



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGUNAAN *MACHINE LEARNING* DAN ALGORITMA STUMPF UNTUK ESTIMASI KEDALAMAN DI PERAIRAN SEMBULANG, KEPULAUAN RIAU

SURYA HASONDANGAN MARPAUNG



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Penggunaan *Machine Learning* dan Algoritma Stumpf untuk Estimasi Kedalaman di Perairan Sembulang, Kepulauan Riau” adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

Surya Hasondangan Marpaung
NIM C5502222008



ABSTRAK

SURYA HASONDANGAN MARPAUNG. Penggunaan *Machine Learning* dan Algoritma Stumpf untuk Estimasi Kedalaman di Perairan Sembulang, Kepulauan Riau. Dibimbing oleh SRI PUJIYATI dan SYAMSUL BAHRI AGUS

Informasi mengenai kedalaman perairan yang terdapat pada peta batimetri dapat digunakan sebagai pedoman bagi nelayan atau nahkoda untuk berlayar dengan aman. Salah satu cara untuk memperoleh informasi kedalaman adalah melalui pemetaan batimetri. Pemetaan batimetri dapat dilakukan menggunakan teknologi akustik atau dengan ekstraksi citra satelit menggunakan algoritma untuk memperkirakan kedalaman perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil batimetri *side scan sonar* (SSS), menganalisis kemampuan citra Sentinel-2 dalam mengestimasi batimetri dasar perairan menggunakan metode algoritma Stumpf, dan algoritma *support vector machine* (SVM), serta membandingkan data batimetri antara data akustik dengan hasil dari algoritma Stumpf dan algoritma SVM. Akuisisi data SSS dilakukan pada 15–18 Maret 2021 di Perairan Sembulang. Data pasang surut diperoleh dengan menggunakan papan pasut yang ditempatkan di Dermaga Sembulang. Citra satelit yang digunakan diambil pada 25 April 2021 dan diunduh dari situs <https://dataspace.copernicus.eu>. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi SSS C-Max CM2 Tow Fish, papan pasang surut, GPS, serta laptop dengan perangkat lunak SonarWiz 7, ArcGIS, QGIS, MATLAB, dan Surfer. Pengolahan data SSS dilakukan melalui koreksi geometrik dan radiometrik. Koreksi geometrik mencakup *layback correction*, *bottom tracking*, dan *slant range correction*, sedangkan koreksi radiometrik meliputi *beam angle correction* (BAC), *automatic gain control* (AGC), *time varying gain* (TVG), dan *empirical gain normalization* (EGN). Data pasang surut diproses menggunakan metode *admiralty*. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, antara lain pra-pengolahan citra satelit, koreksi pasang surut, estimasi kedalaman perairan dengan menggunakan 80% titik pemeruman sebagai data pelatihan, dan uji akurasi data batimetri hasil estimasi citra satelit menggunakan 20% titik pemeruman sebagai data pengujian. Total titik kedalaman kedalaman hasil akuisi akustik sebanyak 1.405 titik. Berdasarkan data hasil pemeruman, kedalaman Perairan Sembulang setelah dikoreksi terhadap pasang surut berada pada kisaran 0 hingga 26 meter. Kemiringan dasar perairan berada pada rentang 4–8°, sehingga dapat dikategorikan sebagai daerah landai. Estimasi kedalaman yang diperoleh dari citra satelit Sentinel-2 menggunakan algoritma Stumpf menunjukkan nilai kedalaman antara 0 hingga 25,935 meter, sedangkan estimasi kedalaman menggunakan algoritma SVM berkisar antara 0 hingga 25,184 meter. Nilai koefisien determinasi (R^2) antara kedalaman hasil akuisisi akustik dan kedalaman hasil ekstraksi menggunakan algoritma Stumpf adalah sebesar 0,6834. Sementara itu, nilai koefisien determinasi (R^2) antara kedalaman akustik dan hasil ekstraksi menggunakan algoritma SVM sebesar 0,7378. Nilai-nilai koefisien determinasi tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara data hasil akuisisi lapangan dengan kedalaman hasil ekstraksi dari algoritma Stumpf dan SVM.

Kata kunci: batimetri, satelit, *side scan sonar*, stumpf, *support vector machine*

ABSTRACT

SURYA HASONDANGAN MARPAUNG. Using Machine Learning and Stumpf Algorithm for Depth Estimation in Sembulang Waters, Riau Islands. Supervised by SRI PUJIYATI and SYAMSUL BAHRI AGUS

