

## EKSTRAKSI DATA CITRA KOORDINAT BUMI PADA PETA DIGITAL PESEBARAN IKAN

Muhammad Khoirul Hasin<sup>1</sup>, Noorman Rinanto<sup>2</sup>, Afif Zuhri Arfianto<sup>3</sup>,  
Dian Asa Utari<sup>4</sup>, Aminatus Sa'diyah<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

<sup>4,5</sup>Teknik Desain dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email: <sup>1</sup>khoirul.hasin@ppns.ac.id, <sup>2</sup>noorman.rinanto@ppns.ac.id, <sup>3</sup>afif@ppns.ac.id, <sup>4</sup>dian.asa.utari@ppns.ac.id,  
<sup>5</sup>am.sadiyah@ppns.ac.id

(Naskah masuk: 15 Oktober 2018, diterima untuk diterbitkan: 30 Oktober 2018)

### Abstrak

Dalam teknologi penangkapan ikan yang berkembang saat ini masih menggunakan teknologi *fishfinder* yang berbasis akustik, selain mahal tidak semua ikan terdeteksi alat ini. Padahal Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) saat ini telah menyediakan peta digital daerah persebaran ikan. Peta tersebut kita kenal dengan Peta Perkiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sudah mulai dikembangkan teknologi yang lebih baik, yang dinamakan *Portable Virtual Assistant* untuk nelayan. Penelitian ini menfokuskan pada cara memperoleh data *latitude* dan *longitude* area berkumpulnya ikan yang berasal dari peta PPDPI. Terlebih dahulu gambar peta digital tersebut diolah dengan cara menentukan area fokus gambar peta yang akan diolah pada tahap berikutnya dengan menggunakan *image processing*. Area fokus gambar peta tersebut dirubah dari gambar berwarna menjadi hitam-putih. Dengan hitam-putih, gambar lebih mudah diolah lagi untuk ditemukan titik koordinat piksel gambar. Titik koordinat piksel tersebut dirubah ke *latitude* dan *longitude* dengan cara menggunakan rumus perbandingan *latitude* dan *longitude* peta dunia. Hasil penelitian ini mampu memberikan keakurasian hingga 1.791838% untuk *latitude* dan 1.11416% untuk *longitude*.

**Kata kunci:** PPDPI, pengolahan citra, *latitude*, *longitude*

## DATA EXTRACTION OF EARTH COORDINATE IMAGE ON FISH DISTRIBUTION DIGITAL MAP

### Abstract

Existing fishing technology still uses the acoustic-based fishfinder, besides expensive, it does not detect all types of fish. Whereas, Ministry of Marine Affairs and Fisheries Republic of Indonesia has provided digital map of fish distribution. The digital map is known as Peta Perkiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI). To tackle the problem, a better technology has just been developed, namely Portable Virtual Assistant for sailor. This study focuses on how to get latitude and longitude of fish group sourcing from the PPDPI map. Firstly the digital map is processed to determine the focus area of map image processed on the next steps by image processing. The focus area of map image is changed from color image to black and white image. By black and white image, it is easier to be processed again to be found coordinate-piksel of image. The coordinate-piksel was converted to latitude and longitude by comparing formula latitude and longitude of world map. The result is able to give accuracy up to 1.791838% for latitude and 1.11416% for longitude.

**Keywords:** PPDPI, image processing, *latitude*, *longitude*

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dimana luas wilayah lautannya mencakup 2/3 luas total wilayahnya. Wajar bagi penduduk Indonesia banyak yang memilih mata pencaharian sebagai nelayan. Pada tahun 2014, Badan Pusat Statistik melaporkan bahwa jumlah rumah tangga perikanan budidaya laut sebesar 182.179 keluarga. Oleh karena itu,

diperlukan perhatian khusus untuk rumah tangga tersebut agar kehidupannya lebih sejahtera. Tentunya ada beberapa masalah yang harus diselesaikan terkait dengan nelayan, salah satunya adalah optimasi jumlah tangkapan ikan yang didapat nelayan. Dalam teknologi penangkapan ikan yang berkembang saat ini masih menggunakan teknologi *fishfinder* yang berbasis akustik, penggunaan teknologi ini memiliki beberapa kelemahan

