

**ANALISIS DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* UNTUK
MENGIDENTIFIKASI *POCKMARK* PADA PERAIRAN WAIPOGA**

SKRIPSI

Oleh:
Shintya Ayu Lestari
NIM. 155080607111019



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

**ANALISIS DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* UNTUK MENGIDENTIFIKASI
POCKMARK PADA PERAIRAN WAIPOGA**

SKRIPSI

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

Oleh:

**SHINTYA AYU LESTARI
NIM.155080607111019**



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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DATA MULTIBEAM ECHOSOUNDER UNTUK MENGIDENTIFIKASI
POCKMARK PADA PERAIRAN WAIPOGA

Oleh :
SHINTYA AYU LESTARI
NIM. 155080607111019

Telah dipertahankan di depan dosen penguji pada tanggal 30 September
tahun 2019 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing I

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



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

(Dhira Khurniawan S., S.Kel., M.Sc.)
NIP. 20120186 01151 001

Tanggal : 22 OCT 2019

Tanggal : 22 OCT 2019

Mengetahui:
Ketua Jurusan PSPK

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

Tanggal : 22 OCT 2019



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shintya Ayu Lestari

NIM : 155080607111019

Program Studi: Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi dengan judul "*Analisis Data Multibeam Echosounder untuk Mengidentifikasi Pockmark Pada Perairan Waipoga*" adalah benar hasil pekerjaan saya sendiri yang dibimbing oleh dosen pembimbing skripsi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 18 Agustus 2019
Penulis

Shintya Ayu Lestari
NIM. 155080607111019

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu pada seluruh rangkaian pengerjaan laporan skripsi ini, yaitu:

1. Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang senantiasa melimpahkan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik.
2. Almarhum ayahanda tercinta yang telah menjadi motivasi saya hingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
3. Ibunda tercinta, kedua kakak saya Aditya Nursanto dan Listia Anggraini yang telah memberikan dukungan penuh, motivasi dan doa yang selalu menyertai sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan
4. Bapak M.A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Bapak Dhira Khurniawan S., S.Kel., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, memberi motivasi dan dengan sabar memberikan bimbingan selama proses penulisan laporan skripsi.
5. Pihak Instansi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) dan Bapak Ali Baba S.T selaku pembimbing *data processing* yang telah membantu dan membimbing dalam proses penyusunan laporan skripsi ini.
6. M. Ridzky Pratama yang selalu memberi dukungan dan motivasi selama pengerjaan laporan skripsi ini.
7. Radhin Aissifa, Carina Diasy, Helmi Ekoviputro dan Adelia Irna selaku sahabat-sahabat penulis yang telah membantu dan terus memberikan semangat selama penyelesaian laporan skripsi ini.

8. Teman-teman Ilmu Kelautan Angkatan 2015 yang telah berproses bersama-sama di program studi ini dari awal hingga akhir perkuliahan.



RINGKASAN

SHINTYA AYU LESTARI. Skripsi dengan judul **Analisis Data *Multibeam Echosounder* untuk mengidentifikasi *Pockmark* pada Perairan Waipoga** (di bawah bimbingan **M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc.** dan **Dhira Khurniawan S.,S.Kel.,M.Sc**)

Wilayah pesisir dan lautan Indonesia terkenal dengan kekayaan dan keanekaragaman sumber daya alamnya. Namun, sebagian besar sumber daya ini belum dimanfaatkan secara optimal. Pada bagian utara Papua terdapat cekungan Waipoga tepatnya pada Teluk Cendrawasih. Cekungan Waipoga merupakan salah satu dari 10 cekungan di Indonesia yang memiliki pasokan gas bumi yang dapat dimanfaatkan bagi kehidupan sehari-hari manusia. Salah satu cara deteksi gas bumi adalah dengan menemukan salah satu indikator pada profil dasar perairan yaitu *pockmark*.

Pockmark merupakan suatu depresi yang terbentuk oleh gas lokal yang keluar ke permukaan. Identifikasi *pockmark* pada suatu perairan dapat dilakukan dengan menggunakan alat *multibeam echosounder*. *Multibeam echosounder* (MBES) merupakan peralatan akustik yang secara intensif digunakan dalam pemetaan dasar perairan, terutama karena teknologi ini memiliki kemampuan lebih yaitu cakupan luas dan resolusi yang tinggi. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian untuk identifikasi *pockmark* pada perairan Waipoga berdasarkan data *multibeam echosounder*.

Penelitian ini menggunakan data hasil pemeruman menggunakan *multibeam echosounder Kongsberg EM3000* milik P3GL. Akuisisi data dilakukan oleh tim P3GL pada tanggal 23 - 29 September 2018. Metode penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu metode pengolahan data dan metode analisis hasil data *multibeam echosounder*. Proses pengolahan data yang dilakukan yaitu pengolahan data batimetri pada perangkat lunak QPS Qimera dan data *backscatter* pada perangkat lunak FMGT. Sedangkan untuk metode analisis hasil data batimetri dilakukan pada perangkat lunak QPS Qimera dan data *backscatter* dilakukan pada perangkat lunak ArcGis.

Hasil *pockmark* yang ditemukan pada perairan Waipoga sejumlah 1001 *pockmark* yang diklasifikasikan kedalam empat tipe yaitu *unit pockmark*, *normal pockmark*, *elongated pockmark* dan *eyed pockmark*. Dimensi *pockmark* terbesar memiliki diameter 92,4 meter dengan kedalaman 15,42 meter. Sedangkan dimensi *pockmark* terkecil memiliki diameter 5,1 meter dengan kedalaman 0,72 meter. Hasil *range* nilai *backscatter unit pockmark* sebesar -35,04 hingga -48,27 dB, *normal pockmark* sebesar -34,73 hingga -49,22 dB, *elongated pockmark* sebesar -33,47 hingga -48,59 dB, dan *eyed pockmark* sebesar -35,05 hingga -45,12 dB.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga laporan skripsi ini yang berjudul “*Analisis Data Multibeam Echosounder untuk mengidentifikasi Pockmark pada Perairan Waipoga*” dapat tersusun hingga selesai untuk memenuhi salah satu prasyarat kelulusan sarjana Universitas Brawijaya. Terima kasih kepada pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam penulisan laporan skripsi ini dengan memberikan ide pikirannya.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan skripsi ini karena keterbatasan pengetahuan maupun pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca agar dapat diperbaiki pada masa yang akan datang.

Malang, Maret 2019

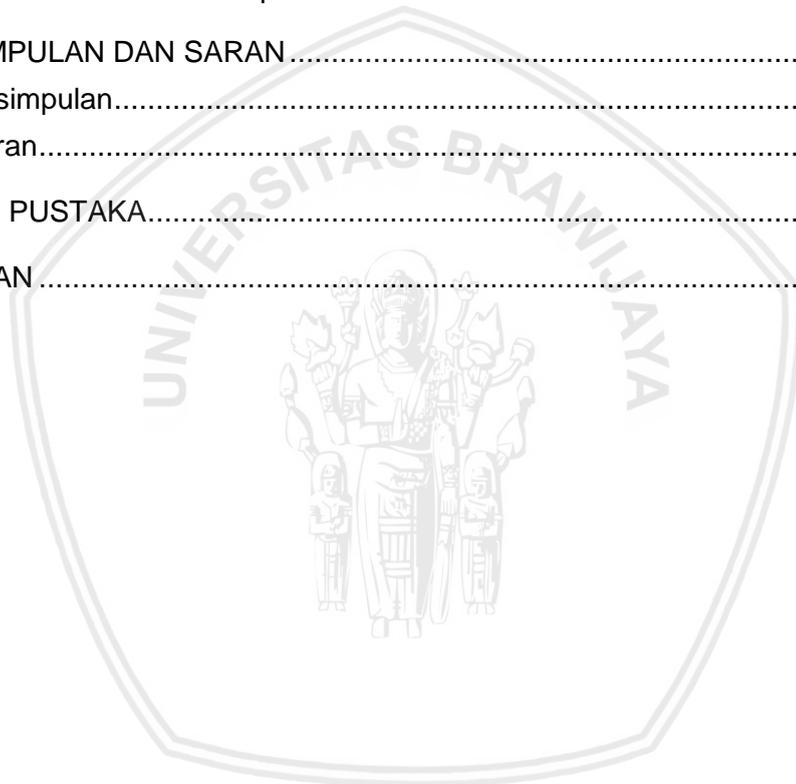
Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | iii |
| RINGKASAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| | |
| 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Manfaat | 3 |
| | |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Topografi Dasar Laut | 4 |
| 2.1.1 <i>Continental Shelf</i> | 5 |
| 2.1.2 <i>Continental slope</i> | 6 |
| 2.1.3 <i>Abyssal plain</i> | 8 |
| 2.2 Teknik Hidroakustik | 8 |
| 2.3 Teknologi Deteksi <i>Pockmark</i> | 10 |
| 2.3.1 <i>Sub-bottom Profiler</i> | 10 |
| 2.3.2 Echosounder | 11 |
| 2.4 Batimetri | 14 |
| 2.5 <i>Backscatter</i> | 15 |
| | |
| 3. METODE PENELITIAN | 16 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 16 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 17 |
| 3.3 Alur Penelitian | 17 |
| 3.4 Metode Pengolahan Data | 19 |
| 3.4.1 Metode Pengolahan Data Batimetri..... | 19 |
| 3.4.2 Metode Pengolahan Data <i>Backscatter</i> | 20 |



| | | |
|-------|---|----|
| 3.5 | Metode Analisis Hasil Data | 21 |
| 3.5.1 | Metode Analisis Hasil Data Batimetri | 21 |
| 3.5.2 | Metode Analisis Hasil Data <i>Backscatter</i> | 22 |
| 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 24 |
| 4.1 | Kondisi Umum Lokasi Penelitian..... | 24 |
| 4.2 | Hasil Identifikasi <i>Pockmark</i> | 26 |
| 4.2.1 | Dimensi <i>Pockmark</i> | 30 |
| 4.2.2 | Klasifikasi Tipe <i>Pockmark</i> | 31 |
| 4.2.3 | Populasi <i>Pockmark</i> | 35 |
| 4.3 | Hasil Nilai <i>Backscatter</i> pada <i>Pockmark</i> | 36 |
| 5. | KESIMPULAN DAN SARAN | 39 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 39 |
| 5.2 | Saran..... | 40 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 41 |
| | LAMPIRAN | 44 |



DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel 1. Klasifikasi Tipe Pockmark | 7 |
| Tabel 2. Alat Penelitian | 17 |
| Tabel 3. Bahan Penelitian | 17 |
| Tabel 4. Klasifikasi Tipe Pockmark | 32 |
| Tabel 5. Populasi Pockmark | 36 |
| Tabel 6. Range nilai backscatter | 37 |



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 1. Topografi dasar laut | 4 |
| Gambar 2. Zona <i>continental shelf</i> | 5 |
| Gambar 3. <i>Pockmark</i> | 7 |
| Gambar 4. Prinsip Hidroakustik | 9 |
| Gambar 5. Gambar penampang identifikasi <i>pockmark</i> menggunakan SBP | 10 |
| Gambar 6. Hasil identifikasi <i>pockmark</i> menggunakan SBES | 12 |
| Gambar 7. Hasil identifikasi <i>pockmark</i> menggunakan MBES | 14 |
| Gambar 8. Peta Lokasi Penelitian..... | 16 |
| Gambar 9. Alur Pengolahan Data | 18 |
| Gambar 10. Noise pada <i>dynamic surface</i> | 19 |
| Gambar 11. Alur Metode Analisis Data | 21 |
| Gambar 12. Diameter <i>Pockmark</i> | 22 |
| Gambar 13. Kedalaman <i>Pockmark</i> | 22 |
| Gambar 14. Peta Batimetri Perairan Waipoga | 25 |
| Gambar 15. <i>Pockmark</i> aktif pada line survey C-20 dengan fitur <i>sediment cloud</i> yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut | 28 |
| Gambar 16. <i>Pockmark</i> aktif pada line survey C-24 dengan fitur <i>sediment cloud</i> yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut | 28 |
| Gambar 17. <i>Sediment cloud</i> pada line survey C-18 yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut | 29 |
| Gambar 18. <i>Pockmark</i> aktif pada line survey C-20 dengan fitur <i>sediment cloud</i> yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut | 29 |
| Gambar 19. <i>Pockmark</i> terbesar | 30 |
| Gambar 20. <i>Pockmark</i> terkecil..... | 31 |
| Gambar 21. <i>Boxplot</i> nilai <i>backscatter pockmark</i> | 38 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Koordinat dan Nilai <i>Backscatter Pockmark</i> | 44 |
| Lampiran 2. Peta Persebaran <i>Pockmark</i> di Perairan Waipoga..... | 47 |
| Lampiran 3. Visualisasi 3D <i>Pockmark</i> | 48 |



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir dan lautan Indonesia terkenal dengan kekayaan dan keanekaragaman sumber daya alamnya. Kekayaan sumber daya laut Indonesia terdapat sumber daya yang dapat pulih seperti sektor perikanan, hutan mangrove, dan terumbu karang maupun sumberdaya yang tidak dapat pulih seperti minyak bumi dan gas serta mineral atau bahan tambang lainnya (Darsono, 1999). Namun, sebagian sumber daya ini masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Pada bagian utara Papua terdapat cekungan Waipoga tepatnya pada Teluk Cendrawasih (Nurwani *et al.*, 2017). Menurut IAGI (2016), cekungan Waipoga merupakan salah satu dari 10 cekungan di Indonesia yang memiliki pasokan gas bumi dan dapat dimanfaatkan bagi kehidupan sehari-hari manusia. Namun, pemanfaatan gas bumi di perairan Waipoga ini belum optimal dilakukan. Hal tersebut dikarenakan kegiatan eksplorasi yang masih minim dilakukan di perairan Waipoga. Salah satu cara deteksi gas bumi adalah dengan menemukan salah satu indikator pada profil dasar perairan yaitu salah satunya adalah *pockmark*.

Pockmark merupakan suatu depresi yang terbentuk oleh gas lokal yang keluar ke permukaan (Hovland *et al.*, 2005). Menurut Hovland *et al.* (2002), *pockmark* merupakan suatu indikator adanya gas atau fluida yang mengalir di lingkungan laut. Berdasarkan hal tersebut tersebut, dengan terdeteksi adanya *pockmark* membuktikan bahwa pada daerah tersebut terdapat gas bumi yang keluar ke permukaan dasar laut. Namun, keberadaan *pockmark* ini memiliki kemungkinan bahwa *pockmark* masih aktif mengeluarkan gas dan *pockmark* yang sudah tidak aktif mengeluarkan gas. Oleh karena itu, penelitian terhadap

identifikasi fitur *pockmark* pada perairan Waipoga perlu dilakukan guna sebagai referensi kegiatan eksplorasi lebih lanjut.

Identifikasi *pockmark* pada suatu perairan dapat dilakukan dengan menggunakan alat *multibeam echosounder*. *Multibeam echosounder* (MBES) merupakan peralatan akustik yang secara intensif digunakan dalam pemetaan dasar perairan, terutama karena teknologi ini memiliki kemampuan lebih yaitu cakupan luas dan resolusi yang tinggi (Adi *et al.*, 2016). MBES dapat memberikan data berupa nilai hambur balik (*backscatter*) dari sinyal akustik yang dipantulkan oleh permukaan dasar perairan. Menurut Akbar *et al.* (2017), nilai *backscatter* dapat digunakan untuk melakukan identifikasi fitur dasar laut berdasarkan tingkat intensitas *backscatter* yang berbeda.

Penjelasan tersebut melatar belakangi topik penelitian ini dalam melakukan identifikasi *pockmark* pada perairan Waipoga berdasarkan data *multibeam echosounder* agar dapat menjadi suatu informasi guna untuk kegiatan eksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui identifikasi dimensi *pockmark*, klasifikasi tipe *pockmark* dan nilai *backscatter* tiap *pockmark* pada perairan Waipoga, Papua.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam identifikasi fitur dasar perairan umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan alat *multibeam echosounder*. Penggunaan alat *multibeam echosounder* dapat lebih efisien untuk digunakan. Data nilai *multibeam echosounder* yang digunakan ialah nilai intensitas hambur balik (*backscatter*). Melihat dari permasalahan ini, dapat dirumuskan masalah yang akan diangkat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana identifikasi dimensi *pockmark* di perairan Waipoga?
2. Bagaimana klasifikasi tipe *pockmark* di perairan Waipoga?

3. Bagaimana nilai hambur balik (*backscatter*) pada setiap tipe *pockmark*?

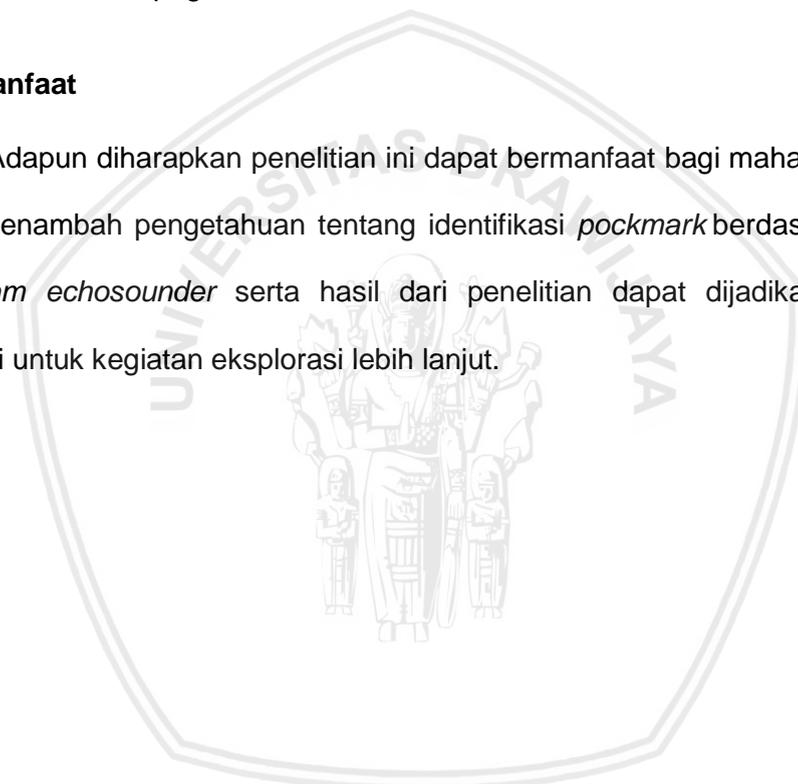
1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dimensi *pockmark* di perairan Waipoga.
2. Mengetahui klasifikasi tipe *pockmark* di perairan Waipoga.
3. Mengetahui nilai hambur balik (*backscatter*) pada setiap tipe *pockmark* di perairan Waipoga.

1.4 Manfaat

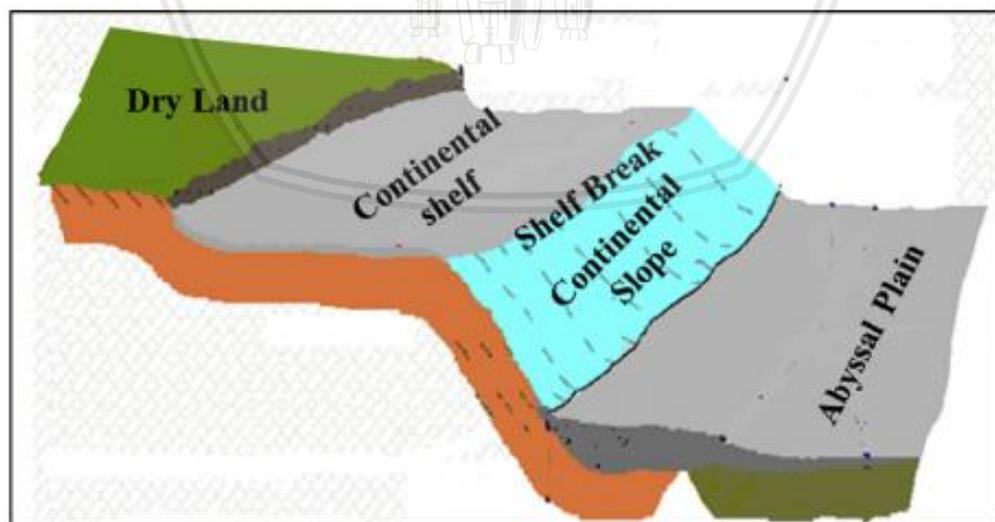
Adapun diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa agar dapat menambah pengetahuan tentang identifikasi *pockmark* berdasarkan data *multibeam echosounder* serta hasil dari penelitian dapat dijadikan sebagai referensi untuk kegiatan eksplorasi lebih lanjut.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Topografi Dasar Laut