Information on water depth contained in bathymetric maps can serve as a navigational guide for fishermen or ship captains to sail safely. One of the methods to obtain depth information is through bathymetric mapping. Bathymetric mapping can be conducted using acoustic technology or through the extraction of satellite imagery using algorithms to estimate water depth. This study aims to analyze bathymetric results obtained from side scan sonar (SSS), to evaluate the capability of Sentinel-2 imagery in estimating seafloor bathymetry using the Stumpf algorithm and the support vector machine (SVM) algorithm, and to compare the bathymetric data derived from acoustic measurements with the results of the Stumpf and SVM algorithms. SSS data acquisition was carried out from 15 to 18 March 2021 in the Sembulang Waters. Tidal data were collected using a tide board installed at the Sembulang Pier. The satellite imagery used in this study was captured on 25 April 2021 and downloaded from <https://dataspace.copernicus.eu>. The equipment used in this research included the SSS C-Max CM2 Tow Fish, tide board, GPS, and a laptop equipped with SonarWiz 7, ArcGIS, QGIS, MATLAB, and Surfer software. SSS data processing was conducted through geometric and radiometric corrections. Geometric corrections included layback correction, bottom tracking, and slant range correction, while radiometric corrections involved beam angle correction (BAC), automatic gain control (AGC), time varying gain (TVG), and empirical gain normalization (EGN). Tidal data were processed using the Admiralty method. This study was conducted in several stages, including satellite image pre-processing, tidal correction, depth estimation using 80% of the sounding points as training data, and accuracy assessment of the bathymetric data estimated from satellite imagery using the remaining 20% of the sounding points as testing data. The total number of depth points obtained from the acoustic acquisition is 1.405 points. Based on the sounding data, the depth of Sembulang Waters after tidal correction ranged from 0 to 26 meters. The seabed slope was within the range of 4–8°, which classifies the area as gently sloping. Depth estimates derived from Sentinel-2 satellite imagery using the Stumpf algorithm ranged from 0 to 25.935 meters, while those estimated using the SVM algorithm ranged from 0 to 25.184 meters. The coefficient of determination (R^2) between the acoustic depth measurements and the depth extracted using the Stumpf algorithm was 0.6834. Meanwhile, the R^2 value between acoustic measurements and depth extracted using the SVM algorithm was 0.7378. These R^2 values indicate a strong correlation between the field-acquired data and the depth estimates produced by the Stumpf and SVM algorithms.

Keywords: bathymetry, satellite, side scan sonar, Stumpf, support vector machine



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**PENGUNAAN *MACHINE LEARNING* DAN ALGORITMA STUMPF
UNTUK ESTIMASI KEDALAMAN DI PERAIRAN SEMBULANG,
KEPULAUAN RIAU**

SURYA HASONDANGAN MARPAUNG

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Magister pada

Program Studi Teknologi Kelautan

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc.

2. Dr. Risti Endriani Arhatin, S.Pi., M.Si.

Judul Tesis : Penggunaan *Machine Learning* dan Algoritma Stumpf untuk
Estimasi Kedalaman di Perairan Sembulang, Kepulauan Riau

Nama : Surya Hasondangan Marpaung

NIM : C5502222008

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si.

NIP : 196710211992032002

Pembimbing 2:

Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si.

NIP 197207262005011002



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si.

NIP : 196710211992032002

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:

Prof. Dr. Ir. Ferdinan Yulianda, M. Sc

NIP. 19630731 198803 1 002



Tanggal Ujian:
27 Mei 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karunia-Nya sehingga penulisan penelitian ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Pemetaan Batimetri dengan judul “Penggunaan *Machine Learning* dan Algoritma Stumpf untuk Estimasi Kedalaman di Perairan Sembulang, Kepulauan Riau”. Penulis juga berkenan mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr.Ir. Sri Pujiyati, M.Si dan Bapak Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi, M.Si selaku dosen komisi pembimbing tugas akhir atas saran dan masukan yang telah diberikan selama penyusunan tugas akhir tesis
2. Bapak M. Zainuddin Lubis, S.I.K., M.Si. yang telah berkenan mengizinkan penulis mengambil data bersama dengan mahasiswa Politeknik Negeri Batam
3. Ibu Dr. Ir. Dinar Tri Soelistyowati D.E.A. selaku moderator seminar hasil
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc. sebagai penguji luar komisi sidang ujian akhir tesis
5. Ibu Dr. Risti Endriani Arhatin, S.Pi., M.Si. sebagai perwakilan Program Studi Magister dalam sidang ujian akhir tesis
6. Mendiang Bapak Tambok Marojahan Marpaung, Ibu Elvina Nurmida Tambunan, dan secara khusus kepada Ompu Boru Bestina Br. Pasaribu yang senantiasa percaya, selalu berjuang, dan mendoakan penulis hingga bisa ditahap seperti ini
7. Teman-teman penulis yaitu Bang Farel, Bang Ilham, dan Bang Teguh yang membantu penyusunan tesis ini. Serta kepada teman-teman magister teknologi kelautan angkatan 2021 dan 2022
8. Ibu Agrint, Ibu Dyana, dan Ibu Iis yang memberikan kesempatan bekerja pertama kali pada penulis untuk bekerja di BFI Finance. Serta kepada Bang Ryan, Izza, dan teman-teman yang bekerja bersama dengan penulis selama di BFI Finance
9. Tidak lupa kepada adik-adik yang saya sangat sayangi yaitu Nikolas Marpaung, Ariel Marpaung, dan Kasih Marpaung
10. Seluruh keluarga besar Marpaung dan juga keluarga besar Tambunan atas segala doa dan dukungannya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat

