan untuk menduga batimetri melalui citra juga dapat menimbulkan permasalahan apabila terjadi variasi pemantulan yang signifikan pada substrat dasar sehingga perlu dilakukan validasi data kedalaman yang biasanya menggunakan metode survei lapang. Oleh karena itu dibutuhkan suatu uji akurasi atau validasi data yang berfungsi untuk menguji ketelitian dari

data atau informasi yang dihasilkan dari pengolahan citra. Pada umumnya uji akurasi ini dilakukan untuk membandingkan antara kedua data atau informasi, yaitu data dari hasil analisis penginderaan jauh dan data dari survei lapang (*ground truth*), dimana data dari survei lapang berisi sumber informasi atau data yang lebih akurat dan detail. Hasil dari uji akurasi ini biasanya disusun dalam bentuk matriks kesalahan yang juga dinamakan dengan matriks konfusi. Selain mengidentifikasi kesalahan dalam suatu kategori, matriks konfusi juga dapat mengidentifikasi kesalahan pada klasifikasi antar kategori (Siregar *et al.*, 201).

2.4 Pengukuran Kedalaman Laut dengan *Echosounder*

Salah satu alat yang digunakan dalam pengukuran kedalaman adalah *Echosounder*. *Echosounder* Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kedalaman laut menggunakan pancaran suara tunggal. Komponen *Single Beam* terdiri dari: *transceiver* yang terpasang pada lambung kapal atau sisi batalan pada kapal. Fungsinya mengukur kedalaman air secara langsung dari kapal. *Transceiver* yang terpasang pada lambung kapal mengirimkan pulsa akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung dalam *beam* (sorot/pancaran) secara langsung menyusuri bawah kolom air (Febrianto *et al*, 2015).

Hidroakustik merupakan suatu teknologi pendeteksian bahwa air dengan menggunakan gelombang suara atau bunyi untuk melakukan pengukuran. Informasi pada area yang dideteksi dapat diperoleh secara cepat (*real time*), secara langsung di wilayah deteksi (*insitu*), serta tidak berbahaya atau merusak obyek yang diteliti pada frekuensi tertentu, karena pendeteksian dilakukan pada teknologi hidroakustik (Gaol, 2012).

Data posisi dan kedalaman biasanya dicatat secara periodik dalam survei pemetaan dasar laut (batimetri) menggunakan alat *Echosounder* sehingga akuisisi data batimetri terkait dengan data posisi dan data kedalaman. Salah satu

syarat dari survei hidrografi secara garis besar adalah keadaan dari dasari laut harus ditentukan posisinya. Selain itu data yang didapat dari *Echosounder* harus dikoreksi dengan data pasang surut untuk mengetahui nilai kedalaman sebenarnya. Perubahan tinggi rendahnya bentuk dari kondisi perairan laut dalam harus ditentukan dan ditulis ke dalam peta laut (Wahyunigrum, 2007).

2.5 Pasang Surut

Pasang surut merupakan fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi dikarenakan jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Pasang surut air disebabkan oleh akibat adanya pergerakan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi seperti bumi, bulan, dan matahari. Selain itu gaya sentrifugal juga mempengaruhi terhadap pergerakan naik turunnya air laut tersebut (Dronkers, 1964). Proses pasang surut ini dapat dilihat di pantai sehingga dapat berguna bagi kegiatan manusia yang hidup di perairan pantai seperti pelayaran dan penangkapan atau budidaya sumber daya hayati perairan.

Informasi mengenai karakteristik pasang surut sangat diperlukan untuk kepentingan navigasi pelabuhan, perencanaan dan pembangunan wilayah pesisir. Pengetahuan pasang surut dengan memanfaatkan teknologi modern merupakan salah satu cara yang alternatif untuk mereduksi biaya. Cara alternatif tersebut menggunakan simulasi numerik dengan memanfaatkan teknologi komputer yang memberikan data pasang surut dengan waktu yang singkat (Ismail *et al.*, 2012). Pengambilan data pasang surut dapat diperoleh menggunakan software TMD (*Tide Model Driver*) yang merupakan satu paket

dari aplikasi MATLAB untuk mengakses konstituen harmonik pada ESR/USR yang termasuk model pasang surut dengan model lintang tinggi. TMD juga alat digunakan untuk memprediksi ketinggian dan pengukuran pasang surut pada lokasi dan waktu yang ditentukan (Padman, 2005).

2.6 Citra Satelit Landsat-8

Landsat-8 merupakan Citra Satelit NASA yang diluncurkan pada Februari 2013, membawa berbagai macam sensor. Sensor *Operational Land imager (OLI)* memberikan peningkatan dari instrumen Landsat sebelumnya, dengan penambahan dua band spektral tambahan: saluran yang terlihat biru (band 1) yang dirancang khusus untuk sumber daya air dan investigasi zona pantai, dan saluran inframerah gelombang pendek baru (band 9) untuk mendeteksi awan *cirrus*. Selain itu juga sensor *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Instrument *TIRS* mengumpulkan data beberapa sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)* yang disatukan dengan *Thematic Mapper (TM)* (USGS, 2018).

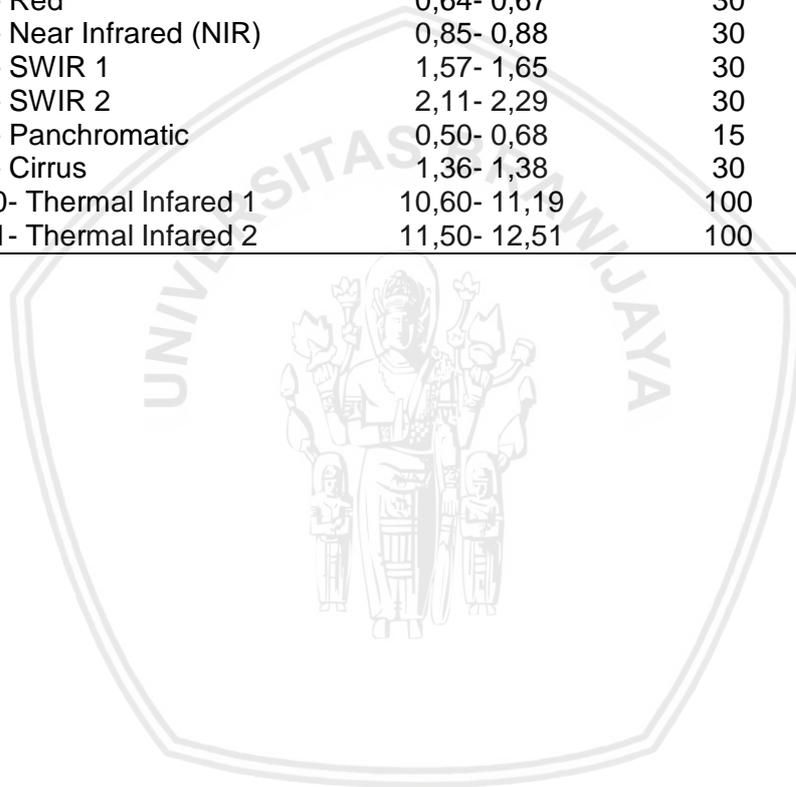
Landsat-8 memiliki kanal-kanal *spectral* reflektif dari sensor *ETM+ (Enhanced Thermal Mapper plus)* dari Landsat- 7, memastikan kontinuitas data untuk deteksi dan pemantauan perubahan daratan global. Berbagai aplikasi yang sesuai teknik dan metode pengolahan dan analisis digital yang tepat, Citra Satelit Landsat-8 efektif dan efisien dalam peramalan pertanian, eksplorasi energi, pemantauan ekosistem, pengelolaan sumber alam, mitigasi bencana, dan pemantauan lingkungan (NASA, 2008).

Landsat-8 memiliki band 1, band 2, band 3 dan band 4 yang jauh lebih baik digunakan untuk mengolah data citra. Band 1 (*ultra blue*) dapat menangkap gelombang elektromagnetik lebih rendah daripada band 1 pada Landsat- 7 *ETM+*, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut (aerosol). Band- 4 pada Landsat-8 bukan merupakan inframerah dekat seperti pada citra

Landsat sebelumnya, tetapi melainkan sebagai spektrum tampak berwarna merah yang dapat menembus air laut. Spesifikasi band *Landsat-8* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi band *Landsat-8*

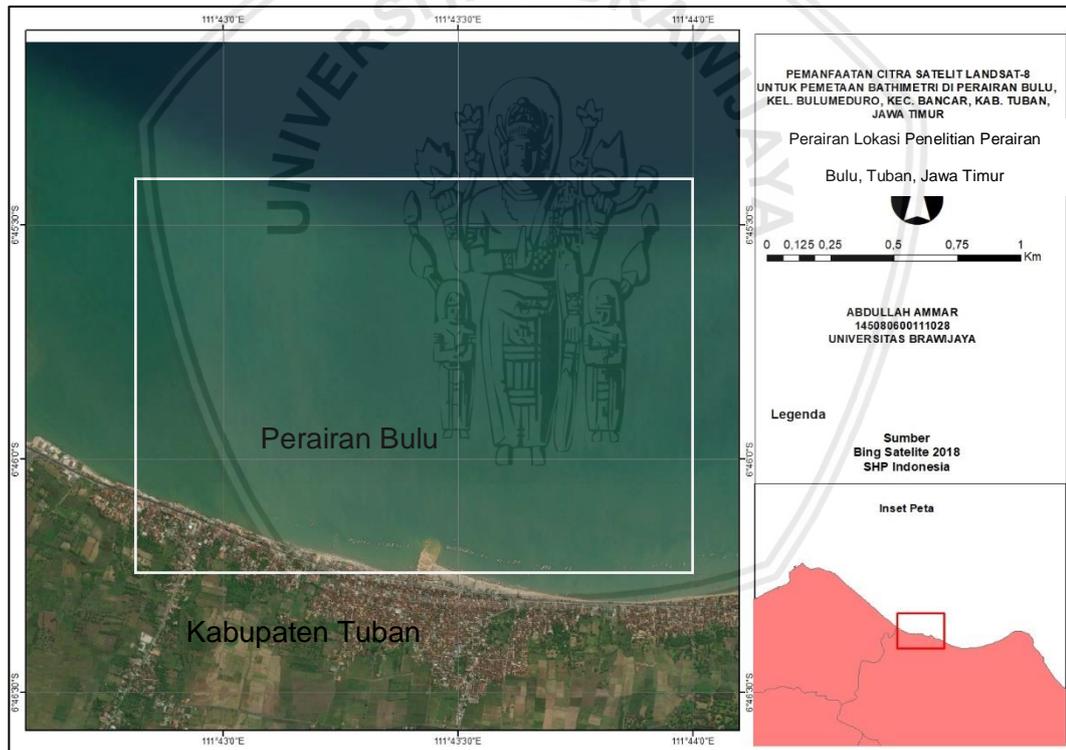
Band	Panjang gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)	Sensor
Band 1- Coastal Aerosol	0,43- 0,45	30	OLI
Band 2- Blue	0,45- 0,51	30	OLI
Band 3- Green	0,53- 0,59	30	OLI
Band 4- Red	0,64- 0,67	30	OLI
Band 5- Near Infrared (NIR)	0,85- 0,88	30	OLI
Band 6- SWIR 1	1,57- 1,65	30	OLI
Band 7- SWIR 2	2,11- 2,29	30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



3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari survei lokasi, pengukuran data, dan pengolahan data. Survei dilakukan pada tanggal 7 Agustus 2018 dan penelitian dilakukan pada tanggal 16 – 17 September 2018 di Perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur. Pengolahan data kedalaman dilakukan di Laboratorium Eksplorasi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan pada bulan Oktober 2018. Peta lokasi Pengukuran data pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melakukan penelitian tentang Pemetaan Batimetri, diperlukan beberapa alat dan bahan untuk menunjang pengambilan dan pengolahan data. Berikut merupakan alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan pengambilan dan pengolahan data :

3.2.1 Alat

Berikut merupakan alat-alat yang diperlukan untuk kegiatan pengambilan dan pengolahan data penelitian ini.