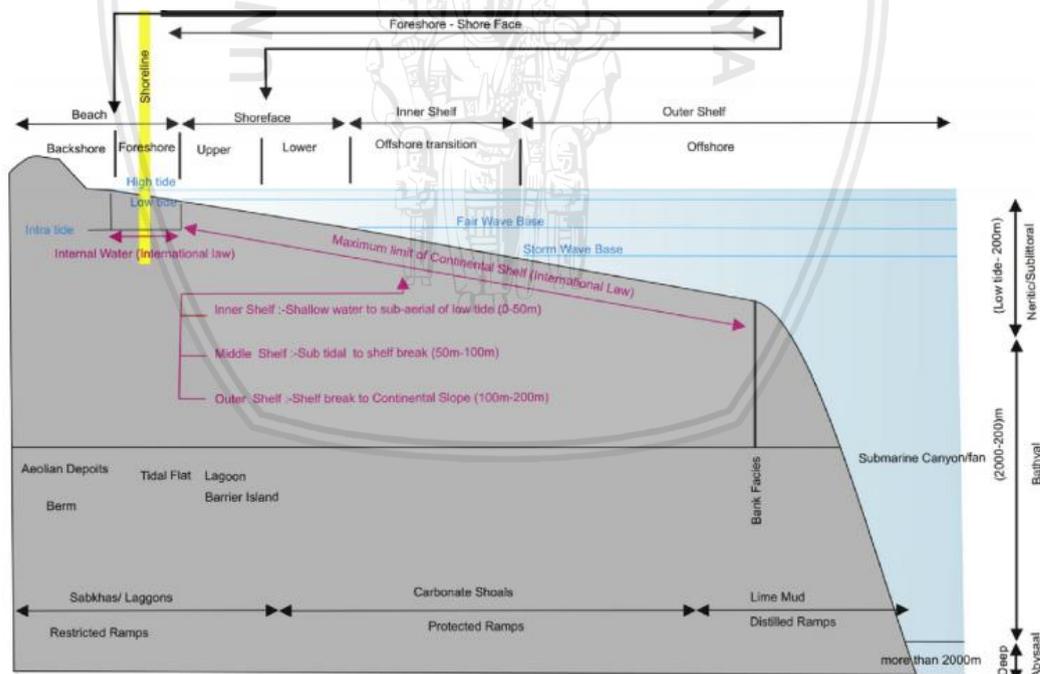
Dasar laut adalah permukaan bumi yang ada di dalam laut. Seperti profil daratan, profil dasar laut juga mempunyai kontur yang sama dengan yang ada pada profil daratan. Ada dataran tinggi, lembah dan lainnya. Hanya saja istilah yang digunakan untuk menyebut bentuk-bentuk bumi tersebut berbeda. Misalnya celah dalam daratan disebut lembah, sedangkan pada profil dasar laut disebut palung, dan masih banyak lagi lainnya (Wijonarko *et al.*, 2016). Topografi dasar laut adalah suatu klasifikasi bentang alam dan bentuk muka bumi yang dikontrol oleh tiga parameter utama, yaitu struktur (struktur geologi; proses geologi endogen yang bersifat konstruksional atau membangun), proses (proses eksogen yang bersifat destruksional atau denudasional), dan tahapan (respon batuan terhadap proses eksogen; semakin tinggi responnya, semakin dewasa tahapannya) (Brahmantyo dan Bando, 2006).



Gambar 1. Topografi dasar laut (Solangi *et al.*, 2018)

2.1.1 Continental Shelf

Continental shelf diketahui memiliki fitur memanjang dari pantai hingga ke laut dengan kemiringan yang landai (kemiringan sekitar 1°) dan terhubung ke *abyssal plain* dengan kemiringan yang lebih curam. *Continental shelf* dimulai dari zona sublittoral / neritic dengan kedalaman sekitar 140 meter dan dapat mencapai kedalaman 200 meter pada *abyssal plain*. *Continental shelf* merupakan perpanjangan alami dari wilayah darat ke tepi kontinen atau berjarak 200 mil (370 km) dari garis pantai, dan memungkinkan memiliki nilai jarak yang lebih tinggi. Oleh karena itu, secara geologis *continental shelf* dapat melampaui jarak 370 km dari garis pantai, dan bagian yang melampaui disebut sebagai “*extended continental shelf*”. Hal tersebut menunjukkan bahwa panjang *continental shelf* tidak selalu sama dari suatu wilayah dengan wilayah lain (Solangi *et al.*, 2018).



Gambar 2. Zona continental shelf (Solangi *et al.*, 2018)

2.1.2 Continental slope

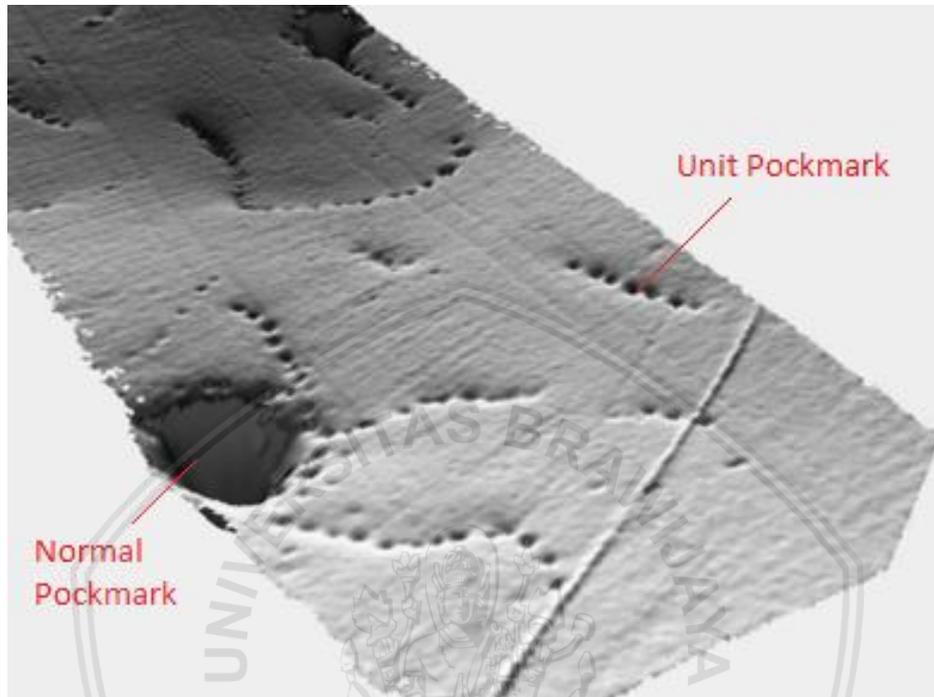
Continental slope terletak pada batas ujung *continental shelf* dan meluas hingga ke perairan dalam dengan kedalaman sekitar 3000 hingga 4000 meter. Pada umumnya *continental slope* dibatasi dengan endapan tebal yang terdiri dari *continental rise* atau endapan pada *abyssal plain*. Pada banyak penelitian menunjukkan bahwa kedalaman merupakan parameter fundamental yang berkorelasi dengan biota. *Continental slope* menjangkau rentang kedalaman yang sangat luas yaitu dari 0 hingga 4000 meter. Oleh karena itu, beberapa fitur geomorfik pada *continental slope* memiliki potensi tinggi untuk bertindak sebagai pengganti keanekaragaman hayati pada skala spasial menengah (Harris, 2012). Menurut Hovland *et al.*, (2002), biasanya pada daerah *continental slope* ditemukan salah satu fitur dasar laut yaitu *pockmark*.

a. *Pockmark*

Pockmark merupakan fitur dasar laut yang menyerupai suatu cekungan mirip kawah. *Pockmark* biasanya terbentuk karena proses aktif pada lapisan bawah laut yaitu proses keluarnya emisi gas atau cairan ke permukaan dasar laut (Haverkamp, 2014). *Pockmark* memiliki peran yang sangat penting karena *pockmark* dapat menjadi indikator tentang keberadaan minyak dan gas bumi. Keberadaan *pockmark* juga dapat dijadikan sebagai *geohazard* dalam survey pembangunan bangunan lepas pantai (Spina, 2018).

Pada umumnya *pockmark* ditemukan pada daerah dengan tingkat sedimentasi tinggi seperti pada delta dan sering pula ditemukan di dekat area pasokan minyak bumi atau pada *continental shelf* dan *continental slope* dengan kondisi tektonik yang aktif (Dondurur, 2011). *Pockmark* secara umum terbentuk pada lapisan dengan sedimen berbutir halus akibat keluarnya fluida atau gas ke kolom air. Secara umum, biasanya *pockmark* memiliki diameter 15 hingga 45

meter dan dengan kedalaman 5 hingga 10 meter. Sebagian besar *pockmark* banyak ditemukan dalam keadaan tidak aktif, namun banyak pula yang diduga aktif secara berkala dalam periode tertentu (Hovland *et al.*, 2002).



Gambar 3. *Pockmark* (Hovland *et al.*, 2002)

b. Klasifikasi Tipe Pockmark

Menurut Hovland *et al.* (2002), klasifikasi tipe *pockmark* dapat dibagi menjadi empat yang dapat disimpulkan pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tipe *Pockmark*

| No | Tipe <i>Pockmark</i> | Ciri - ciri |
|----|---------------------------|--|
| 1 | <i>Unit Pockmark</i> | Merupakan suatu cekungan yang membentuk depresi kecil yang memiliki panjang diameter 1-10 meter dengan kedalaman hingga 0,5 meter. |
| 2 | <i>Normal Pockmark</i> | Merupakan suatu cekungan yang membentuk depresi melingkar yang memiliki panjang diameter 10-700 meter dengan kedalaman hingga 45 meter |
| 3 | <i>Elongated Pockmark</i> | Merupakan suatu cekungan yang membentuk depresi tidak bulat teratur, yang biasanya muncul pada slope dan pada daerah dengan arus yang kuat |
| 4 | <i>Eyed Pockmark</i> | Merupakan suatu cekungan yang membentuk depresi dan pada bagian tengahnya terdapat bentuk seperti mata |

2.1.3 Abyssal plain

Abyssal plain memiliki bentuk dataran yang cenderung datar dengan kemiringan kurang dari 1: 1000 (atau $<1\text{m}$ perubahan kedalaman memiliki jarak 1 km) karena memiliki sedimen yang tebal yang mendasari topografinya. Samudera yang menerima input sedimen terbesar memiliki abyssal plain yang paling berkembang seperti pada Samudera Atlantik, India dan Teluk Mexico. Abyssal plain kurang berkembang dengan baik pada cekungan Pasifik Utara dan pada perairan di daerah selatan, karena pada perairan ini tidak menerima input sedimen dari daratan (Harris, 2012).