Bogor, Juni 2025

Surya Hasondangan Marpaung



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat	5
2.2 Alat dan Bahan	6
2.3 Akuisisi Data <i>Side Scan Sonar</i>	7
2.4 Akuisisi Data Citra Satelit Sentinel-2	8
2.5 Pasang Surut	8
2.6 Koreksi Pasang Surut	10
2.7 Prosedur Analisis Data	11
2.7.1 Pemrosesan Data <i>Side Scan Sonar</i>	11
2.7.2 Pengolahan Data Citra Satelit	12
2.8 Koreksi Data <i>Side Scan Sonar</i>	14
2.9 Koreksi Jalur Silang	17
2.10 Estimasi Nilai Kedalaman Algoritma Stumpf dan SVM	18
2.10.1 Metode Algoritma <i>Stumpf</i>	18
2.10.2 Metode <i>Support Vector Machine</i>	18
2.11 Korelasi Data Satelit dan Akustik	20
2.12 Uji-t Data Batimetri di Perairan Sembulang	20
2.13 Kedalaman Alur Pelayaran	21
III HASIL DAN PEMBAHASAN	22
3.1 Karakteristik Penduduk di Kecamatan Galang	22
3.2 Karakteristik Pasang Surut Perairan Sembulang	22
3.3 Mosaik <i>Side Scan Sonar</i>	24
3.4 Ketelitian Data Kedalaman	25
3.5 Batimetri Perairan Sembulang Akuisisi <i>Side Scan Sonar</i>	26
3.6 Algoritma <i>Band</i> Rasio Stumpf	28
3.7 Algoritma <i>Support Vector Machine</i>	30
3.8 Perbandingan Batimetri Akustik, Estimasi Stumpf, dan SVM	32
3.9 Hasil Uji-t Data Batimetri di Perairan Sembulang	35
3.10 Aplikasi Hasil Penelitian	35
IV SIMPULAN DAN SARAN	37
4.1 Simpulan	37
4.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	64

DAFTAR TABEL

1	Perangkat lunak untuk pengolahan data	6
2	Spesifikasi alat SSS C-Max CM2	7
3	Spesifikasi <i>band</i> satelit Sentinel-2	8
4	Komponen pasang surut	9
5	Hasil komponen pasang surut	23
6	Nilai elevasi pasang surut	23
7	Koreksi data kedalaman pengukuran SSS di Perairan Sembulang	26
8	Hasil uji koefisien korelasi	28
9	Hasil uji-t data batimetri akustik dengan batimetri estimasi	35
10	Perhitungan kedalaman minimum kapal nelayan	36

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi survei pemeruman <i>side scan sonar</i>	5
2	Komponen alat <i>side scan sonar</i> C-Max CM2	6
3	Prinsip kerja SSS (a) prinsip pengambilan data SSS (b) hasil citra yang diakuisisi SSS	7
4	Pengukuran pasang surut di Perairan Sembulang menggunakan papan pasut yang dipasang di tiang dermaga	9
5	Alur tahapan pemrosesan data <i>side scan sonar</i>	12
6	Alur tahapan estimasi kedalaman citra sentinel	14
7	Koreksi <i>bottom tracking</i>	15
8	Skema koreksi <i>slant range</i>	15
9	Skema koreksi <i>layback</i>	16
10	Koreksi <i>time varying gain</i>	17
11	Grafik pemodelan pasang surut stasiun pasut dermaga Sembulang pada bulan Maret 2021	22
12	Mosaik <i>side scan sonar</i> C-Max CM2 di Perairan Sembulang	24
13	Peta kontur batimetri Perairan Sembulang secara 2 dimensi	27
14	Peta kontur batimetri Perairan Sembulang secara 3 dimensi	27
15	Kedalaman hasil model algoritma Stumpf	29
16	Uji regresi data kedalaman akustik dan hasil estimasi algoritma Stumpf	30
17	Kedalaman hasil model algoritma SVM	31
18	Uji regresi data kedalaman akustik dan hasil estimasi algoritma SVM	32
19	Peta kontur batimetri (a) Interpolasi data lapang (b) Algoritma Stumpf (c) Algoritma SVM	33
20	Profil 3 dimensi batimetri Perairan Sembulang a) Akuisi data lapang b) Algoritma Stumpf c) Algoritma SVM	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR LAMPIRAN

1	Pengukuran tinggi pasang surut	44
2	Kapal yang digunakan untuk akusisi data	44
3	Data <i>project report</i> SSS yang diekspor ke dalam .csv	45
4	Proses pengolahan citra SSS menggunakan Sonar Wiz 7	46
5	Data pengukuran langsung pasang surut	47
6	Perbandingan citra sebelum dan sesudah koreksi	54
7	Klasifikasi <i>slope</i> di Perairan Sembulang	55
8	Syntax <i>support vector machine</i> menggunakan <i>matlab</i>	55
9	Data kedalaman akustik, Stumpf, dan SVM	56
10	Uji t kedalaman akustik, algoritma Stumpf, dan SVM	63



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.