Tabel 2. Alat yang Digunakan untuk Pengambilan dan Pengolahan Data

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Laptop	Asus A46CB, Intel Core i3-4005U, 1.7Ghz	Sebagai perangkat untuk melakukan pengolahan data
2	<i>Echosounder</i>	<i>SingleBeamGPS</i> Map 585C	Sebagai alat untuk melakukan <i>sounding</i> untuk mendapatkan data kedalaman
3	Perahu	-	Sebagai alat transportasi untuk melakukan <i>sounding</i>
4	<i>Tide Staff</i>	Panjang 3 meter dengan ketelitian dalam 1 cm	Untuk mengukur pasang surut perairan
5	<i>Software Mapsource</i>	-	Untuk melakukan konversi data. gdb menjadi .txt
6	<i>Software Microsoft Excel</i>	-	Untuk melakukan pengolahan data hasil <i>sounding</i>
7	<i>Program Er-Mapper</i>	-	Untuk mengkoreksi radiometrik, m sun elevasi, algoritma
8	<i>Software Surfer</i>	-	Untuk membuat kontur kedalaman perairan
9	<i>Software ArcGIS 10.3</i>	-	Untuk melakukan <i>layouting</i> peta
10	<i>Microsoft Excel</i>	-	Alat yang digunakan untuk mengolah nilai kedalaman
11	<i>AutoCAD 2007</i>	-	Membuat kontur dari hasil pemeruman lapang

3.2.2 Bahan Penelitian

Berikut merupakan bahan-bahan yang diperlukan untuk kegiatan pengambilan dan pengolahan data penelitian ini:

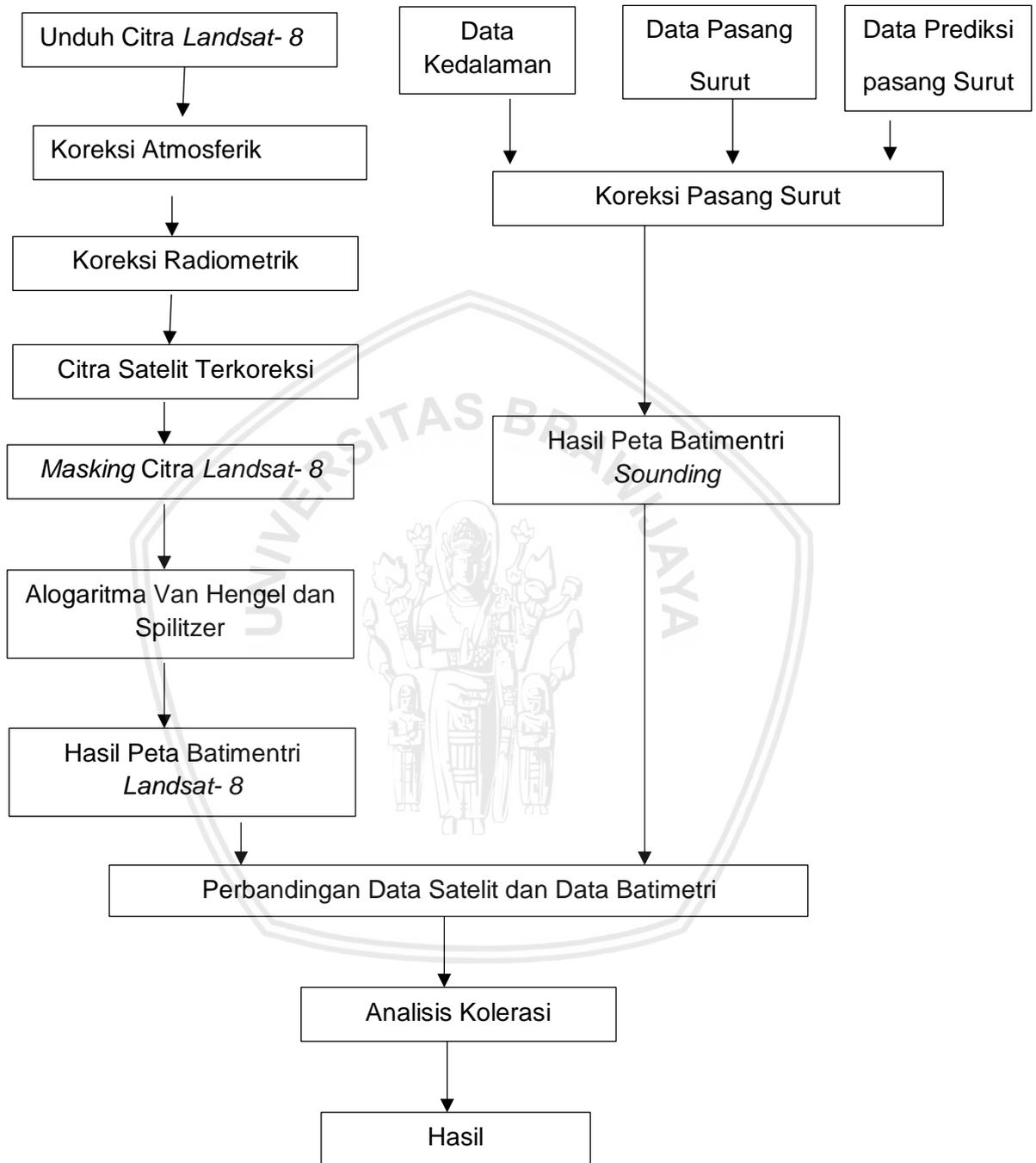
Tabel 3. Bahan yang Digunakan untuk Pengambilan dan Pengolahan Data

No	Bahan	Fungsi	Sumber
1	Data Kedalaman	Sebagai data untuk mengetahui kedalaman	Pengambilan Data Lapang menggunakan <i>Echosounder</i>
2	Data Pasang TMD	Sebagai pembanding data pasang surut	TMD
3	Citra Satelit Landsat-8 LDCM OLI	Sebagai data dalam pembuatan peta kedalaman perairan	Earthexplorer.usgs.gov

3.3 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik pengambilan data primer dan sekunder (Gambar 2). Data primer didapatkan dari pengukuran langsung menggunakan *Echosounder*. *Echosounder* yang digunakan dalam pengukuran kedalaman adalah *Echosounder* Garmin GPSmap585 Sounder dan pengukuran pasang surut digunakan sebagai koreksi data kedalaman. Sedangkan data sekunder diperoleh dari data pasang surut dan pengolahan data Citra Satelit Landsat-8. Data pasang surut yang didapat berasal dari TMD dan pengambilan Citra Satelit Landsat-8 dapat didownload dari web earth.explorer.usgs.gov. Setelah itu dilakukan koreksi atmosferik dan radiometrik pada Citra Satelit Landsat-8 dilanjutkan dengan koreksi pada data kedalaman dengan data pasang surut dan memasukan data citra satelit kedalam algoritma *Van Hengel & Splitzer*. Tahap terakhir adalah dilakukan perbandingan antara data kedalaman yang dihasilkan oleh Citra Satelit Landsat-8 dengan data hasil pengukuran *Echosounder*, validasi data satelit dan data lapang untuk

mengetahui akurasi data kedalaman yang dihasilkan oleh Citra Satelit Landsat-8 dengan data *Echosounder* yang telah dikoreksi.

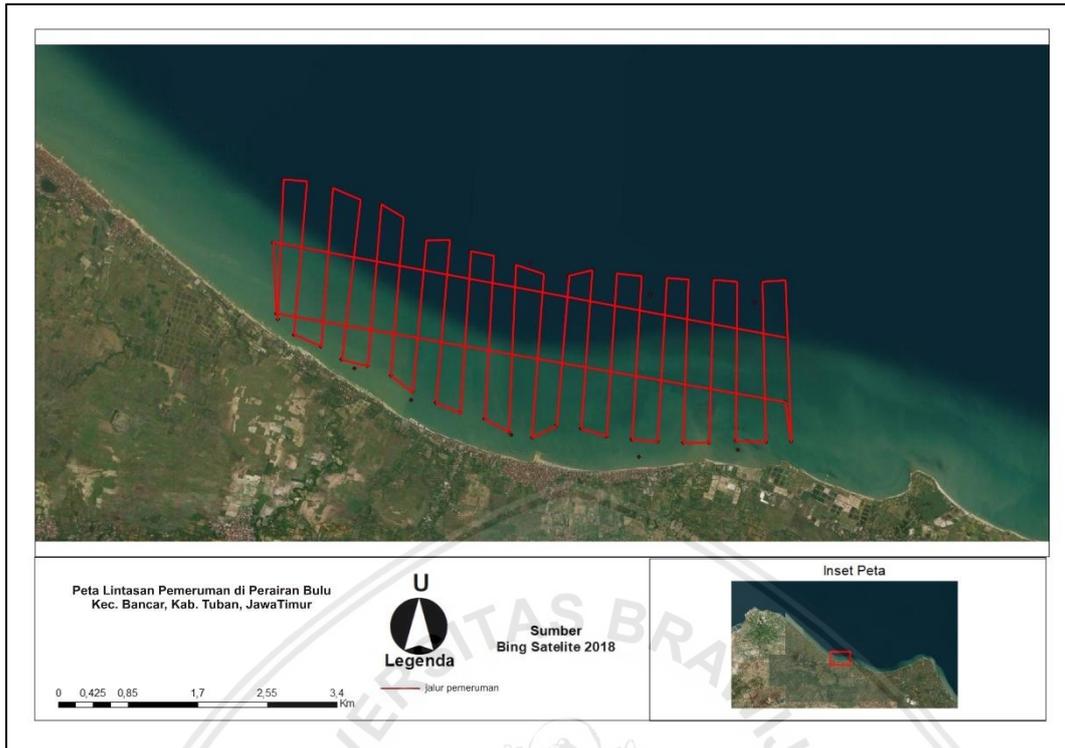


Gambar 2. Alur Penelitian

3.4 Perolehan Data Kedalaman

Pengambilan data kedalaman atau batimetri di Perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur dilakukan untuk mengetahui kondisi dan bentuk kedalaman di daerah Perairan Bulu. Pengambilan data kedalaman dilakukan dengan menggunakan alat pemeruman dengan pancaran tunggal atau *Single Beam Echosounder* GPSMap 585C. *Single Beam Echosounder* GPSMap 585C terdiri dari beberapa komponen penunjang, seperti *accu* sebagai sumber energi, antena sebagai alat untuk menangkap sinyal, *transducer* untuk mengubah energi listrik menjadi suara dan sebaliknya, monitor atau display unit sebagai alat untuk menampilkan data saat alat dioperasikan.