diantaranya mahalnnya harga perangkat *fishfinder* yang belum terjangkau oleh nelayan tradisional. Selain itu kelemahan dari akustik ini tidak semua ikan terdeteksi oleh perangkat ini. Kementerian kelautan dan perikanan (KKP) saat telah menyediakan peta digital daerah persebaran ikan. Peta tersebut kita kenal dengan Peta Perkiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI). PPDPI merupakan inovasi teknologi dalam mendukung kegiatan usaha penangkapan ikan yang dikembangkan oleh Balai Penelitian dan Observasi Laut yang dilakukan sejak tahun 2000, telah dihadirkan ditengah-tengah masyarakat nelayan untuk membantu aktifitas penangkapan ikan di Indonesia namun hanya sedikit nelayan yang telah memanfaatkan inovasi teknologi ini, oleh sebab itu dirasa perlu untuk menyebarkan informasi ini kepada masyarakat nelayan agar lebih bermanfaat dan mendorong peningkatan produksi perikanan secara nasional.

Pengembangan teknologi untuk kegiatan nelayan di laut telah dilakukan dengan pembuatan sistem informasi keamanan berlaut, informasi didapatkan dari nilai kecepatan angin dan terang dan gelapnya awan. Sistem bekerja dengan perangkat ini diletakan pada daerah yang akan diukur anginnya dan terang gelapnya awan. Angin akan menggerakkan baling-baling *anemometer* yang tersambung dengan motor DC, dari motor DC yang bergerak dihasilkan tegangan, tegangan ini yang akan dinaikkan nilainya dengan rangkaian Op-Am (HANDOKO et al., 2017).

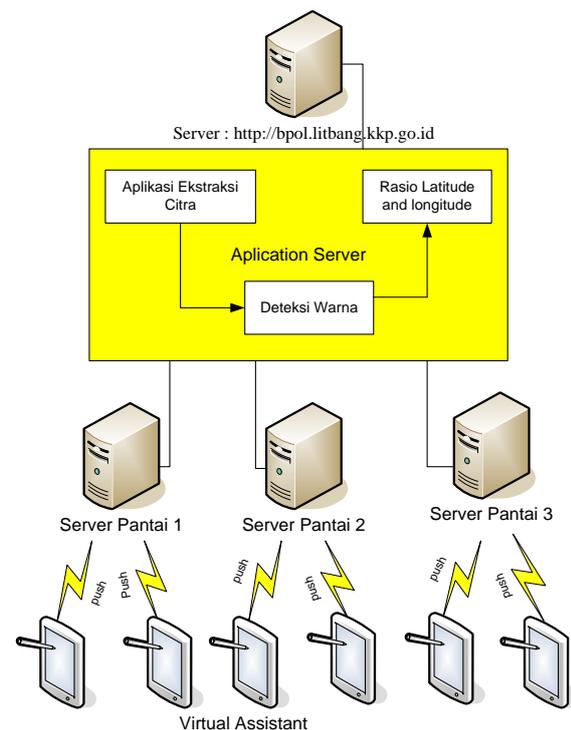
Selain itu pengembangan teknologi komunikasi untuk nelayan tradisional juga telah dikembangkan. Nelayan tradisional masih menggunakan komunikasi suara dalam komunikasi di laut. Pada umumnya sistem komunikasi di laut menggunakan sistem komunikasi satelit. Namun untuk menyelenggarakan sistem komunikasi satelit pada nelayan tradisional tidaklah mudah, kendala paling utama adalah biaya infrastruktur dan operasional. Laboratorium Jaringan Telekomunikasi ITS memperkenalkan sistem komunikasi laut pada nelayan tradisional yang dikenal dengan VMeS (Vessel Messaging System). Dalam VMeS dikembangkan website interaktif yang memiliki fitur untuk mengetahui posisi kapal dan pesan interaktif antara pengguna layanan VMeS (keluarga, pemerintah, pemilik kapal) dengan nelayan di laut. (ARFIANTO et al., 2010).

Informasi yang terkandung dalam PPDPI merupakan posisi koordinat lintang dan bujur pada daerah yang diduga sebagai potensi daerah penangkapan ikan. Titik koordinat daerah potensi penangkapan ikan tersebut harus pula dapat digambarkan pada peta yang tersedia sesuai wilayah atau zona PPDPI yang dimaksud. Setelah tergambar pada peta selanjutnya nahkoda kapal dapat menghitung jarak tempuh, lama diperjalanan, kebutuhan bahan bakar, kebutuhan es, kebutuhan bahan makanan dan air tawar.