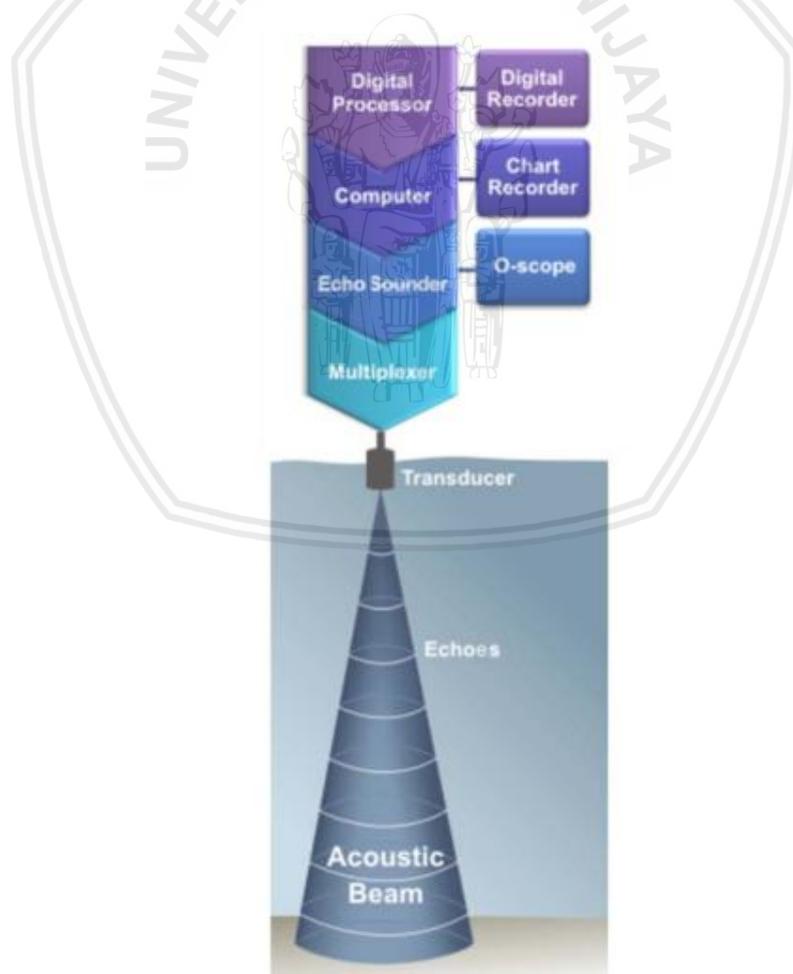
2.2 Teknik Hidroakustik

Dalam medium air, gelombang akustik memiliki karakteristik transmisi yang lebih baik dibandingkan dalam medium udara. Kecepatan perambatannya mencapai empat hingga lima kali lebih besar dari cepat rambatnya dalam medium udara. Sehingga gelombang akustik mampu menempuh jarak yang jauh bahkan mampu menembus per lapisan batuan yang ada di bawah dasar laut. Berbagai informasi yang berasal dari bawah permukaan air (*underwater*) bisa diberikan oleh gelombang akustik (Lurton, 2002).

Menurut Lurton (2002), berbagai kelebihan gelombang akustik tersebut kemudian dimanfaatkan oleh instrumen akustik bawah air (*underwater acoustic instrument*) untuk :

- Mendeteksi dan melokalisasi target bawah air; hal ini merupakan fungsi utama dari sistem sonar yang banyak diaplikasikan dalam bidang militer dan perikanan.
- Mentransmisikan sinyal, seperti data yang dibutuhkan oleh instrumentasi saintifik bawah air, serta pengiriman pesan antara *submarine* dan kapal permukaan.
- Mengukur (*measure*) karakteristik lingkungan laut, seperti topografi dasar laut dan kehidupan organisme bawah laut.

Prinsip dasar pengoperasian instrumen akustik bisa ditunjukkan pada gambar 4. Energi gelombang akustik akan dipancarkan ke kolom perairan dalam bentuk pulsa suara melalui *transducer*. Pulsa suara ini akan merambat dalam medium air dengan kecepatan berkisar 1500 m/s. Ketika pulsa suara mengenai suatu obyek atau target, seperti ikan ataupun dasar perairan, sebagian energinya akan dipantulkan kembali ke transducer dalam bentuk *echo*. Transducer akan mengubah *echo* menjadi energi listrik dan diteruskan ke *amplifier* yang berada dalam *echosounder* untuk diperkuat. Apabila transducer yang digunakan lebih dari satu, maka digunakan *multiplexer*. Selanjutnya sinyal *echo* yang sudah diperkuat ini akan diteruskan ke *output device* seperti *digital recorder*, *chart recorder* ataupun *video display* (Supartono, 2013).

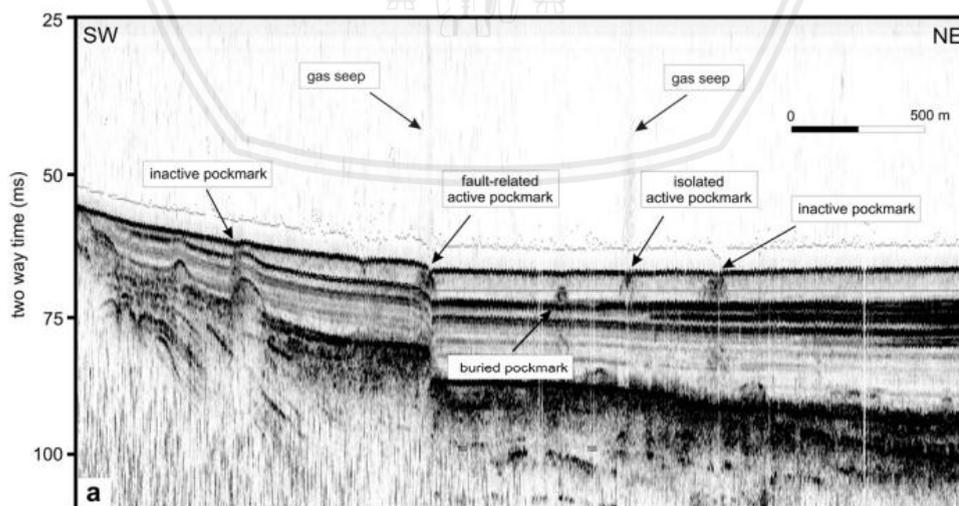


Gambar 4. Prinsip Hidroakustik (Supartono, 2013)

2.3 Teknologi Deteksi *Pockmark*

2.3.1 *Sub-bottom Profiler*

Sub-bottom profiler dirancang untuk menghasilkan gambar penampang lapisan sedimen laut berdasarkan perambatan pulsa akustik dengan frekuensi rendah yang merambat hingga ke dasar laut. Energi yang dipantulkan dari lapisan dasar dan kembali ke sumber pantulan akan dicatat sebagai rangkaian waktu yang disebut *trace* (Maroni *et al.*, 2001). Pada penelitiannya, Dondurur (2011) melakukan investigasi terhadap struktur sedimen dangkal menggunakan *polemounted chirp subbottom profiler* dengan menggunakan frekuensi sinyal sapuan antara 2,75 hingga 6,76 kHz. Seluruh koreksi dan kalkulasi telah diterapkan pada *chirp data*. Data seismik dengan resolusi tinggi dianalisis menggunakan perangkat lunak *Kingdom Suite* dan diproses menggunakan *ProMax*. Sistem akustik ini memungkinkan untuk memetakan struktur sedimen dangkal dan serta struktur gas dan *pockmark*. Hasil identifikasi *pockmark* menggunakan *sub-bottom profiler* ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Gambar penampang identifikasi *pockmark* menggunakan *sub-bottom profiler* (Dondurur, 2011)

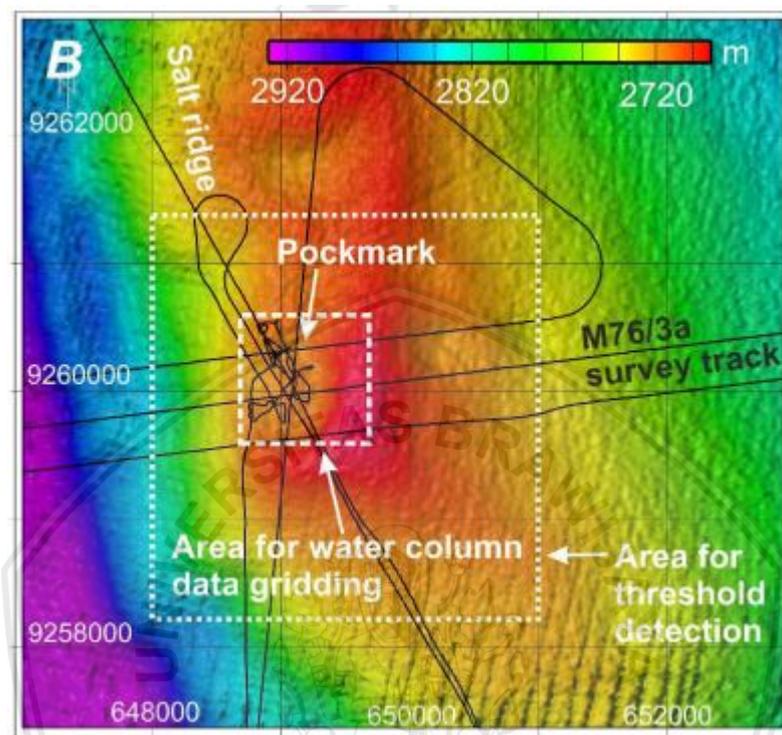
2.3.2 Echosounder

Echosounder merupakan salah satu alat yang digunakan dalam proses pemeruman dalam suatu survei hidrografi. Instrumen akustik ini digunakan untuk pemetaan dasar perairan dengan prinsip menghasilkan sinyal akustik menuju dasar perairan dan menangkap sinyal yang terpantul dari dasar perairan. Selang waktu antara penyebaran sinyal akustik dan kembalinya sinyal adalah nilai kedalaman berdasarkan selang waktu tempuh gelombang akustik. Nilai kedalaman tersebut digunakan untuk mengetahui keberadaan benda-benda di bawah perairan (Akbar *et al.*, 2017). Saat ini echosounder sudah berkembang pesat. Saat ini sudah diproduksi bermacam-macam jenis echosounder mulai dari *singlebeam echosounder*, *multibeam echosounder*, dan *splitbeam echosounder* (Kautsar dan Sasmito, 2013).