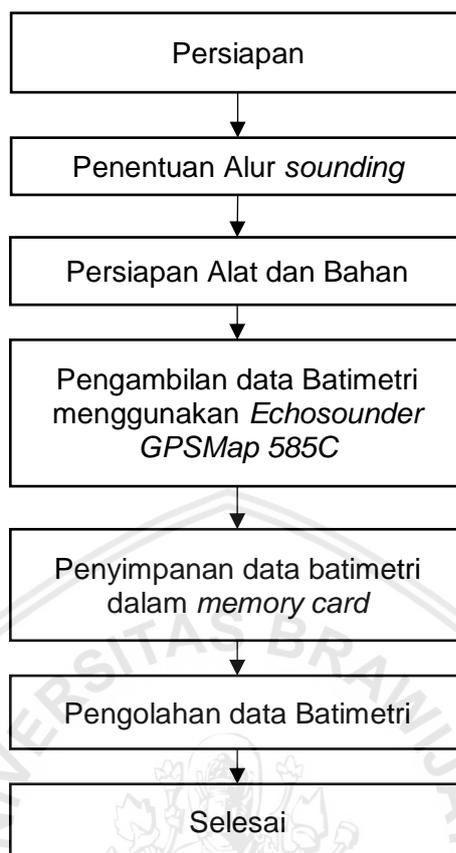
Untuk dapat melakukan pengambilan data kedalaman Perairan Bulu harus dipersiapkan beberapa hal, seperti: rencana alur pemeruman, kapal untuk alat transportasi ketika *sounding*, penyangga untuk meletakkan *transducer* dan komponen lainnya. Dalam melakukan pengambilan data batimetri rencana alur pemeruman yang telah dibuat sebelumnya harus sesuai dengan karakteristik dan kondisi dari wilayah perairan yang akan dilakukan *sounding*. Terdapat beberapa tipe atau jenis alur *sounding*, diantaranya (1) Lajur Lurus Sejajar, (2) Lajur Lurus Menyebar; cenderung mengikuti bentuk garis pantai daerah survei, (3) Lajur Perum berbentuk Busur Lingkaran Kosentrik, (4) Lajur Perum berbentuk Lengkungan Hiperbola Kofokus, (5) Lajur Perum berbentuk Silang, (Setiawan et al,2014). Pada gambar 3 merupakan peta rencana Alur pemeruman di wilayah Perairan Bulu.



Gambar 3. Peta Rencana Lintasan Pemeruman

Di wilayah Perairan Teluk Bulu daerah yang akan dilakukan *sounding* dilakukan di sepanjang Perairan Bulu. Perairan Bulu yang berada di Kecamatan Bancar memiliki karakteristik topografi permukaan laut yang datar dan landai (Joesidawati, 2017).

Tahapan dalam pengambilan data batimetri yang dilakukan pertama kali adalah mempersiapkan alur *sounding*. Selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan data batimetri adapun alat yang digunakan yaitu *Echosounder* GPSMap 585C. Kemudian data batimetri yang diperoleh disimpan dalam *memory card* kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk database *Excel*. Berikut alur langkah pengambilan data batimetri disajikan pada Gambar 4.



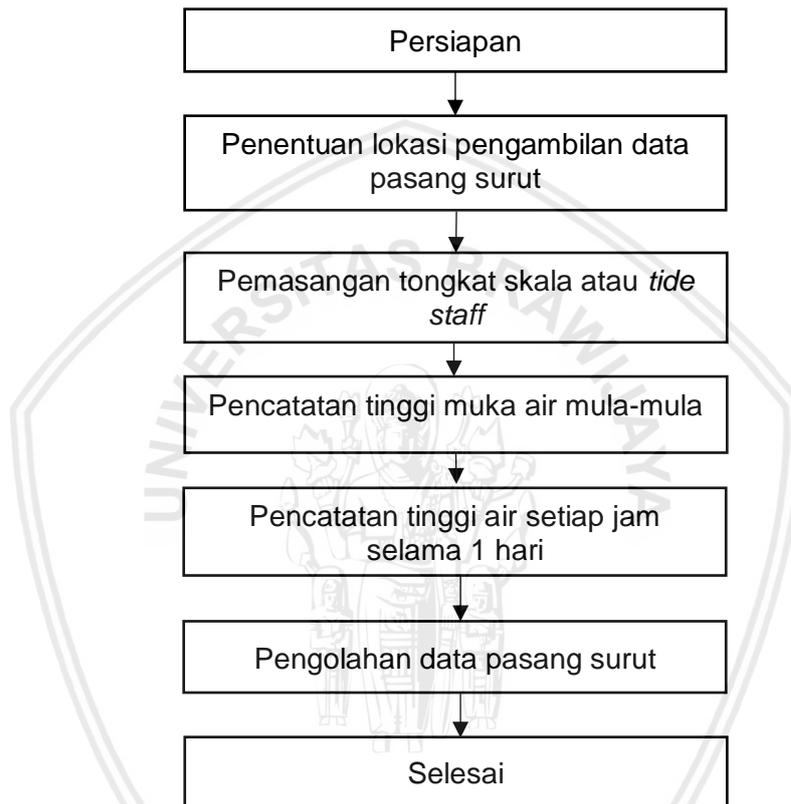
Gambar 4. Langkah Pengambilan Data Batimetri

3.5 Perolehan Data Sekunder

3.5.1 Pengolahan Data Pasang Surut

Pada penelitian ini juga memerlukan data pasang surut untuk dilakukan perhitungan dengan data batimetri agar didapatkan hasil data yang akurat. Pengambilan data pasang surut dilakukan dengan menggunakan *tide staff* yaitu sebuah balok kayu dengan panjang kurang lebih 2 meter yang sudah diberi skala untuk mengukur tinggi rendahnya pasang surut di suatu perairan. Dalam melakukan pengamatan, pasang surut hal yang perlu diperhatikan adalah lokasi penempatan *tide staff* agar hasil pasang surut yang didapatkan merupakan hasil yang terbaik. Penempatan *tide staff* yang sesuai yaitu pada daerah yang mewakili suatu perairan, tidak terganggu oleh aktivitas manusia, dasar rambu harus selalu terisi oleh air artinya *tide staff* tidak boleh kering atau bahkan tidak

terendam oleh air, dan pemasangan *tide staff* harus kokoh dan stabil sehingga jika terkena gelombang atau arus *tide staff* tidak roboh. Pengambilan data pasang surut dilakukan dengan mencatat tinggi muka air mula-mula, kemudian dilakukan pencatatan. Setelah itu pengukuran pasang surut dilakukan selama 3 hari dengan pencatatan dilakukan pada setiap jamnya.



Gambar 5. Langkah Pengambilan Data Pasang Surut

3.5.2 Pengolahan Data Citra Satelit Landsat-8

Menurut Bobsaid (2017), pengolahan data citra satelit yang digunakan untuk pemetaan batimetri dilakukan dengan tahapan seperti dibawah ini:

3.5.2.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi Radiometrik Merupakan langkah mengkonversi cira satelit Landsat yang tersimpan dalam format DN (*Digital Number*) ke dalam format

radian TOA (*Top of Atmosphere*). Koreksi radiometrik (koreksi dan *offset* variasi data satelit) melibatkan pengolahan citra digital untuk meningkatkan keakuratan besaran nilai kecerahan pada citra. Untuk mengkonversi citra format DN ke radian TOA dapat menggunakan algoritma seperti berikut.

$$L_{\lambda} = M_{\lambda} \times Q_{cal} + A_{\lambda} \quad (1)$$

Dimana L_{λ} merupakan TOA *spectral radiance*, M_{λ} merupakan *Band-specific multiplicative rescaling factor*, A_{λ} merupakan *Band-specific additive rescaling factor*, dan Q_{cal} merupakan *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN) [5].

3.5.2.2 Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosfer bertujuan untuk koreksi efek atmosfer yang ada pada citra satelit sehingga di dapat akurasi citra satelit yang maksimal. Pada koreksi atmosferik menggunakan model FLAASH, radian yang diterima oleh sensor dimodelkan kembali dengan menambahkan faktor-faktor yang mempengaruhi radian/ reflektan yang diterima sensor seperti albedo, pantulan obyek disekitarnya (*adjacency effect*), dan radian yang dihamburkan oleh atmosfer dengan mengasumsikan bahwa permukaan obyek adalah *uniform* dan *Lambertian*.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{A_{p_{\lambda}}}{1 - \rho_{\lambda}eS} \right) + \left(\frac{B_{p_{\lambda}e}}{1 - \rho_{\lambda}eS} \right) + L_a \quad (2)$$

Keterangan:

- L_{λ} = nilai radian yang diterima sensor untuk setiap λ
- P_{λ} = reflektansi permukaan (*surface reflectance*) untuk setiap λ
- P_e = rata-rata nilai pantulan piksel dan piksel-piksel di sekitarnya
- S = nilai albedo

L_a = nilai radian yang dihamburkan oleh atmosfer

A & B = nilai koefisien yang bergantung pada kondisi atmosfer dan kondisi geometri.

Setiap variabel pada persamaan di atas tergantung pada kanal spektral yang digunakan. Nilai A, B, S, dan L_a diperoleh dari perhitungan MODTRAN4 yang menggunakan sudut pandang sensor dan sudut matahari serta rata-rata ketinggian permukaan yang dapat diperoleh dari file metadata citra dan rata-rata ketinggian dapat berasal dari data *Digital Elevation Model (DEM)*. Berdasarkan data-data tersebut juga dapat diturunkan model atmosfer tertentu, model aerosol, dan nilai visibilitas.

3.5.2.3 Masking

Masking merupakan pemisahan antara daerah perairan dan daratan dengan blok *Digital Number (DN)* darat dengan nilai nol. Hal tersebut dilakukan agar dalam pemasukan algoritma batimetri perairan dangkal tidak terpengaruhi oleh daratan. Metode yang digunakan adalah NDWI (*Normalized Difference Water Index*):

$$NDWI = ((\lambda_{Red}) - RRS(\lambda_{NIR})) / (RRS(\lambda_{Red}) + RRS(\lambda_{NIR})) \quad (3)$$

Dimana $RRS(\lambda_{RED})$ adalah citra kanal Red atau kanal 3 untuk citra Landsat-8. Sedangkan $RRS(\lambda_{NIR})$ adalah citra kanal *Near Infrared* atau kanal 5 untuk citra Landsat-8.