Hanya sedikit nelayan yang telah memanfaatkan inovasi teknologi PPDPI ini, oleh sebab itu dirasa perlu untuk menyebarkan informasi ini kepada masyarakat nelayan agar lebih bermanfaat dan mendorong peningkatan produksi perikanan secara nasional. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sudah mulai dikembangkan teknologi yang lebih baik, yang dinamakan *Portable Virtual Assistant* untuk nelayan. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan PPDPI yang sudah ada dan informasi tersebut disebarkan ke nelayan dengan perangkat yang tepat guna. Peralatan yang digunakan di nelayan cukup mudah dan tepat guna. Hanya sebuah kotak *Portable Virtual Assistant* dimana alat itu sebelum berangkat dikoneksikan ke komputer yang ada di pantai untuk memperbarui lokasi persebaran ikan hari itu. Perangkat ini dapat memberikan informasi ke nelayan kalau kapalnya sudah mendekati lokasi persebaran ikan.

## 2. METODE PENELITIAN

Desain dari *Portable Virtual Assistant* seperti ditunjukkan pada gambar 1. Pada gambar tersebut, diketahui bahwa obyek penelitian pada paper ini yaitu bagian yang berwarna kuning.



Gambar 1. Rancangan Besar *Portable Virtual Assistant*

Tantangan riset ini adalah cara memperoleh data *latitude* dan *longitude* area berkumpulnya ikan dengan biaya yang sangat murah, mengingat kemampuan finansial nelayan tradisional di bawah standar. Untuk menjawab dari tantangan tersebut, maka penelitian ini membaginya ke dalam beberapa langkah, diantaranya:

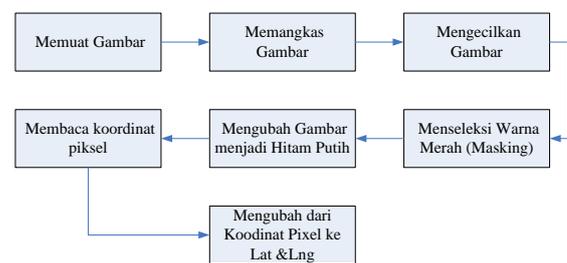
1. Mencari sumber data yang murah. Balai Penelitian dan Observasi Laut (BPOL) menyediakan gambar peta persebaran ikan per pulau yang tersedia di website <http://bpol.litbang.kkp.go.id>, masyarakat bisa memanfaatkan data tersebut tanpa biaya untuk kepentingannya masing-masing.
2. Mengambil gambar tersebut secara otomatis. Masalah ini sangat memungkinkan untuk diselesaikan dengan membangun aplikasi ekstraksi gambar, dimana aplikasi ini mencari link unduh pada halaman peta persebaran ikan selanjutnya link unduh tersebut dieksekusi dan file gambarnya disimpan di dalam server.
3. Memperoleh titik *latitude* dan *longitude*. Pada langkah ini penulis bagi menjadi dua bagian:
  - Mendeteksi area persebaran ikan pada gambar. Tahap ini menggunakan salah satu metode *computer vision*, yaitu *Color Detection*.
  - Membuat rasio gambar peta dalam piksel dengan titik *latitude* dan *longitude*. Tahap ini membandingkan nilai per piksel dari gambar dengan perubahan *latitude* dan *longitude* pada peta.
4. Mengirim titik *latitude* dan *longitude* ke server pantai. Dengan menggunakan *push notification* diharapkan data yang terkirim realtime, yaitu sekali ada perubahan data langsung terkirim ke masing-masing server.
5. Membangun aplikasi pada server pantai. Tentunya penulis akan membangun aplikasi tersebut dengan tampilan yang sederhana dan mudah untuk dioperasikan oleh target pengguna, yaitu nelayan.
6. Membuat Alat *Virtual Assistance*. Alat yang akan dipasang di setiap perahu ini nantinya dikemas anti air laut dan hanya menggunakan sensor GPS, tentunya juga dilengkapi dengan penanda berupa lampu indikator ketika sudah mendekati area berkumpulnya ikan.