a. *Singlebeam Echosounder*

Singlebeam echosounder merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran suara tunggal. Sistem *singlebeam* secara umum mempunyai susunan: *transceiver (transducer/receiver)* yang terpasang pada lambung kapal atau sisi bantalan pada kapal. Sistem ini mengukur kedalaman air secara langsung dari kapal penyelidikan. *Transceiver* yang terpasang pada lambung kapal mengirimkan pulsa akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung dalam *beam* (sorot/pancaran) secara langsung menyusuri bawah kolom air. Energi akustik memancarkan gelombang suara sampai dasar laut dan pantulan diterima kembali oleh *transceiver* (Febrianto *et al.*, 2015). Pada penelitiannya, Wenau (2018) mengidentifikasi *pockmark* menggunakan *singlebeam echosounder* dengan sinyal frekuensi 18 kHz. Sudut bukaan dari SBES yang digunakan sebesar 4°, sehingga sapuan data yang didapatkan mencapai 200 meter pada dasar laut. Processing data kolom perairan dilakukan pada perangkat lunak *MATLAB*. Sedangkan untuk memuat pemrosesan dilakukan

pada perangkat lunak *SegyMAT*. Selanjutnya proses *plotting* dilakukan pada perangkat lunak *ODV*. Hasil identifikasi *pockmark* menggunakan SBES ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil identifikasi *pockmark* menggunakan SBES (Wenau *et al.*, 2018)

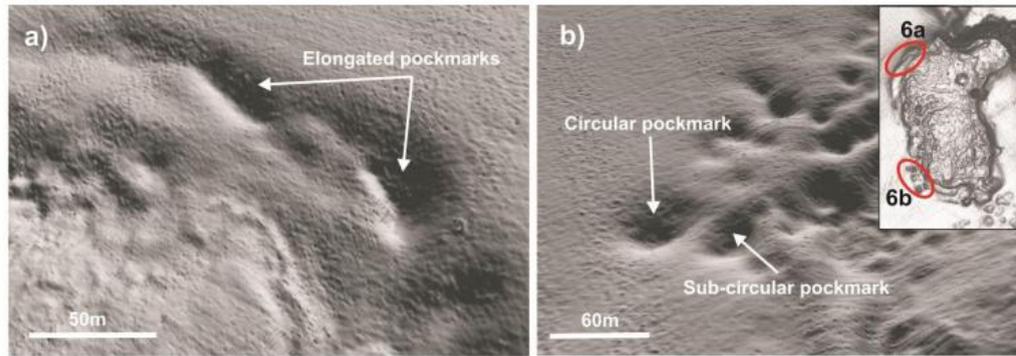
b. Multibeam Echosounder

Multibeam echosounder merupakan suatu pengembangan dari *singlebeam echosounder* yang hanya memancarkan satu beam secara vertikal ke dasar perairan. *Multibeam echosounder* mampu mentransmisikan lebih dari satu *beam* ke dasar perairan dan pola pancarannya melebar dan melintang terhadap badan kapal. Setiap *beam* yang dipancarkan akan mendapatkan satu titik kedalaman hingga jika titik-titik kedalaman tersebut dihubungkan akan membentuk profil topografinya. Ada dua tipe dataset yang dihasilkan *multibeam echosounder* untuk mendukung pemetaan dasar perairan yaitu data batimetri dan mosaik *backscatter* (Adi *et al.*, 2016). Informasi yang didapat oleh *multibeam echosounder* tidak hanya berupa data ketinggian dari pantulan gelombang bunyi yang dipancarkan. Data

lain yang dapat diketahui yaitu nilai hamburan dari sinyal suara yang ditransmisikan yang mengenai objek ataupun dasar laut yang disebut *backscatter*. Analisis amplitudo dari gelombang suara yang kembali (*backscatter*) memungkinkan untuk mengekstrak informasi mengenai struktur dan kekerasan dari dasar laut (Prasetyo *et al.*, 2019).

Sistem *Multibeam Echosounder* (MBES) terdiri dari *transducer*, *transceiver*, dan sistem komputer yang berfungsi untuk mengintegrasikan dan mengontrol semua komponen-komponen yang terpisah. Selain itu sistem MBES juga terdiri dari sensor posisi dan orientasi. Fungsi dari *transducer* pada MBES adalah untuk mengubah energi listrik menjadi energi akustik dan juga sebaliknya. Ukuran *transducer* dirancang sesuai dengan *beamwidth* yang diperlukan. Ukuran *array* ditentukan sesuai dengan aturan bahwa *beamwidth* berbanding terbalik dengan jumlah panjang gelombang. Semakin sempit *beamwidth*, semakin panjang aperture yang diperlukan (IMCA, 2006).

Pada penelitiannya, Ingrassia *et al.* (2015), mengidentifikasi *pockmark* menggunakan *multibeam echosounder* Kongsberg EM3002D (300 kHz) dan EM710 (70-100 kHz). Kedua sistem merekam data kedalaman dan *backscatter* dasar laut sedangkan EM710 juga mencatat *backscatter* kolom air. Navigasi dilakukan menggunakan GPS dengan presisi tinggi dan kalibrasi SVP dilakukan menggunakan CTD. Seluruh dataset diproses melalui perangkat lunak Caris HIPS & SIPS. Data *backscatter* diproses menggunakan algoritma *Geo-coder*. Hasil identifikasi *pockmark* menggunakan MBES ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil identifikasi pockmark menggunakan MBES (Ingrassia *et al.*, 2015)

c. *Splitbeam Echosounder*

Splitbeam echosounder memiliki *transducer* yang dibagi menjadi empat kuadran dimana gelombang akustik dipancarkan dengan penggabungan empat kuadran *transducer* tersebut. Sinyal yang direfleksikan dan mengenai target akan diterima kembali oleh masing-masing kuadran untuk membantu satu pantulan (*beam*) secara penuh. *Splitbeam echosounder* memiliki fungsi *Time Varied Gain* (TVG) dalam akusisi data akustiknya. Sistem akusisi data TVG ini berfungsi sebagai *amplifier* yang disebabkan adanya penyebaran geometrik dan menimbulkan adanya *noise* pada pantulan *beam*. Pada kapal pemasangan *transducer* yang terbagi menjadi empat kuadran diarahkan pada *fore*, *aft*, *port* dan *starboard* kapal (Lubis dan Manik, 2017). Pada saat ini, *splitbeam echosounder* memiliki potensi dalam pengembangan metode untuk kuantifikasi gas dan hingga pada saat ini sedang dilakukan upaya dalam kuantifikasi pelepasan gas metana dari dasar laut (Wenau, 2018).

2.4 Batimetri

Batimetri merupakan ilmu yang mempelajari tentang topografi dasar laut. Batimetri memberikan berbagai informasi penting mengenai suatu area laut. Selain untuk navigasi pelayaran, batimetri juga berguna dalam pemanfaatan sumberdaya alam, sistem peringatan dini dan simulasi dampak dari bencana

(Pambuko dan Mukti, 2013). Selain itu, menurut Jagalingam (2015), informasi batimetri 5 merupakan salah satu parameter penting yang berperan besar dalam merencanakan suatu kegiatan struktur dekat pantai meliputi akuakultur, peletakan pipa, pengeboran minyak, operasi pengerukan, dan manajemen pelabuhan.

Survei batimetri adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (seabed surface). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasi) disebut dengan survei batimetri. Model batimetri diperoleh dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang hendak dibuat (Hidayat, 2014).