3.5.2.4 Algoritma Van Hengel & Spitzer

Langkah selanjutnya jika citra terkoreksi atmosfer adalah pengolahan menggunakan Algoritma *Van Hengel & Spitzer*, dimana algoritma ini menghasilkan nilai kedalaman relatif di perairan dangkal (10). Algoritma ini membutuhkan 3 kombinasi band yaitu band biru, band hijau, band merah karena mempunyai korelasi yang baik terhadap kedalaman. Kombinasi tersebut

merupakan band terbaik dalam mengestimasi kedalaman perarian dangkal (Wahyuningrum, 2008).

$$\begin{bmatrix} Y1 \\ Y2 \\ Y3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(r) \cos(s) \sin(r) \cos(s) \sin(s) \\ -\sin(r) \cos(r) 0 \\ -\cos(r) \sin(s) - \sin(r) \sin(s) \cos(s) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

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

Formula diatas dapat dijabarkan dalam bentuk perkalian matrik 3x3 sebagai berikut:

$$Y1 = X1 \cos(r) \cos(s) + X2 \sin(r) \cos(s) + X3 \sin(s) \quad (5)$$

$$Y2 = -X1 \sin(r) + X2 \cos(r) \quad (6)$$

$$Y3 = -X1 \cos(r) \sin(s) - X2 \sin(r) \sin(s) + X3 \cos(s) \quad (7)$$

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

$$r(s) = \arctan (u + \sqrt{u^2 + 1}) \quad (8)$$

sedangkan u diperoleh dari rumus:

$$U_r = (\text{var } x_2 + \text{var } x_1) / 2 \text{cov} x_1 x_2 \quad (9)$$

$$U_s = (\text{var } x_3 + \text{var } x_1) / 2 \text{cov} x_3 x_2 \quad (10)$$

Keterangan:

var xi = nilai varian band i

var x_ix_j = adalah covarian band i dan band j

Var x_2 adalah data varian kanal 2, Var x_3 adalah data varian kanal 3, Var x_4 adalah data varian kanal 4, Cov x_2x_3 adalah data kovarian kanal 2 dan 3 dan Cov x_2x_4 adalah data kovarian kanal 2 dan 4. r dan s adalah nilai sudut rotasi yang dijadikan parameter untuk menghitung nilai indeks kedalaman pada transformasi rotasi yang digunakan pada algoritma *Van Hengel & Spitzer*. Y adalah kedalaman relatif (Indeks Kedalaman) dan X_i adalah nilai reflektan kanal ke- i .

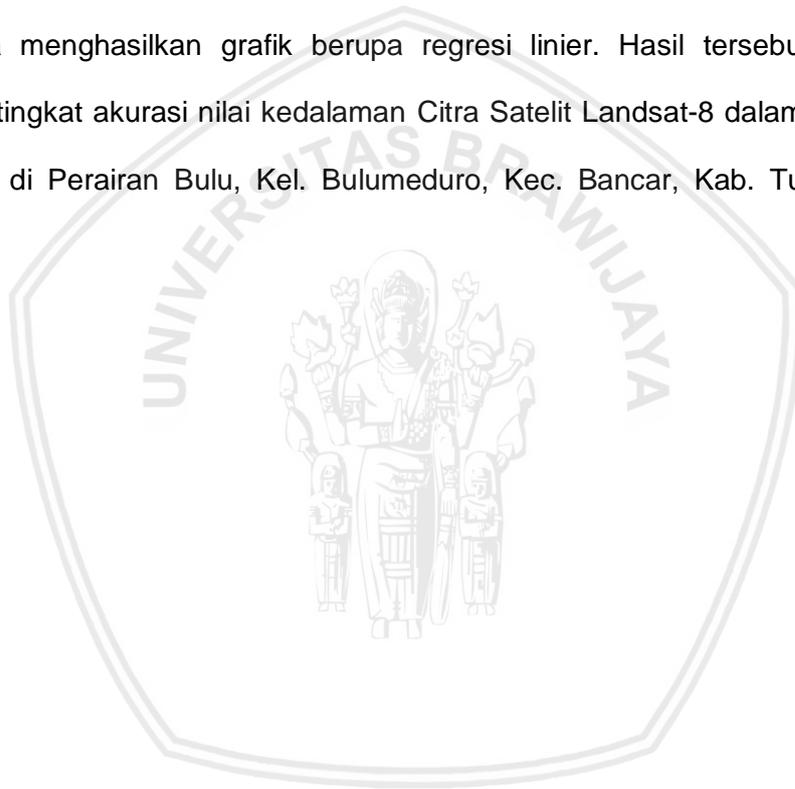
3.6 Perbandingan Satelit Landsat-8 dan Data *Sounding*

Pengolahan data citra landsat- 8 dengan nilai kedalaman hasil *sounding* dilakukan untuk melihat perbedaan maupun persamaan data yang dihasilkan. Sehingga akan disimpulkan bahwa data hasil pengolahan Citra Satelit Landsat-8 dapat digunakan sebagai pengganti hasil *sounding* yang dilakukan langsung pada area penelitian. Nilai perbandingan antara dengan data *sounding* menggunakan analisis statistik yaitu analisis korelasi. Koefisien korelasi adalah pengukuran asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara -1 s/d +1 (Sarwono, 2009). Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y juga tinggi. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Menurut Sarwono (2009) menyatakan bahwa untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel maka diberikan kriteria berikut :

1. Nilai koefisien korelasi $r = 0$ maka artinya tidak ada korelasi antara dua variabel.

2. Nilai koefisien korelasi lebih $0 < r \leq 0,25$ maka artinya korelasi sangat lemah.
3. Nilai koefisien korelasi lebih $0,25 < r \leq 0,5$ maka artinya korelasi cukup.
4. Nilai koefisien korelasi lebih $0,5 < r \leq 0,75$ maka artinya korelasi kuat.
5. Nilai koefisien korelasi $0,75 < r \leq 0,99$ maka artinya korelasi sangat kuat.
6. Nilai koefisien korelasi $r = 1$ maka artinya korelasi sempurna.

Analisis korelasi dilakukan dengan software excel 2016 kemudian digabungkan dengan data Citra Satelit Landsat-8 dan data hasil *sounding* sehingga menghasilkan grafik berupa regresi linier. Hasil tersebut dijadikan sebagai tingkat akurasi nilai kedalaman Citra Satelit Landsat-8 dalam pemetaan batimetri di Perairan Bulu, Kel. Bulumeduro, Kec. Bancar, Kab. Tuban, Jawa Timur.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Tuban merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Bulu Tuban. Letaknya berada di poros jalur pantura yang merupakan jalur transportasi dengan nilai ekonomis cukup tinggi untuk Pulau Jawa. Kabupaten Tuban mempunyai luas wilayah sekitar 183.992,291 Ha, yang secara administratif terbagi menjadi 19 Kecamatan, 311 Desa serta 17 Kelurahan, 820 Dukuhan, 820 RW dan 4007 RT. Dari 19 kecamatan tersebut, 5 diantaranya terletak di kawasan pesisir, yaitu Kecamatan Bancar, Tambak Boyo, Jenu, Tuban, dan Palang (KKP, 2018). Perairan Bulu terdapat Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Bulu Tuban berjarak kurang lebih 40 Km dari ibukota kabupaten, serta berbatasan dengan Provinsi Jawa Tengah. Bulu merupakan salah satu desa yang terletak di ujung barat kabupaten Tuban. Batas utara desa Bulu merupakan wilayah pantai berpasir sepanjang ± 4 km dan memiliki pesisir yang berimpit dengan garis pantai. Sebagian daerah pesisir dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti kawasan pemukiman, pariwisata, perdagangan, industri, dan transportasi. Erosi pantai di kawasan pesisir Bulu berdampak terhadap terganggunya aktifitas sehari-hari dari masyarakat Bulu.

Selain itu juga, kondisi morfologi pantai di Bancar memiliki komposisi 23% pantai curam berbatu, 37% pantai berbukit pasir, 15% pantai landai, 26% pantai lurus dengan pesisir datar. Sedangkan dasar pantai (substrat dasar) adalah pasir dengan pecahan karang (Pendleton *et al.*, 2005).



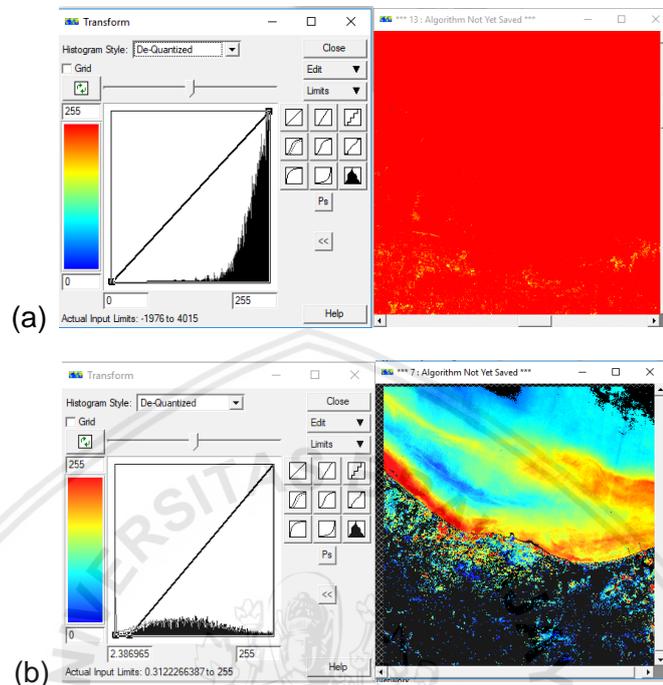
Gambar 1. (a) Penampakan tempat dan (b) Kegiatan bongkar muat ikan PPI di Perairan Bulu, Tuban

4.2 Hasil Pengolahan Data Kedalaman Menggunakan Citra Landsat-8

4.2.1 Hasil Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik diterapkan pada band 2 (biru), band 3 (hijau), band 4 (merah), band 5 (NIR), band 6 (SWIR 1) dan band 7 (SWIR 2). Nilai histogram pada band 2 citra satelit landsat mempunyai perbedaan antara sebelum dengan sesudah koreksi radiometrik. *Actual input limit* dari band 2 sebelum koreksi radiometrik yakni sebesar -1976-4015 (Gambar. 5a). Sedangkan nilai *actual input limit* band 2 setelah koreksi radiometrik memiliki rentang antara 0,3122-255 (gambar 7) menunjukkan bahwa nilai minimum citra setelah dilakukan proses koreksi radiometrik adalah 0,3122 dan nilai maksimal citra adalah 255. Koreksi radiometrik menghilangkan nilai bias yang berpotensi menyebabkan gangguan atmosfer pada citra (Wahyuningrum *et al.*, 2008). Dengan membandingkan nilai input minimal pada histogram citra sebelum dengan setelah di koreksi

radiometrik memberikan informasi bahwa Citra Landsat-8 sudah terkoreksi radiometrik.