Untuk mewujudkan Portable Virtual Assistant, tahap awal pada riset ini memfokuskan pada cara memperoleh data *latitude* dan *longitude* area berkumpulnya ikan yang berasal dari peta PPDPI. Luaran penelitian ini adalah aplikasi untuk mengubah peta digital (PPDPI) yang telah ada menjadi bentuk kordinat. Untuk memperoleh titik *latitude* dan *longitude* area perkumpulan ikan pada peta gambar digital dengan menggunakan *color detection* pada *computer vision* dengan menggunakan library OpenCV menggunakan bahasa Python. Pemrosesan gambar peta yang dilakukan di dalam OpenCV seperti gambar 2.

Pada gambar 2 dapat diketahuai alur proses ekstraksi data peta digital menggunakan OpenCV

dimana proses-proses tersebut secara detil dijelaskan sebagai berikut:

1. *Memuat Gambar*. Gambar peta persebaran ikan per pulau yang bersumber dari Balai Penelitian dan Observasi Laut (BPOL) (<http://bpol.litbang.kkp.go.id>), dimuat ke dalam library OpenCV.
2. *Memangkas Gambar*. Gambar yang akan diproses hanya pada gambar peta.
3. *Mengecilkan Gambar*. Untuk menstandarkan ukuran dimensi gambar peta.
4. *Menseleksi warna merah*. Warna merah adalah legenda dari posisi ikan pada peta sehingga gambar yang dihasilkan adalah selain warna merah tidak dirubah menjadi putih.
5. *Merubah ke Gambar Hitam Putih*. Ini dimaksudkan supaya objek ikan pada peta terlihat jelas.
6. *Membaca Koordinat Piksel*. Untuk memperoleh posisi koordinat objek ikan.
7. *Merubah dari Koordinat Piksel ke Latitude Longitude*. Dengan menggunakan rumus perbandingan *latitude* dan *longitude* nya dapat ditemukan dengan menggunakan nilai koordinat piksel.



Gambar 2. Alur Pemrosesan Gambar Peta Digital Menggunakan OpenCV

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Latitude* merupakan garis yang melintang di antara kutub utara dan selatan, dimana garis ini yang menghubungkan antara sisi timur dan barat bagian bumi sedangkan *longitude* adalah garis yang menghubungkan antara sisi utara dan selatan bumi. Untuk memudahkan pembacaan *latitude* dan *longitude*, bumi dibentangkan membentuk persegi panjang. Dari persegi panjang tersebut, terdapat lebar dan panjang, dimana panjang direpresentasikan sebagai sumbu  $x$  dan lebar sebagai sumbu  $y$ . Sumbu  $x$  bisa disamakan dengan *longitude* sedangkan sumbu  $y$  adalah *latitude*. *Latitude* dan *longitude* tersebut biasa digunakan untuk membantu menentukan suatu lokasi. *Latitude* dan *longitude* memiliki satuan derajat. Total derajat dari *latitude* adalah 180 derajat, dengan rentang 0 hingga 90 di bagian atas dan 0 hingga -90 di bagian bawah dan *longitude* adalah 360 derajat, dengan rantang 0

hingga -180 di bagian kiri dan 0 hingga 180 dibagian kanan.

Riset ini membandingkan *latitude* dan *longitude* dengan piksel. Definisi piksel sendiri adalah titik terkecil dari sebuah gambar sehingga bisa dikatakan bahwa gambar merupakan kombinasi dari beberapa piksel, semakin besar ukuran gambar maka semakin banyak pula jumlah pikselnya. Dalam *computervision*, piksel juga bisa direpresentasikan dalam koordinat namun bedanya dengan *latitude* dan *longitude*, bisa jadi objek gambar yang sama memiliki jumlah piksel yang berbeda sehingga tidak ada rentang baku dari koordinat piksel. Koordinat piksel dalam computer vision tidak memiliki nilai minus dan titik nol dimulai dari pojok kiri atas dari suatu gambar. Jika dimensi citra direpresentasikan dalam baris *M* dan kolom *N* maka rentang baris dimulai dari 0 hingga *M-1* dan rentang kolom dimulai dari 0 hingga *N-1*. Sedangkan piksel bisa representasikan dalam fungsi  $f(0, 0)$  untuk titik paling kiri atas,  $f(0, N-1)$  untuk titik paling kanan atas,  $f(M-1, 0)$  untuk titik paling kiri bawah dan  $f(M-1, N-1)$  untuk titik paling kanan bawah, dimana  $f$  adalah intensitas warna citra, seperti yang terlihat pada persamaan(1).