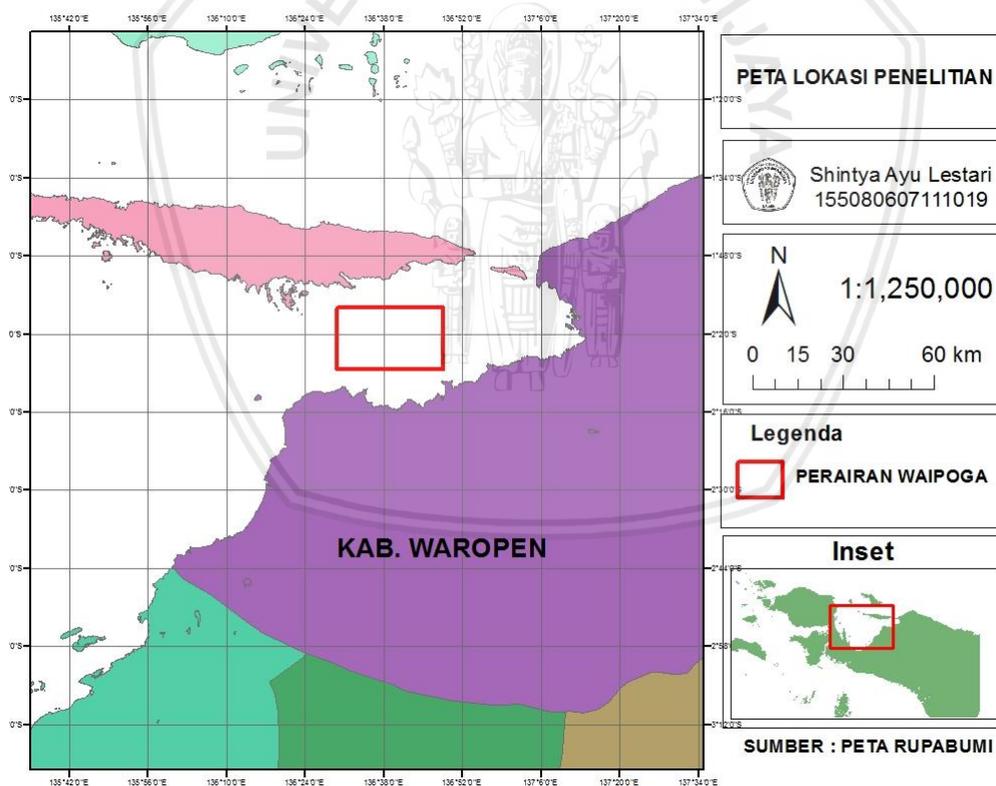
2.5 Backscatter

Backscatter adalah intensitas sinyal akustik yang dipantulkan oleh dasar perairan menggunakan fungsi respon sudut pancaran (*angular response*), hasil yang didapat berupa kurva hubungan antara nilai intensitas hambur balik dan respon sudut pancaran (Akbar *et al.*, 2017). Nilai hambur balik (*backscatter*) merupakan kunci utama untuk mengetahui kondisi dasar perairan. Kuat lemahnya nilai yang diperoleh dari sinyal kembali gelombang suara memberikan informasi awal mengenai jenis tipe dasar sedimen secara spasial di lokasi pemeruman (Fahrulian dan Jaya, 2016). Menurut Saputro *et al.* (2012), *backscatter* memungkinkan untuk mengekstrak informasi mengenai struktur dan kekerasan dari dasar laut, sehingga dapat digunakan untuk identifikasi fitur dasar laut. Informasi yang diketahui yaitu perbedaan amplitudo yang didapat saat gelombang kembali. Informasi fitur dasar laut tersebut dapat diketahui dengan menggunakan alat *echosounder*.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 - 30 April 2019 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL), Bandung. Penelitian ini menggunakan data hasil pemeruman *multibeam echosounder* EM3000 milik P3GL. Secara umum, penelitian ini difokuskan pada hasil batimetri dan nilai hambur balik hasil pemeruman di perairan Waipoga, Papua. Akuisisi data dilakukan oleh tim dari P3GL pada tanggal 23 - 29 September 2018 dengan luas sebesar 792 km². Peta lokasi penelitian disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan disajikan pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Alat Penelitian

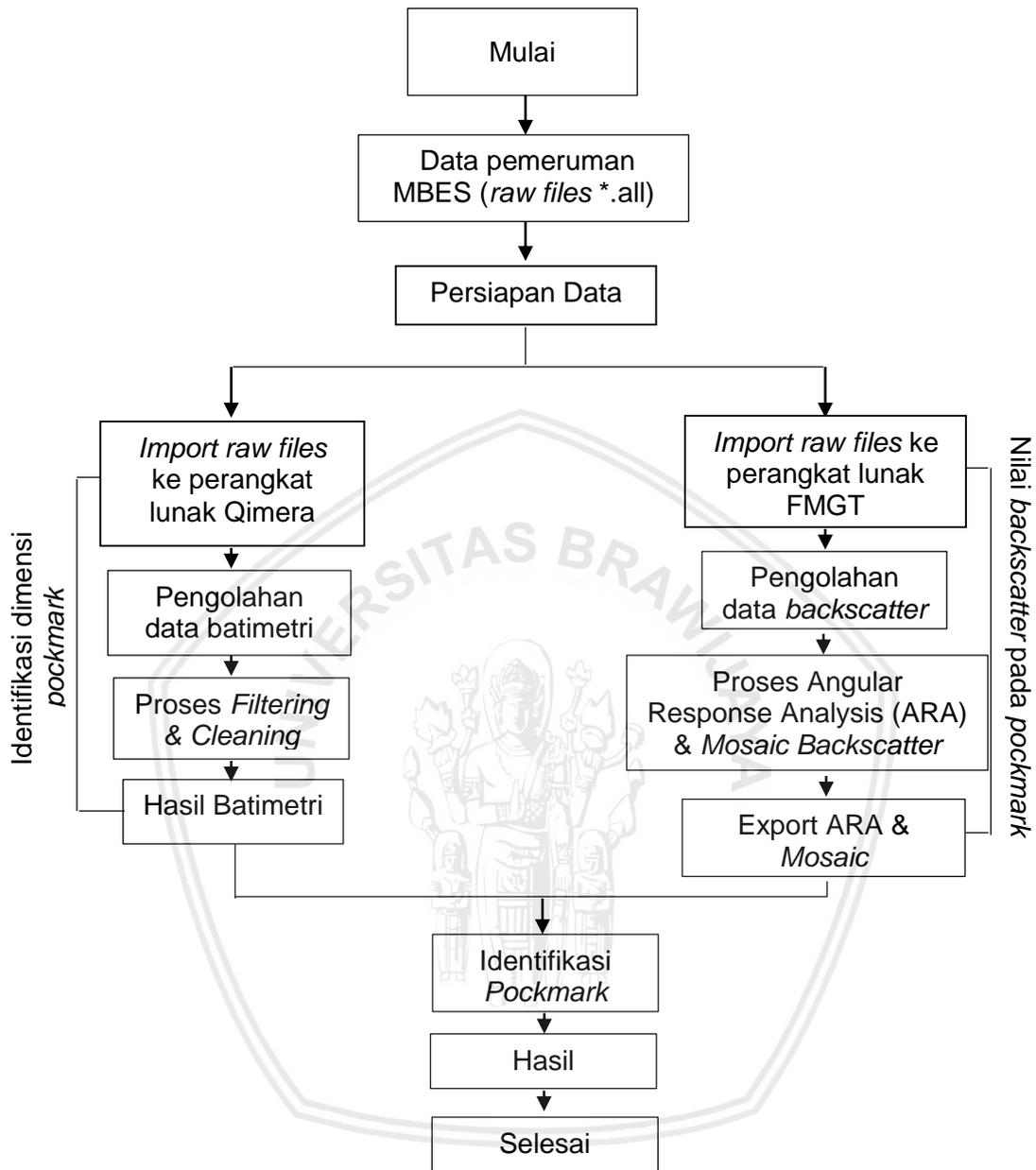
| No | Nama Alat | Spesifikasi | Kegunaan |
|----|------------------------------|---|------------------------------|
| 1 | <i>Multibeam Echosounder</i> | <i>Kongsberg EM3000, freq 300 kHz</i> | Sebagai alat untuk pemeruman |
| 2 | Laptop | Acer Aspire 4750; Windows7 64-bit. Intel® Core™ i3-2310M, 2GB RAM | Media untuk pengolahan data |

Tabel 3. Bahan Penelitian

| No | Nama Bahan | Spesifikasi | Kegunaan |
|----|----------------------|--|---|
| 1 | Data hasil pemeruman | Tanggal pemeruman 23-29 September 2018 | Sebagai bahan data yang akan diolah |
| | Ms. Word | Version 2013 | penyusunan laporan |
| | Ms. Excel | Version 2013 | pengolahan data |
| 2 | Software | FMGT | Version 7.8.4 pengolahan data <i>backscatter</i> |
| | | Qimera | Version 1.6.3 pengolahan data batimetri |
| | | ArcGis | Version 10.3 pengolahan data identifikasi pockmark |

3.3 Alur Penelitian

Berikut adalah alur pengolahan data yang dilakukan berdasarkan data *multibeam echosounder* :



Gambar 9. Alur Pengolahan Data

3.4 Metode Pengolahan Data

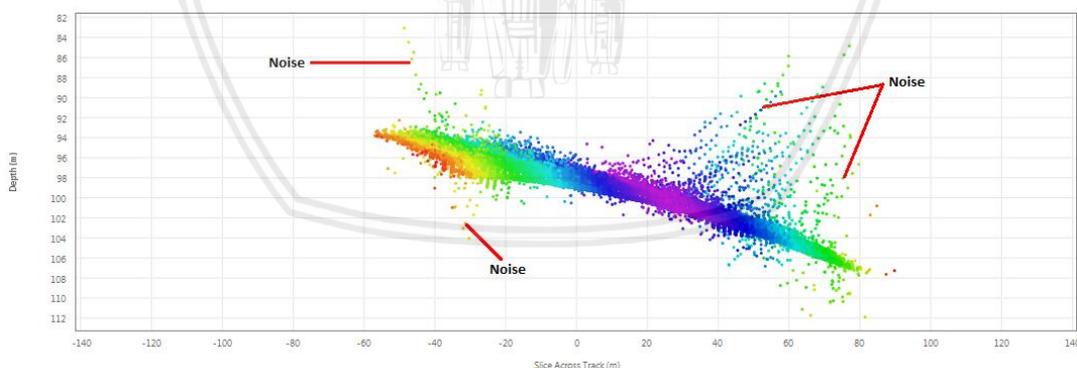
Metode pengolahan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu metode pengolahan data batimetri dan metode pengolahan data *backscatter*.

Berikut adalah metode pengolahan data yang dilakukan :

3.4.1 Metode Pengolahan Data Batimetri

- **Proses *Filtering & Cleaning***

Data batimetri yang telah didapat dari *multibeam echosounder* EM3000 milik P3GL masih berupa data mentah hasil pemeruman. Hasil pengolahan data batimetri ini berupa visualisasi tiga dimensi (3D). Hasil visualisasi ini merupakan hasil dari proses *filtering & cleaning*. *Filtering* dan *cleaning* nilai kedalaman dilakukan bertujuan untuk menyaring dan membersihkan 'noise'. *Noise* dicirikan oleh lokasinya seperti jenis *outlier* (kurang padat dan jarang). Pada tahap ini, kegiatan dilakukan menggunakan *Processing Manager* perangkat lunak Qimera. Pengolahan data ini dilakukan per *line survey*. Hasil akhir pengolahan data batimetri dapat berupa *product surface*.