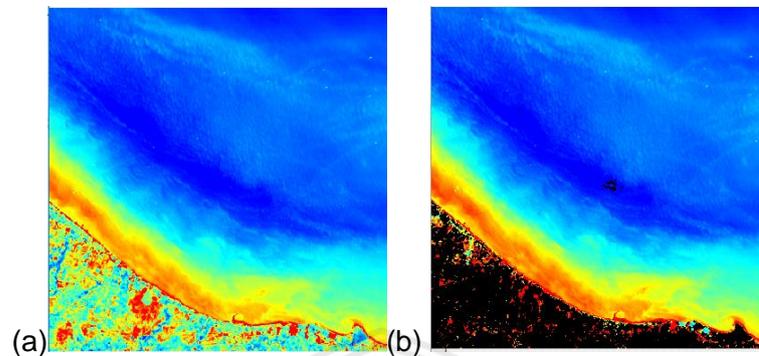


Gambar 2. (a) Histogram dan Citra Band 2 Sebelum Dikoreksi, (b) Histogram dan Citra Band 2 Sesudah Dikoreksi

4.2.2 Pemisahan Obyek Laut dan Darat (Masking)

Pemisahan objek laut dan darat atau yang disebut juga dengan *masking* bertujuan untuk memisahkan daerah yang bukan termasuk daerah kajian. Pada kajian kali ini yang dibutuhkan adalah laut, sehingga objek lain selain laut akan dihilangkan. Hal itu perlu dilakukan agar daerah yang tidak digunakan tersebut tidak mempengaruhi analisis data pada tahap selanjutnya. Hal tersebut sangat penting dilakukan agar nilai piksel wilayah selain laut tidak mempengaruhi perairan saat memasukkan algoritma batimetri (Bobsaid *et al*, 2017 dalam Wahyunigrum *et al*, 2008). *Masking* ini sendiri dilakukan dengan memberikan nilai null untuk daerah selain lautan, sehingga warna menjadi hitam. Selanjutnya citra satelit tersebut akan disimpan menjadi dataset yang digunakan pada

pengolahan citra satelit selanjutnya, berikut adalah citra satelit yang sudah dilakukan *masking*.



Gambar 3. (a) Citra satelit sebelum dilakukan *Masking*, (b) Citra satelit sesudah dilakukan *Masking*

4.2.3 Transformasi Algoritma *Van Hengel & Spitzer*

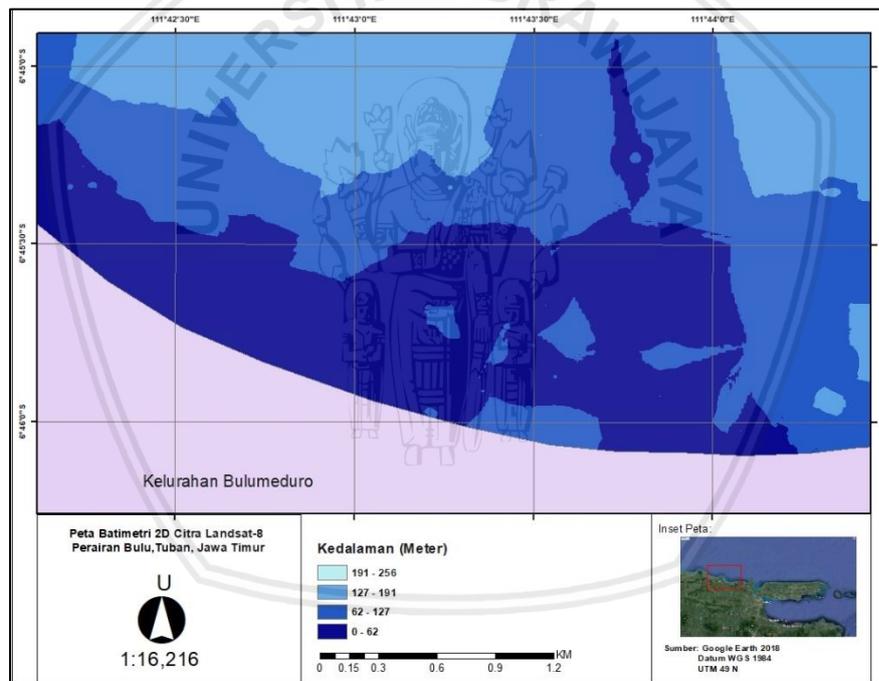
Pada algoritma *Van Hengel & Speitzer* kombinasi band terbaik yang digunakan dalam mengestimasi kedalaman perairan adalah band, merah, hijau, biru (Wahyunigrum, 2007). Dalam melakukan pengolahan citra, tahap pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai r dan s . Variable r dan s digunakan sebagai dalam arah rotasi citra yang akan dianalisa. Nilai variabel r dan s didapat dari perhitungan variabel tersebut dengan kombinasi band 432 yang berdasarkan kovarian dan varian band 432. Dari perhitungan tersebut dapat dilihat nilai konstanta r dan s memiliki nilai sebesar 1,55 dan 1,53. Nilai tersebut menunjukkan arah rotasi yang akan digunakan dalam algoritma *Van Hengel & Spitzer*.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Variabel Kombinasi 432

Variabel	Nilai
Kovarian <i>band 4</i> dan <i>band 3</i>	172.97
Kovarian <i>band 2</i> dan <i>band 4</i>	166.06
Ur	22.52
Us	11.29
R	1.55
cos r	0.02
sin r	1.00
S	1.53
cos s	0.04
sin s	1.00

Sumber : Pengolahan Data Citra Landsat-8

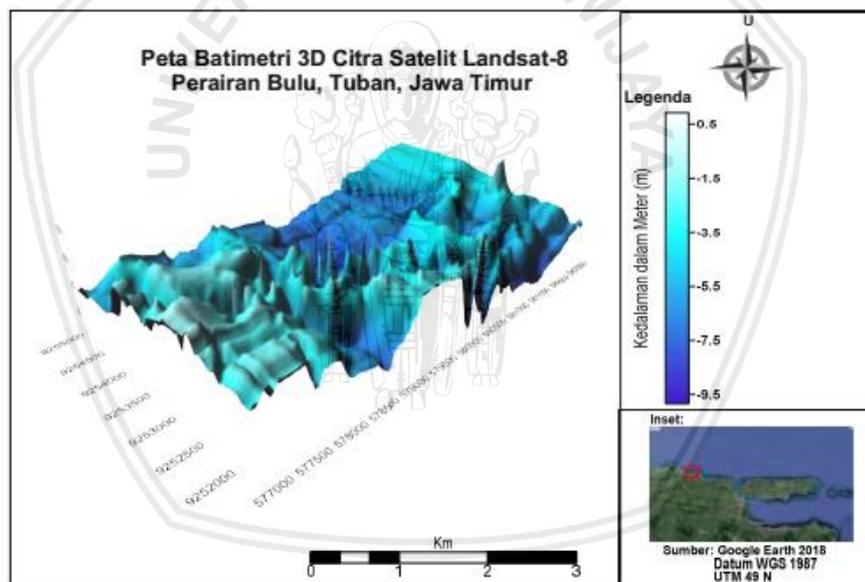
4.2.4 Peta Batimetri 2D dan 3D Citra Landsat-8



Gambar 4. Peta Batimetri 2D Citra Satelit Landsat

Data batimetri biasanya dikumpulkan dari survey lapangan yang menggunakan perangkat akustik yang berkonsekuensi pada besarnya waktu, tenaga dan biaya. Teknologi penginderaan jarak jauh memberikan alternatif penyediaan data batimetri secara umum. Diketahui bahwa pengolahan data kedalaman dari Citra Satelit Landsat-8 ditampilkan dalam bentuk gambar 2D dan

3D. Hasil gambar peta batimetri 2D dapat dilihat pada Gambar 7. dengan bentuk gambar 2D diolah menggunakan *software Arcgis 10.5* dengan *tool interpolasi* yang mengubah titik ke dalam raster yaitu *kriging* dari *arctoolbox*. Dijelaskan bahwa semakin gelap warna peta 2D, dapat disimpulkan semakin dangkal perairan dan kebalikannya. Informasi kedalaman suatu perairan atau batimetri sangat penting untuk menunjang berbagai kegiatan bidang kelautan. Data kedalaman dalam bentuk 3D dibuat untuk mengetahui gambar kontur dasar laut secara secara spesifik. Legenda pada gambar menandakan nilai kedalaman perairan, semakin cerah warna biru yang ada di gambar maka semakin dangkal perairan dan sebaliknya.

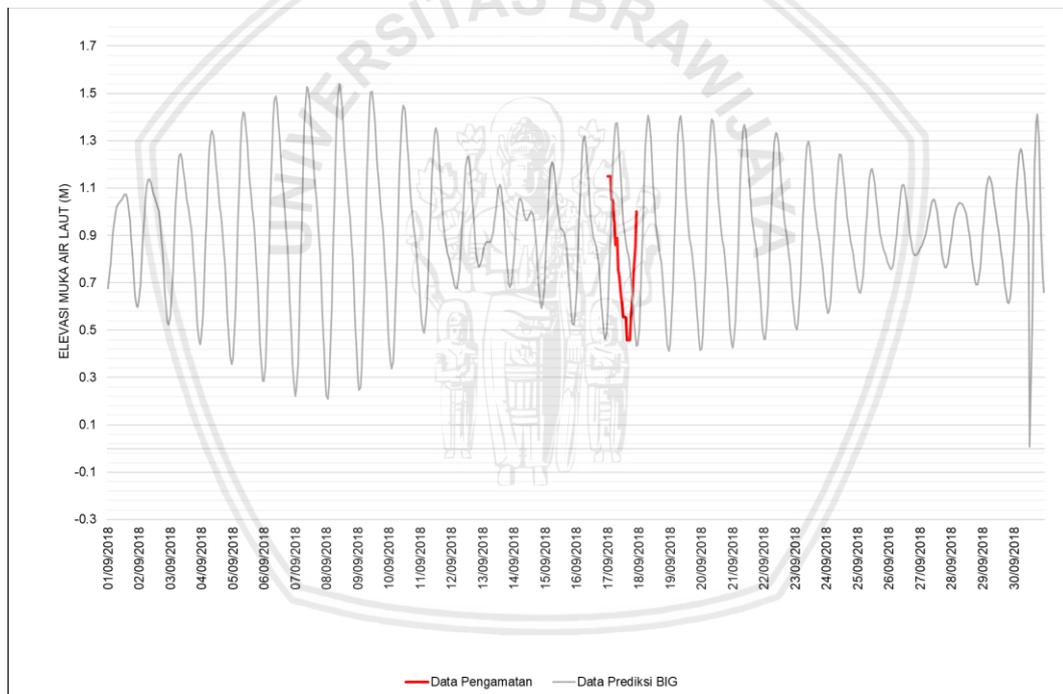


Gambar 5. Peta 3D Citra Landsat-8

4.3 Hasil Pengolahan Data Kedalaman Menggunakan *Echosounder*

4.3.1 Data Pasang Surut

Hasil data pasang surut didapatkan dari pengolahan data menggunakan TMD dan pengukuran dari data lapang. Data sekunder yang digunakan menggunakan TMD adalah data prediksi pasang surut yang berskala, sedangkan data lapang adalah data yang diperoleh dari pengukuran langsung menggunakan *Tide Staff* dan diperoleh langsung di lokasi penelitian. Hasil pengolahan data prediksi pasang surut menggunakan dan data pasang surut dari observasi lapang dapat dilihat di bawah.