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & \dots & f(0, N-1) \\ \dots & \dots & \dots \\ f(M-1, 0) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Untuk bisa melakukan konversi dari piksel ke *latitude* dan *longitude* digunakan rumus perbandingan persamaan (2) dan persamaan (3).

$$pLat = \frac{180}{height} (2)$$

$$pLng = \frac{360}{width} \quad (3)$$

Dimana:

- $pLat$  = latitude per piksel
- $pLng$  = longitude per piksel
- $height$  = tinggi gambar dalam piksel (*M*)
- $width$  = lebar gambar dalam piksel (*N*)

Sedangkan untuk bisa mengetahui posisi *latitude* dan *longitude* suatu objek yang sudah diketahui posisi koordinat piksel nya bisa menggunakan persamaan(4) dan persamaan (5).

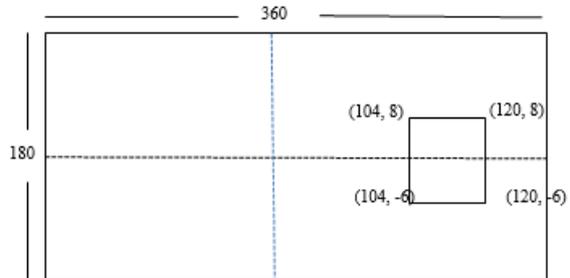
$$lat = y * pLat \quad (4)$$

$$lng = x * pLng \quad (5)$$

Dimana:

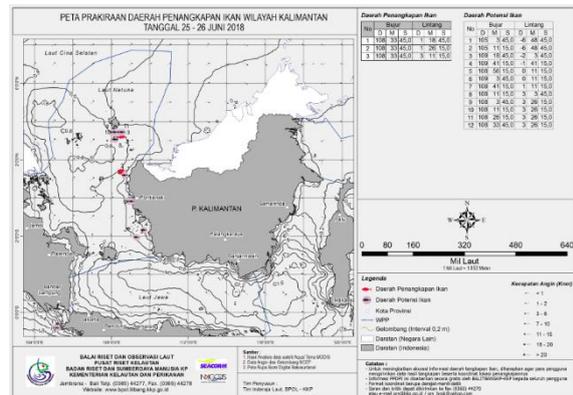
- $lat$  = posisi *latitude* suatu objek
- $lng$  = posisi *longitude* suatu objek
- $x$  = koordinat x piksel gambar
- $y$  = koordinat y piksel gambar

Kasus dalam riset ini adalah menentukan posisi *latitude* dan *longitude* pada potongan sebuah peta seperti pada gambar 3. Gambar 3 tersebut berada pada posisi memotong garis ekuator yang membagi garis *latitude* (90 dan -90 derajat) dan berada di sebelah kanan garis meridian yang bernilai 0 hingga 180 derajat.

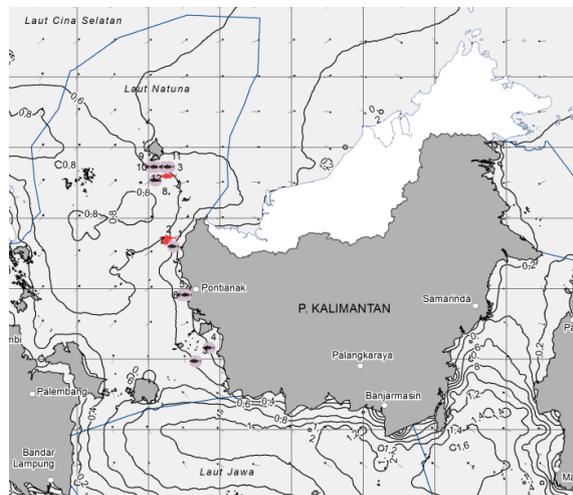


Gambar 3. Layout Gambar Peta Digital dalam Kasus Riset

Dari gambar 4 dilakukan beberapa tahapan pengolahan gambar. Pengolahan gambar pada riset ini menggunakan library OpenCV Python seperti yang diilustrasikan pada gambar 2. Pertama, dilakukan pemangkasan gambar sehingga pada garis *longitude* memiliki rentang 104 hingga 120 derajat dan garis *latitude* memiliki rentang -6 hingga 8 derajat seperti pada gambar 5.



Gambar 4. Gambar Peta Digital Asli dari Website BPOL (Sumber: Balai Penelitian dan Observasi Laut.)