Gambar 10. *Noise* pada *dynamic surface*

3.4.2 Metode Pengolahan Data *Backscatter*

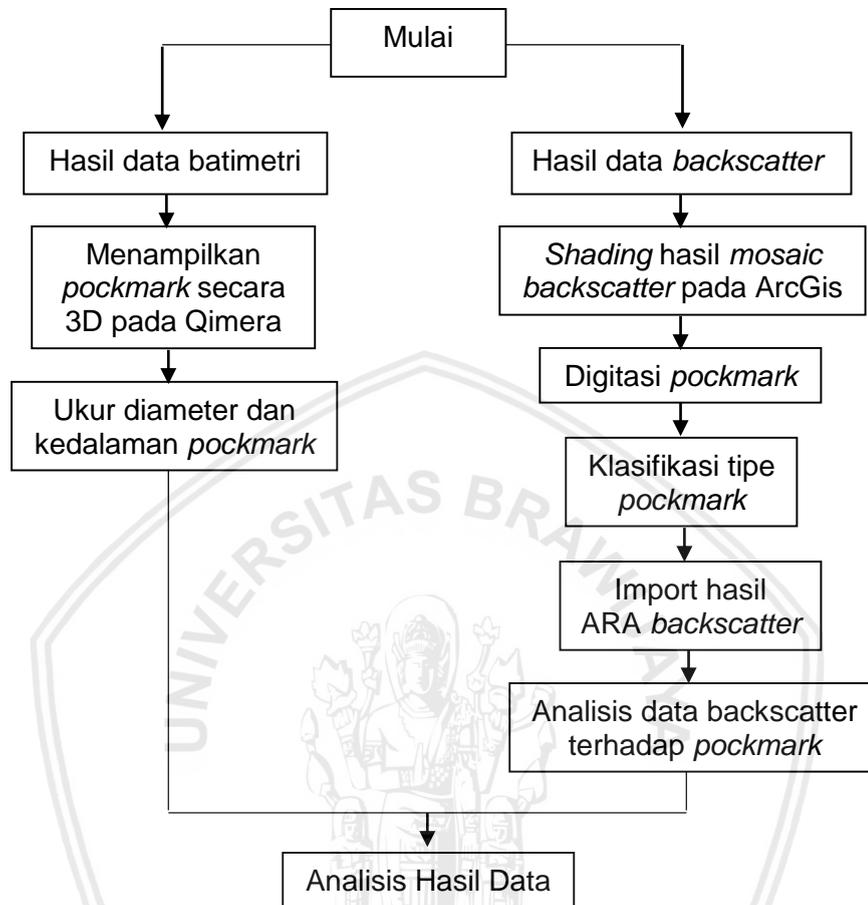
- **Proses *Angular Response Analysis (ARA) & Mosaic Backscatter***

Multibeam echosounder dapat menghasilkan data kedalaman dan data nilai hambur balik (*backscatter*) yang dipantulkan dari dasar perairan. Pengolahan data *backscatter* pada penelitian ini dilakukan untuk melakukan analisa data *backscatter* terhadap *pockmark* pada perairan Waipoga. Pengolahan data *backscatter* ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Fledermaus Geocoder Toolbox (FMGT)*. Pengolahan data *backscatter* yang dilakukan pada perangkat lunak FMGT adalah pembuatan *mosaic backscatter* dan melakukan klasifikasi sinyal *backscatter* dengan menggunakan metode *Angular Response Analysis (ARA)* yang tersedia pada perangkat lunak FMGT. Sebaran nilai *backscatter* di perairan Waipoga dapat dilihat dari tampilan mosaik yang terbentuk. Tampilan *mosaic backscatter* ini berupa tampilan dalam *grayscale*. Setelah pembuatan *mosaic backscatter* dan klasifikasi sinyal *backscatter* dilakukan, hasil diekspor dalam format TIFF (*.tif.) *image*.

Beberapa koreksi secara otomatis dilakukan oleh perangkat lunak FMGT pada tiap data mentah yang diolah seperti koreksi penyesuaian sinyal, *transmission loss*, sudut insiden *beam*, dan penyesuaian area *beam*, kemudian seluruh intensitas data *backscatter* disaring berdasarkan *beam angle* (QPS, 2019). Pengolahan ini difokuskan pada dua hal utama yaitu pembuatan *mosaic backscatter* dan klasifikasi sinyal *backscatter*.

3.5 Metode Analisis Hasil Data

Berikut adalah alur metode analisis hasil data yang dilakukan :

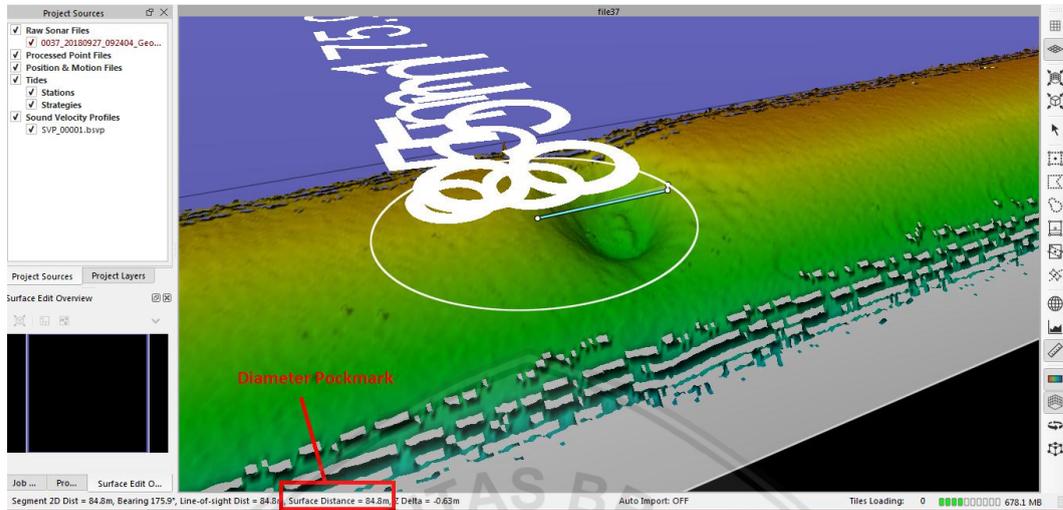


Gambar 11. Alur Metode Analisis Data

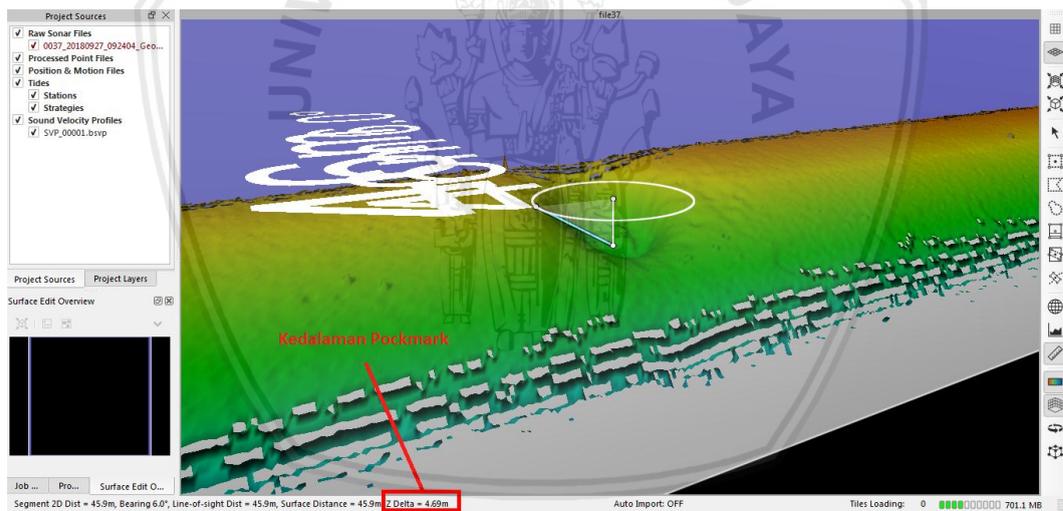
3.5.1 Metode Analisis Hasil Data Batimetri

Identifikasi dimensi *pockmark* pada perairan Waipoga dilakukan menggunakan data batimetri yang telah diolah pada proses sebelumnya. Data batimetri digunakan untuk menampilkan profil *pockmark* secara 3D. Penampilan profil *pockmark* secara 3D dilakukan pada perangkat lunak Qimera. Pengukuran dimensi *pockmark* dilakukan dengan *tools ruler* pada Qimera. Pada proses ini dilakukan pengukuran diameter dan kedalaman pada *pockmark*. Pengukuran diameter dan kedalaman *pockmark* yang

dilakukan hanya berupa *sampling* pada *pockmark* yang ditemukan yaitu *pockmark* terbesar dan *pockmark* terkecil yang telah terlihat secara visual..



Gambar 12. Diameter *Pockmark*



Gambar 13. Kedalaman *Pockmark*

3.5.2 Metode Analisis Hasil Data *Backscatter*

Analisis data *backscatter* dilakukan menggunakan data *backscatter* yang telah diolah pada proses sebelumnya. Data *backscatter* yang diperoleh selanjutnya akan diolah pada perangkat lunak ArcGis 10.3. Proses pengolahan yang dilakukan pada perangkat lunak ArcGis 10.3 meliputi *shading* pada hasil *mosaic backscatter*, *digitasi* *pockmark* dan *export* hasil *backscatter* terhadap *pockmark*. Selanjutnya, pada proses *shading* hasil

mosaic backscatter dilakukan untuk mendapatkan gambaran hasil mosaik sesuai dengan pengaturan sinar datang yang diinginkan. Proses ini menggunakan *hillshade* pada *spatial analyst tool*. Sudut penyinaran yang digunakan dengan *azimuth* sebesar 315° dan *altitude* sebesar 45° . Pada proses *digitasi pockmark* dilakukan untuk mengklasifikasikan *pockmark* kedalam 4 tipe *pockmark* dan untuk mengetahui jumlah dari masing-masing tipe *pockmark*. Proses ini dilakukan secara visual untuk mengklasifikasikan *pockmark* kedalam 4 tipe *pockmark* berdasarkan ciri-ciri bentuk yang telah diketahui. Pada proses *export* hasil *backscatter* terhadap *pockmark* dilakukan untuk melihat apakah hasil *backscatter* akan berbeda pada keempat tipe *pockmark* yang telah diketahui.