Gambar 6. Grafik Pasang Surut Perairan Bulu, Tuban

Berdasarkan grafik prediksi pasang surut diatas menyatakan bahwa grafik memiliki 1 kali pasang. Dan 1 kali surut pada hari pengamatan yaitu tanggal 17 Septemer 2018. Data prediksi pasang surut menggunakan TMD tidak hanya menghasilkan nilai ketinggian air melainkan juga nilai konstanta harmonic pasang surut yang dapat dilihat pada Tabel 5. Perhitungan konstanta harmonik kemudian

repository.ub.ac.id

dapat digunakan untuk menentukan tipe pasang surut di Perairan Bulu, Kabupaten Tuban dengan menggunakan perhitungan bilangan *formzahl*.

Tabel 3. Konstanta Harmonik Pasang Surut Hasil TMD

Konstanta Harmonik	Amplitudo (M)
O1	0.22
M2	0.06
S2	0.04
K1	0.48

Sumber : Pengolahan Data Pasang Surut menggunakan TMD

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

$$F = \frac{0.22 + 0.48}{0.06 + 0.04}$$

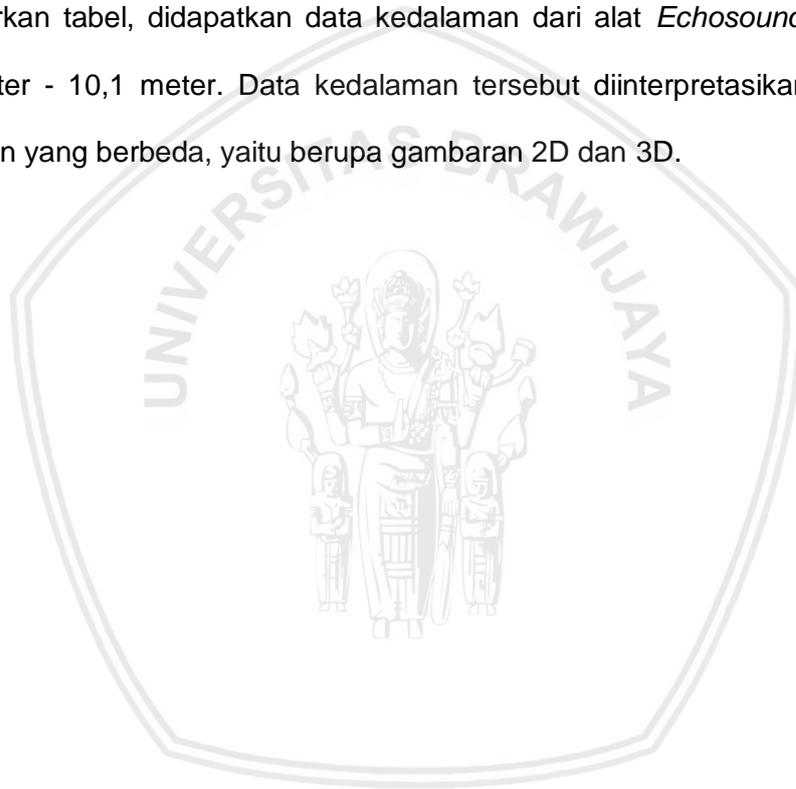
$$F = 7$$

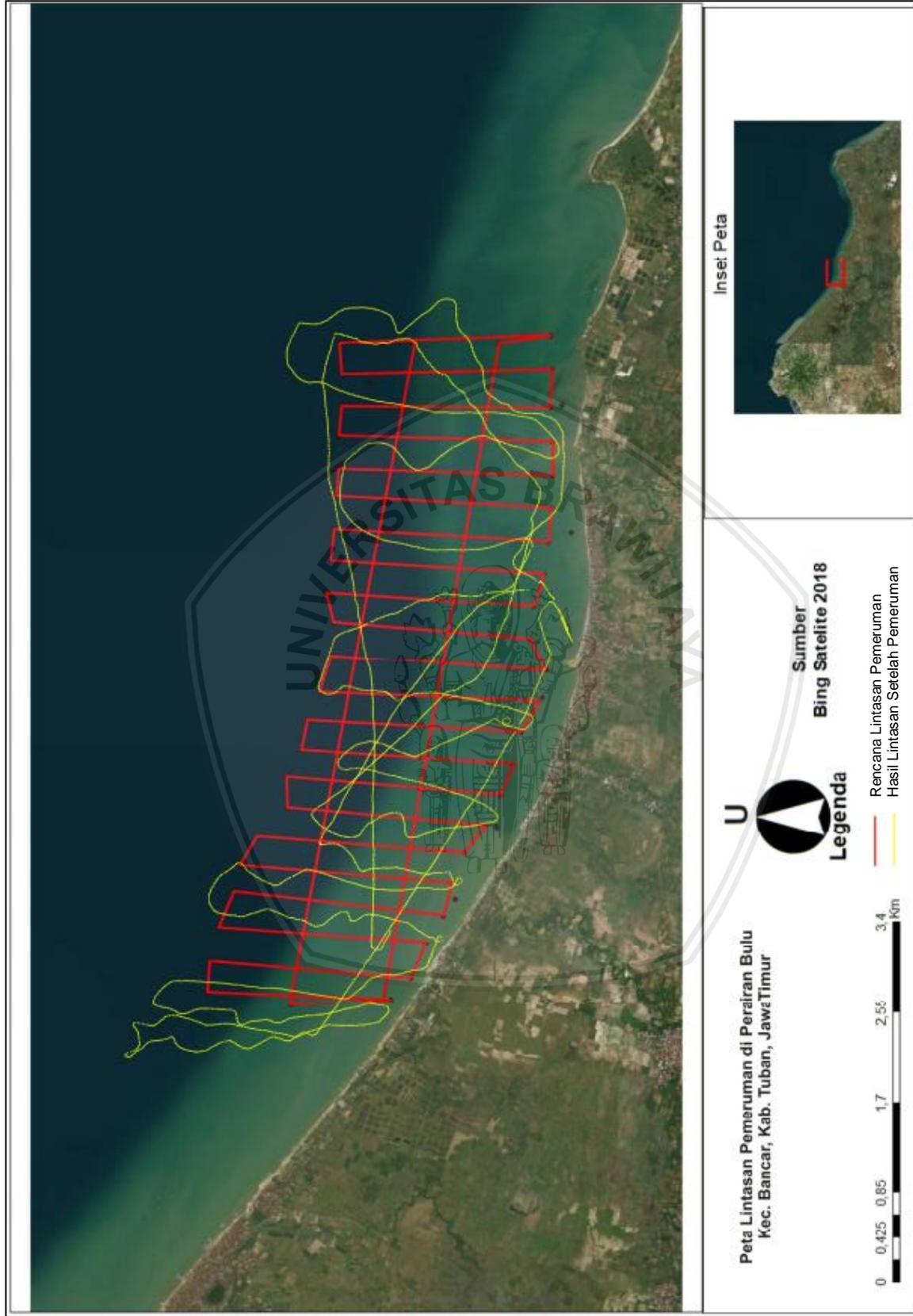
Dari hasil diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa penentuan tipe pasang surut Perairan Bulu, dengan perhitungan bilangan *formzahl* nya adalah 7 yang memiliki tipe pasang surut harian tunggal (*Diurnal*). Yakni terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Hasil perhitungan tersebut sama seperti hasil penelitian oleh Aris *et al* (2017), bahwa Perairan Tuban, Lamongan dan Perairan Utara Gresik memiliki tipe pasang surut harian tunggal (*Diurnal*). *Diurnal* adalah terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari.

Data prediksi pasang surut dan data pasang surut lapang digabungkan berfungsi menghasilkan pola grafik. Grafik yang ditampilkan akan menampilkan tingkat kesalahanan antara data observasi lapang dengan prediksi pasang surut TMD. Data grafik yang ditampilkan memiliki kemiripan pada pukul 00:00 WIB - 23:00 WIB pada tanggal 17 September 2018.

4.3.2 Hasil Data Kedalaman *Echosounder*

Pada penelitian kali ini, pengukuran data kedalaman dilakukan dengan menggunakan alat *Echosounder* yang dibawa oleh perahu, sehingga dihasilkan data berupa koordinat dan nilai kedalaman sesuai dengan jalur yang dilalui oleh alat *Echosounder*. Jalur pengukuran kedalaman yang sudah dilalui oleh perahu dengan alat *Echosounder* disebut dengan *track*. Hasil pengukuran kedalaman pada penelitian kali ini, berdasarkan *track* yang dilalui dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan tabel, didapatkan data kedalaman dari alat *Echosounder* sebesar 0,36 meter - 10,1 meter. Data kedalaman tersebut diinterpretasikan berupa 2 gambaran yang berbeda, yaitu berupa gambaran 2D dan 3D.