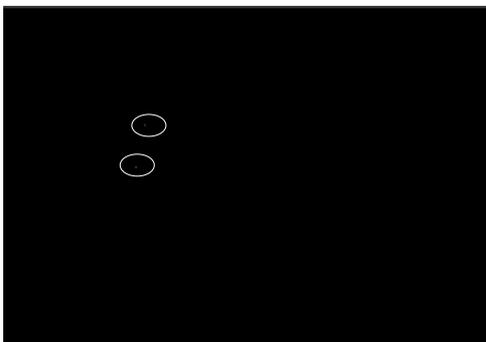


Gambar 5. Hasil Pemangkasan Gambar

Langkah kedua yaitu pengecilan gambar, ini dilakukan untuk menstandarkan dimensi gambar, yang mana untuk lebar bernilai 770 dan panjang bernilai 634. Langkah ketiga adalah menseleksi warna merah. Cara yang dilakukan adalah mendefinisikan rentang warna merah dengan menggunakan warna RGB (*RedGreenBlue*), yaitu batas bawah B = 17, G = 15, dan R = 100 sedangkan batas atasnya B = 50, G = 56, dan R = 200. Piksel diluar rentang tersebut dirubah menjadi warna hitam. Citra yang dihasilkan pada langkah ini adalah gambar yang hanya menampilkan piksel yang berwarna merah.

Langkah keempat, gambar yang semula berwarna dirubah ke hitam putih atau citra biner. Hal ini untuk mempermudah dalam pendeteksian objek ikan pada peta gambar, dengan menggunakan persamaan(6), dimana jika nilai intensitas warna diantara 12 hingga 255 dirubah ke 1 (putih) selain rentang tersebut dirubah 0 (hitam). Hasilnya seperti yang terlihat pada gambar 6 (titik putih tidak nampak di gambar karena ukurannya terlalu kecil namun diperjelas lokasinya di dalam lingkaran putih). Langkah Kelima, mencari koordinat warna putih yang merepresentasikan objek ikan. Pada tahap ini diperoleh koordinat seperti pada tabel 1 kolom y dan x

$$f(x, y) = \begin{cases} 1, & 12 < 255 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 6. Perubahan Gambar dari Berwarna ke Hitam Putih

Tabel 1. Hasil Dari Perhitungan Rumus Perbandingan Piksel dan Latitude Longitude

No	y	x	Lat	Lng	8 - lat	104 + lng
1	210	205	4.6372	4.2597	3.3627	108.25
			239747	402597	760252	97402
			6	4	365926	59740
2	211	207	4.6593	4.3012	3.3406	108.30
			059936	987013	940063	12987
			9		09148	01298
3	286	193	6.3154	4.0103	1.6845	108.01
			574132	896103	425867	03896
			5	9	50788	10389
4	286	194	6.3154	4.0311	1.6845	108.03
			574132	688311	425867	11688
			5	7	50788	31168

Dengan menggunakan persamaan (2) dan persamaan(3) ditemukan konversi dari piksel ke *latitude* dan *longitude*.

$$pLat = \frac{8 - (-6)}{634} = 0.022082019$$

$$pLng = \frac{120 - 104}{770} = 0.020779221$$

Maka untuk mengetahui posisi *latitude* dan *longitude* objek ikan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (5), diketahui y = 210 dan x = 205 pada tabel 1. Hasil lengkapnya bisa dilihat pada tabel 1 kolom *lat* dan *lng*.

$$lat = 210 * 0.022082019 = 4.63722397476$$

$$lng = 205 * 0.020779221 = 4.25974025974$$

Hasil diatas belum selesai, karena jumlah derajat latitude dan longitude yang diberikan bukan merupakan jumlah derajat dari gambar peta bumi. Oleh karenanya dibutuhkan penyesuaian. Lat yang sudah ditemukan adalah latitude yang dihitung dari pojok kiri kanan gambar peta sehingga supaya nilainya benar maka nilai latitude dikurangkan 8 (8 - lat). Sedangkan untuk *longitude*, nilai yang ditemukan dimulai dari 104, agar nilainya benar maka ditambahkan dengan 104 (104 + lng). Hasil perhitungannya bisa dilihat di Tabel 1 kolom 8 - lat dan 104 + lng.

Perhitungan pada tabel 1, dibandingkan dengan data sebenarnya yang ditampilkan pada tabel 2. Terlihat bahwa pada data hasil pengolahan ditemukan empat titik namun sebenarnya ada dua titik karena antara satu titik dan titik lain tidak memiliki perbedaan yang signifikan sehingga bisa dikatakan pada data sebenarnya nomor 1 dan 2 diambil rata-rata lat-nya 1.375 sedangkan pada data hasil pengolahan rata-rata lat-nya 1.684543. Untuk nomor 3 dan 4 data sebenarnya lat-nya hanya 3.187 sedangkan data hasil pengolahan lng-nya 3.351735. Pada lng data sebenarnya memiliki nilai yang sama yaitu 108.5625 sedangkan pada data hasil pengolahan ditemukan rata-rata lng-nya 108.1506. Kesimpulan dari penjelasan tersebut bisa dilihat di tabel 3. Perhitungan margin error menggunakan persamaan(7) dan persamaan (8). Hasilnya perhitungannya bisa dilihat pada tabel 3.

$$errLat = \frac{|lat' - lat|}{180} * 100 \quad (7)$$

Diketahui:

*lat* = latitude data sebenarnya

*lat'* = latitude data hasil pengolahan

$$errLng = \frac{|lng' - lng|}{360} * 100 \quad (8)$$

Diketahui:

$lng$  = longitude data sebenarnya

$lng'$  = longitude data hasil pengolahan

Tabel 1. Perbandingan Data Sebenarnya dan Data Hasil Pengolahan

No	Data Sebenarnya		Data Hasil Pengolahan	
	Lat	Lng	Lat	Lng
1	1.3125	108.5625	1.68454258675 0788	108.0103896 1038961
2	1.4375	108.5625	1.68454258675 0788	108.0311688 3116883
3	3.1875	108.5625	3.36277602523 65926	108.2597402 5974025
4			3.34069400630 9148	108.3012987 012987

Tabel 2. Margin Error Data Hasil Pengolahan

Data Sebenarnya	Data Hasil Pengolahan	Margin error (%)
Lat	Lat	
1.375	1.684543	1.791838
108.5625	108.1506	1.11416

#### 4. KESIMPULAN

Hasil dari riset ini cukup akurat dengan margin error untuk latitude 1.791838% dan untuk longitude 1.11416%. Riset ini akan dikembangkan pada tahap berikutnya, diantaranya mampu mengolah gambar dari berbagai pulau dengan menggunakan algoritma deteksi tepi, memperoleh data otomatis dari server BPOL. Tentunya riset ini akan berlanjut hingga terwujudnya alat *Portable Virtual Assistant*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ARFIANTO, A. Z., & AFFANDI, A., 2010. Rancang Bangun Layanan Website Interaktif Pada Sistem Komunikasi Vessel Messaging System (VMeS). Bachelor Thesis, Surabaya Institute of Technology, Surabaya, Indonesia.
- HANDOKO, C. R., ARFIANTO, A. Z., & HASIN, M. K., 2017. Perangkat Informasi Kecepatan Angin Berbasis Motor DC dan Jaringan Internet of Things. Seminar MASTER PPNS (Vol. 2, No. 1, pp. 63-66).
- KULIKOVA M. S., 2009. Shape Recognition for Image Scene Analysis. Submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Université de Nice – Sophia-Antipolis.
- LYON, RICHARD F., 2016. A Brief History of Pikel. IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging.
- WOJNAR, L., & KURZYDLOWSKI K.L., et al., 2000. Practical Guide to Image Analysis. ASM International.
- NIXON M. S., & AGUARDO A. S., 2008. Feature Extraction and Image Processing. Academic Press. p. 8.
- SONKA M., HLAVAC, V., & BOYLE, R., 2008. Image Processing, Analysis, and Machine Vision. Thompson.

ABBADI, N. E., & AL SAADI, L., 2013. Automatic Detection and Recognize Different Shape in an Image. International Journal of Computer Science.

GONZALEZ, R. C., & WOODS, R. E., 2008. Digital Image Processing. Prentice Hall. pp. 1-3.

TORGE, W., 2001. Geodesy (3rd ed). De Gruyter. Operation on Array. <<http://docs.opencv.org>> [Diakses 10 Juni 2017]

BPOL, 2015. Peta PDPI Pulau Kalimantan. <http://bpol.litbang.kkp.go.id/data-dan-informasi/peta-pdpi/peta-pdpi-pulau-kalimantan> [Diakses 7 Juli 2018]