Gambar 7. Peta Hasil Jalur Pemeruman

Tabel 4. Contoh Kedalaman hasil pemeruman

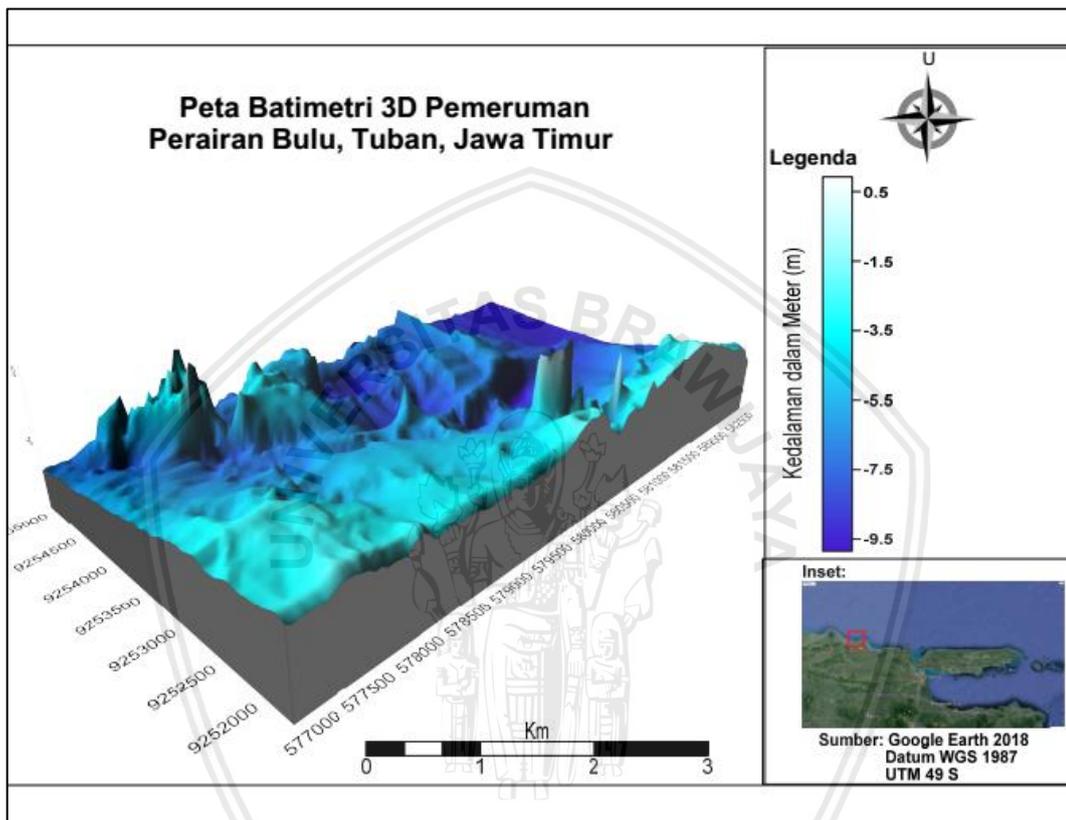
X (Easting)	Y (Northing)	Z (Meter)
580118	9251690	7
580130	9251697	7
580152	9251705	7
580169	9251710	7
580181	9251715	7
580194	9251720	7
580205	9251724	7
580212	9251727	7
580217	9251728	7
580221	9251728	8
580223	9251727	8
580227	9251729	7
580245	9251738	7
580262	9251744	7
580277	9251750	7
580292	9251756	7
580305	9251763	7

Sumber : Data Selengkapnya dapat dilihat di lampiran

4.3.3 Peta Batimetri Hasil *Sounding*

Pengolahan data kedalaman hasil pemeruman memerlukan perangkat lunak AutoCAD 2009 dan ArchGIS 10.3. Data kedalaman di interpolasi di bentuk konturnya menggunakan aplikasi AutoCAD 2009. Aplikasi autocad digunakan dalam memberikan kontur kedalaman. Hasil Pengolahan data kedalaman berbentuk 2D dan 3D. Hasil gambar peta *batimetri* 2D menunjukkan bahwa semakin gelap warna peta 2D, maka semakin dangkal dalam perairan. Semakin cerah warna peta 2D maka semakin dalam perairan tersebut, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar yang dilampirkan. Data kedalaman 3D dibuat untuk mengetahui gambar kontur dasar laut secara spesifik. Kedalaman perairan ditunjukkan pada gambar menunjukkan semakin cerah warna biru yang tertera pada gambar maka semakin dalam perairan tersebut. Semakin gelap warna biru yang ada pada gambar maka semakin dangkal juga perairannya.

Menurut penelitian Joesidawati (2016), kemiringan pantai Kabupaten Tuban yaitu memiliki kemiringan lahan relatif datar yaitu ketinggian 0 – 11 meter dibawah permukaan laut. Hal tersebut sama seperti yang tertera pada peta kedalaman batimetri di Gambar 13.



Gambar 8. Peta Batimetri 3D Pemeruman Perairan Bulu, Kab. Tuban

4.4 Perbandingan Data Citra Landsat-8 dan Data *Echosounder*

4.4.1 Hasil Perbandingan Citra Satelit Landsat-8 dan Data *Echosounder*

Hasil pengolahan citra dengan menggunakan algoritma *Van Hengel* dan *Spitzer* memiliki kombinasi masukan citra yang akan menghasilkan citra baru yang dinyatakan dalam Y1, Y2, dan Y3. Y1 merupakan data kedalaman yang belum dirubah dari citra satelit menjadi nilai kedalaman relatif (dugaan), sedangkan Y2 dan Y3 adalah hasil samping dari pengolahannya. Untuk mendapatkan kedalaman sebenarnya (absolut) diperlukan sebuah analisis

regresi antara data kedalaman citra satelit dengan kedalaman dari hasil pengukuran lapang. Nilai Y1 merupakan kedalaman relatif (dugaan) sehingga perlu untuk diregresikan dengan nilai kedalaman sebenarnya menggunakan *Echosounder* pada nilai z. Data perbandingan citra satelit dengan pengukuran lapang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Contoh Data Kedalaman Hasil *Echosounder* Dan Citra Landsat-8

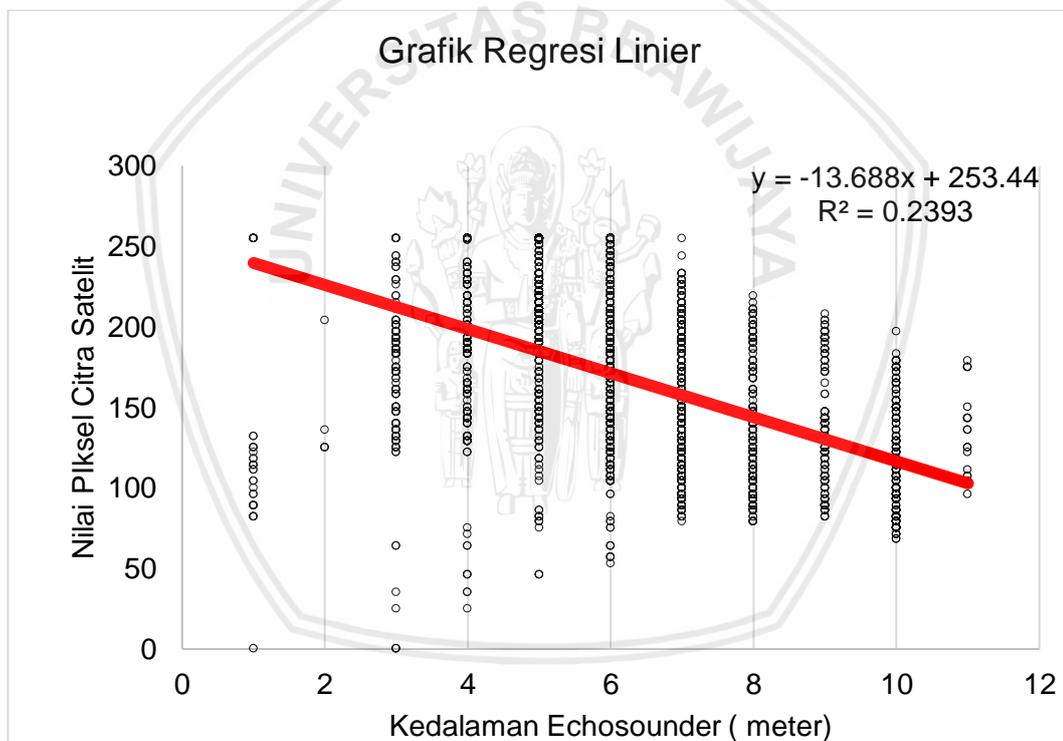
X (Easting)	Y (Northing)	Z	Y1(Data Citra Satelit)
580118	9251690	7	122
580130	9251697	7	122
580152	9251705	7	114
580169	9251710	7	114
580181	9251715	7	114
580194	9251720	7	114
580205	9251724	7	122
580212	9251727	7	122
580217	9251728	7	118
580221	9251728	8	118
580223	9251727	8	118
580227	9251729	7	118
580245	9251738	7	118
580262	9251744	7	118
580277	9251750	7	118
580292	9251756	7	118
580305	9251763	7	122

Sumber: Data Selengkapnya dapat dilihat di lampiran

Nilai *reflektansi* yang akan diregresikan dengan nilai kedalaman hasil *Echosounder* (z), akan menjadikan nilai Y1 yaitu merupakan kedalaman relatif (dugaan). Hal tersebut dilakukan sehingga didapatkan persamaan regresi yang digunakan untuk mencari nilai kedalaman absolut (nilai kedalaman sebenarnya). Analisis regresi dilakukan untuk melihat akurasi data satelit dalam menentukan batimetri perairan laut, hal tersebut dilakukan dikarenakan sebelum melakukan analisis regresi nilai kedalaman citra satelit masih bersifat relatif, karena nilai

yang dihasilkan oleh Citra Satelit Landsat-8 berupa nilai *reflektansi* dan sangat diragukan terkait keakuratan dari hasil tersebut.

Grafik regresi nilai kedalaman dari *Echosounder* pada sumbu *X* dan nilai kedalaman citra satelit berada pada sumbu *Y*. Persamaan regresi yang diperoleh akan digunakan untuk menstransformasi seluruh citra dari kedalaman *relatif* menjadi nilai piksel citra yang memiliki keadaan *absolut*. Nilai piksel yang sudah terkoreksi algoritma *Van Hangel* dan *Spitzer* dapat digunakan sebagai acuan pemetaan *batimetri*. Persamaan regresi keseluruhan data Kedalaman Perairan Bulu dengan rentang 1 m hingga 11 m yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Regresi Linier Kedalaman Perairan Bulu

Nilai *R* dan *R*² pada masing-masing kedalaman berbeda. Kedalaman Perairan Bulu memiliki nilai korelasi (*R*) sebesar 0.4891. Pada Tabel 6 didapatkan nilai koefisiensi determinasi Nilai *R*² pada kedalaman keseluruhan menyatakan bahwa 0.2393 atau sebesar 23,93% hubungan antara Kedalaman dan Nilai Piksel Citra Satelit. keragaman dalam nilai-nilai kedalaman dapat

dijelaskan oleh hubungan linier dengan transformasi nilai digital. Nilai negative pada koefisien tersebut menyatakan bahwa hubungan nilai kedalaman hasil pemeruman dengan nilai piksel citra satelit bersifat berbanding terbalik (Wahyuningrum, 2008). Nilai citra satelit Landsat-8 berkisar antara 0 – 255 Meter.

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

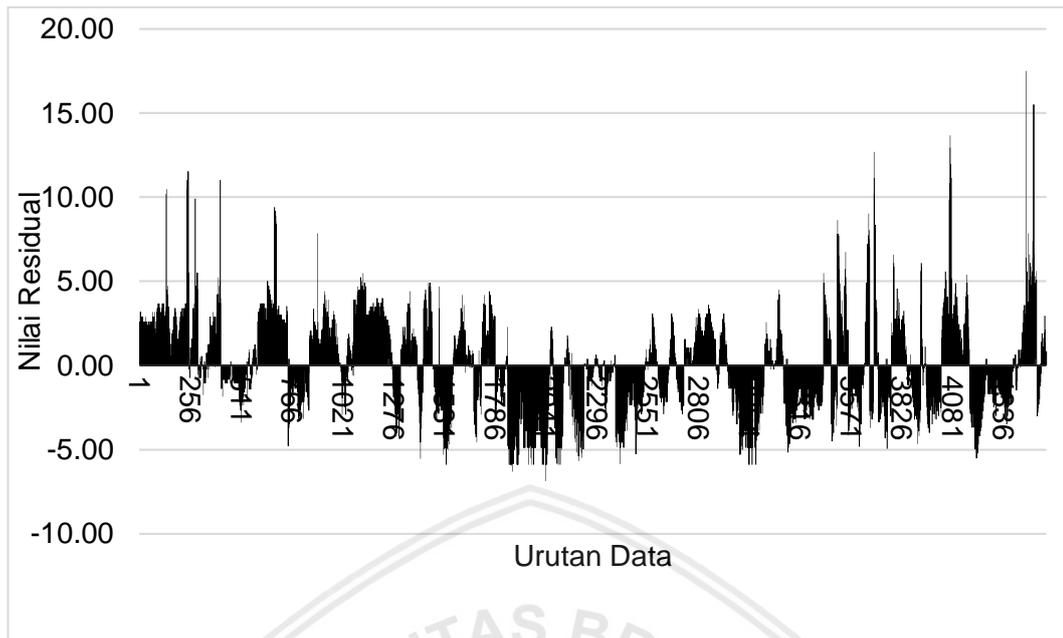
Nilai yang dihasilkan setelah pengolahan antara hasil pemeruman dengan nilai kedalaman relatif menggunakan algoritma VHS disebut dengan galat (*error*) nilai galat Kedalaman Perairan Bulu didapatkan sebesar 47.69%. Nilai Galat yang dihasilkan pada penelitian diatas memiliki hasil yang jauh dibandingkan penelitian sebelumnya yang menggunakan Citra Satelit Landsat-8 oleh Bobsaid dan Jaelani (2017) yang dilakukan di perairan Pulau Gili Iyang yang memiliki kondisi perairan jernih serta bersubtrat pasir dan terumbu karang, pada penelitian tersebut menggunakan citra Landsat 8 menghasilkan nilai galat rata-rata pada kedalaman Perairan Bulu sebesar 26,88%.

Menurut Wahyuningrum *et al.*, (2008) nilai piksel obyek yang berukuran lebih kecil dari kemampuan tangkap sensor *Landsat 8* tersebut akan digeneralisir atau dianggap sama sehingga perubahan piksel tidak mampu mengimbangi perubahan kedalaman perairan. Wilayah pada Perairan Bulu, Tuban dengan nilai galat tinggi hampir di seluruh terdapat pada perairan dangkal yang bagian dasarnya didominasi oleh pasir. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh resolusi spasial tiap piksel dari *Landsat 8* sebesar 30x30 m yang tidak dapat mendeteksi obyek dengan kondisi yang tidak jernih atau memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi.

Kondisi perairan Tuban yang jadi daerah penelitian ini memiliki morfologi substrat dasar laut berpasir dengan pecahan karang. Penginderaan jauh (PJ) merekam karakteristik pantulan dan pancaran berbagai obyek di permukaan bumi, termasuk tubuh air, dan diketahui bahwa material yang terkandung di dalam air dapat secara signifikan merubah karakteristik hamburan balik air (Ritchie et al, 2003).

Tabel 6. Perbandingan Hasil Penelitian

Penelitian	Tempat	Kondisi Perairan	Citra Satelit	Metode	Galat (%)
Penelitian ini (2019)	Perairan Bulu, Tuban	Keruh, pasir, pecahan terumbu karang	Landsat -8	<i>Van Hengel & Spitzer</i>	47.69
Bobsaid dan Jaelani (2017)	Perairan Pulau Gili, Madura	Jernih, pasir, terumbu karang	Landsat-8	<i>Van Hengel & Spitzer</i>	26,88
Wahyuningrum et al (2008)	Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu	Jernih, pasir, terumbu karang	<i>Landsat 7</i>	<i>Van Hengel & Spitzer</i>	24,6



Gambar 10. Grafik Residual Kedalaman Perairan Bulu

Pengolahan antara hasil pemeruman dengan nilai kedalaman relatif menggunakan algoritma VHS menghasilkan residual atau selisih antara kedua variabel tersebut. Nilai residual yang dihasilkan pada Kedalaman Perairan Bulu berkisar antara -6.88 sampai 17.51 (Gambar 10). Menurut Putri *et al*, (2008) residual dengan nilai negatif mengindikasikan nilai kedalaman dan proses citra satelit memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan kedalaman sebenarnya. Selain itu juga, nilai residual positif memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan kedalaman sebenarnya. Nilai residual dan galat yang lebih kecil mengindikasikan kedalaman citra satelit mendekati kedalaman sebenarnya.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dibahas diatas dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kedalaman Perairan Bulu, Tuban yang didapatkan melalui pemeruman lapang didapatkan hasil antara 1 sampai 11 meter. Sementara itu, kedalaman relatif yang didapatkan dengan analisis citra satelit Landsat 8 memiliki kisaran antara 1 sampai 255 meter.
2. Informasi batimetri perairan dangkal yang diekstraksi dari citra satelit Landsat 8 menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2393 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,4891 atau sebesar 48,91% yang artinya hubungan korelasi cukup
3. Perairan yang mempunyai Kedalaman Perairan Bulu menghasilkan nilai rata-rata galat yakni sebesar 47.69%.
4. Citra Satelit Landsat-8 dapat digunakan dalam mengestimasi kedalaman pada Perairan Bulu, Tuban, Jawa Timur.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya tentang batimetri menggunakan penginderaan jauh dengan citra satelit Landsat 8 perlu memakai metode berbeda untuk lebih memaksimalkan potensi dari citra satelit ini. Oleh karena itu, dapat menggunakan algoritma lain untuk deteksi kedalaman perairan serta kombinasi band yang berbeda dari citra satelit Landsat 8. Hal ini diharapkan agar perlakuan yang berbeda tersebut dapat menghasilkan nilai estimasi kedalaman yang mendekati nilai kedalaman sebenarnya.

LAMPIRAN

Lampiran. 1. Data pengamatan pasang surut perairan Gili Ketapang pada tanggal 17 September 2018

Waktu	Ketinggian (Meter)
01:00 WIB	1.1
02:00 WIB	1.3
03:00 WIB	1.3
04:00 WIB	1
05:00 WIB	1
06:00 WIB	0.8
07:00 WIB	0.9
08:00 WIB	0.3
09:00 WIB	0.34
10:00 WIB	0.97
11:00 WIB	1.1
12:00 WIB	1
13:00 WIB	0.9
14:00 WIB	0.7
15:00 WIB	0.7
16:00 WIB	0.40
17:00 WIB	0.44
18:00 WIB	0.2
19:00 WIB	0.1
20:00 WIB	0.1
21:00 WIB	0.3
22:00 WIB	0.3
23:00 WIB	0.6
24:00 WIB	0.9

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, Tomi. 2017. Analisis Tipe Pasang Surut di Perairan Utara Jawa Timur. Universitas Brawijaya: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Malang.
- 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). *Jurnal Teknik ITS*. 2: 2337-3520.
- Dronkers, J.J. 1964. Tidal Computation in Rivers and Coastal Waters. NorthHolland Publishing Company: Amsterdam
- 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.
- Gaol, Korsues Lumban, 2012. Pengukuran Hambur Balik Akustik Dasar Laut Di Sekitar Kepulauan Seribu Menggunakan Split Beam Echosounder. Skripsi. Institut Pertanian Bogor:
- Ismail, Muhammad Furqon., Taofiqurohman, Aniq S. 2012. Simulasi Numeris Arus Pasang Surut Di Perairan Cirebon. *Jurnal Akuatika* Vol. III (1) : 1-10.
- Joetidawati, M. I. 2016. Klasifikasi Pantai Di Pesisir Tuban Jawa Timur. Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang. Conference Paper: Malang.
- KKP, 2018. http://pipp.djpt.kkp.go.id/profil_pelabuhan/3890/informasi. Diakses Pada Tanggal 12 Maret 2018
- Lillesand, T. M., and Kiefer, R.W., 2007. Remote Sensing and Imageinterpretation, 6th Edition. Jhon Wiley & Sons Inc. New York.

- NASA, 2008. LDCM (Landsat8). ([Http://Space.Skyrocket.De/Index_Frame.Htm?Http://Www.Skyrocket.De/Space/Doc_Sdat/Ldcm.Html](http://Space.Skyrocket.De/Index_Frame.Htm?Http://Www.Skyrocket.De/Space/Doc_Sdat/Ldcm.Html)) Diakses pada tanggal 26 Januari 2018
- Padman, L & Erofeeva. S., 2005, Tide Model Driver Manual. *Earth & Space Research*.
- Purnawan, S. 2006. Hubungan Topografi Dasar Perairan dengan Sebaran Ikan di Selat Malaka. Ilmu dan Teknologi Kelautan. IPB: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Bogor.
- Putri, J.C.A., Fuad, M.A.Z., As'adi, M.A., 2018. Bathymetry Mapping Using Landsat8 Multyspectral Data Of Bangsring Coastal Area. *Omni-Akuatika* 14
- Ritchie, Jerry C., Zimba, Paul V., Everitt, James H. 2003. Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 69, 2, 695–704.
- Sarwono, J. 2009. Statistik itu Mudah: Panduan Lengkap untuk Belajar. Komputerisasi Statistik Menggunakan SPSS 16. Yogyakarta.
- Setiawan, K.T., Osawa, T., Nuarsa, I.W., 2014. Aplikasi Algoritma Van Hengel Dan Spitzer Untuk Ekstraksi Informasi Batimetri Menggunakan Data Landsat. *Semin. Nas. Penginderaan Jauh*.
- Siregar, Subarno, T., Siregar, V. & Agus, S., 2015. Evaluasi Citra Worldview-2 Untuk Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Pulau Kelapa-Harapan Menggunakan Algoritma Rasio Band. *J. Geomat. Plan.* 2, 30–37.
- Soeprbowati, 2012. Peta Batimetri Danau Rawapening. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, Vol. 14(2): 78-84,

- Syah, Achmad Fachruddin . 2010. Penginderaan Jauh Dan Aplikasinya Di Wilayah Pesisir Dan Lautan. *Jurnal Kelautan*, Volume 3: 1907-9931. Universitas Trunojoyo
- USGS, 2018 Usgs, 2018. Landsat 8 | Landsat Missions [Www Document]. Url <https://Landsat.Usgs.Gov/Landsat-8> (Accessed 1.26.18). Diakses pada tanggal 17 Oktober 2018
- Wahyuningrum, P.I., Jaya, I., & Simbolon, D., 2008. Algoritma Untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat-7 Etm+. *Bul. Psp* 17.
- Wahyuningrum, P.I. 2007. Pengembangan Algoritma Untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat -7 ETM+ (Studi Kasus: Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribum Jakarta), Skripsi. Bogor; Sekolah Paska Sarjana, Institute Pertanian Bogor.