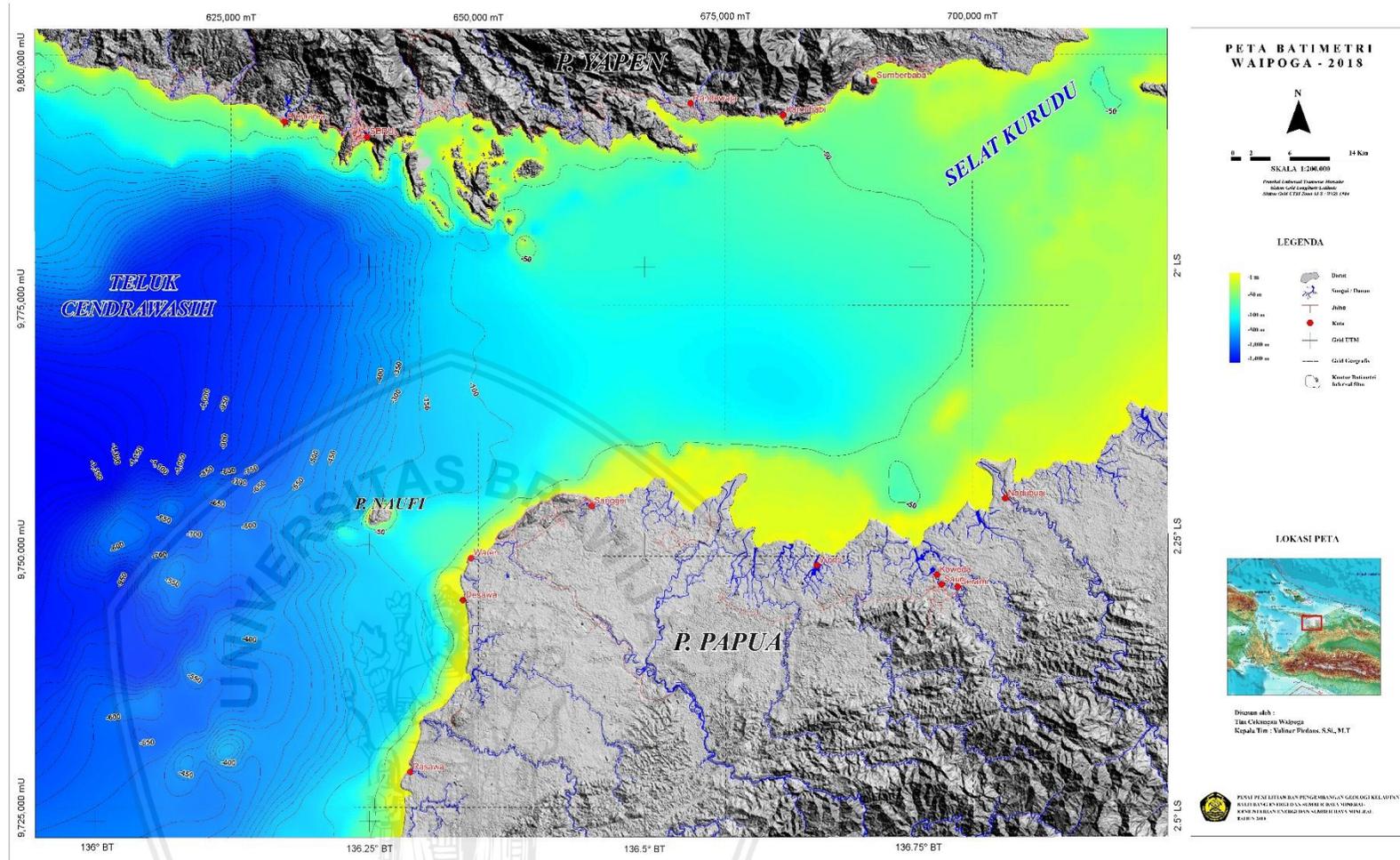


4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Teluk Cendrawasih merupakan salah satu area di Indonesia timur dengan prospek sumber hidrokarbon yang tinggi. Banyak blok pada area ini terdapat aktivitas eksplorasi hingga sampai saat ini. Berdasarkan penelitian BPMIGAS tahun 2008, terdapat dua cekungan pada area ini, yaitu cekungan Cendrawasih dan cekungan Waipoga (Nurwani *et al.*, 2017). Cekungan Waipoga merupakan salah satu dari 10 cekungan di Indonesia yang memiliki potensi sumberdaya gas biogenik (IAGI, 2016). Cekungan Waipoga merupakan suatu sirkular yang terbentuk karena evolusi tektonik Papua. Unit stratigrafi pada cekungan Waipoga merupakan pertemuan antara lempeng benua Australia dan lempeng samudera Pasifik, sehingga memiliki peluang bagi hidrokarbon untuk muncul. Ketebalan sedimen pada perairan Waipoga yaitu termasuk dalam sedimen Pliosen sampai Pleistosen yang mencapai 6.500-7.000 m di laut dan 8.000 m di darat dan memiliki sedimen berbutir halus.

Potensi sumberdaya gas dapat diidentifikasi melalui keberadaan *pockmark*. Berdasarkan peta batimetri yang didapatkan dari data P3GL (gambar 14), terlihat bahwa pada perairan Waipoga memiliki kedalaman berkisar antara 50 hingga 100 meter yang ditunjukkan dengan warna hijau muda hingga warna biru muda. Luas area penelitian memiliki luas ± 792 km² dengan penemuan *pockmark* sejumlah 1001 *pockmark*. *Pockmark* pada perairan Waipoga pada umumnya terdapat pada kedalaman 60 hingga 80 meter.



Gambar 14. Peta Batimetri Perairan Waipoga (P3GL, 2018)

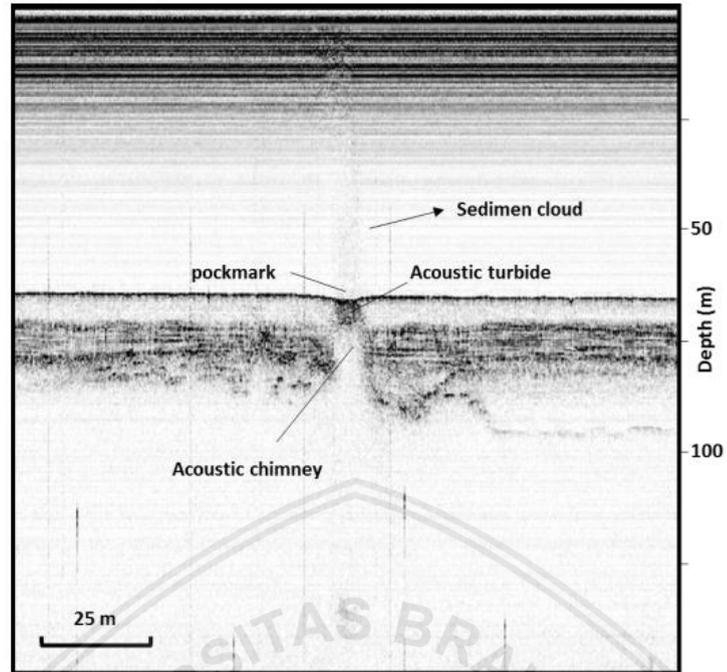
4.2 Hasil Identifikasi *Pockmark*

Hasil identifikasi *pockmark* didapatkan dari proses pengolahan data batimetri dan *backscatter*. Akuisisi data oleh tim P3GL dilaksanakan selama satu minggu dari tanggal 22 – 29 September 2018 menggunakan kapal Geomarin III. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, ditemukan *pockmark* pada perairan Waipoga sejumlah 1001 *pockmark*. Identifikasi *pockmark* yang dilakukan difokuskan pada dimensi, klasifikasi tipe dan populasi *pockmark*. Berikut adalah peta sebaran *pockmark* di perairan Waipoga disajikan pada gambar sebagai berikut :

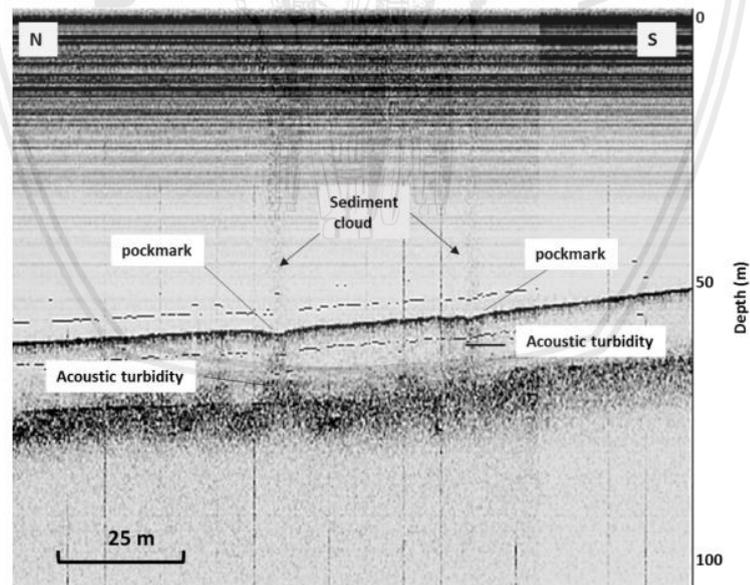


Berdasarkan data *multibeam echosounder* yang didapatkan dari P3GL, cukup banyak ditemukan *pockmark* pada perairan Waipoga. Adanya *pockmark* merupakan salah satu indikasi adanya sumber gas alam pada perairan. Namun, penggunaan alat *multibeam echosounder* saja tidak mampu mendeteksi *pockmark* yang masih mengeluarkan gas secara aktif pada perairan Waipoga. Pada waktu akuisisi yang sama, tim P3GL juga melakukan survey lapangan di perairan Waipoga menggunakan alat *sub-bottom profiler* (SBP). SBP merupakan suatu sistem untuk mengidentifikasi dan mengukur variasi dari lapisan-lapisan sedimen yang ada di bawah permukaan air (Kusuma *et al.*, 2016). Sistem akustik yang digunakan dalam SBP hampir sama dengan alat pada *echosounder*. Sumber suara memancarkan sinyal secara vertikal ke bawah menelusuri air dan *reciever* memonitor sinyal balikan yang telah dipantulkan dasar laut. Sistem ini menggunakan sinyal akustik yang dipantulkan untuk membentuk penampang dari bagian lapisan-lapisan sedimen. Penggunaan SBP dapat membantu untuk mendeteksi kemunculan gas yang berada pada lapisan sedimen dengan melihat anomali sinyal akustik, sehingga *pockmark* yang aktif dapat terdeteksi.

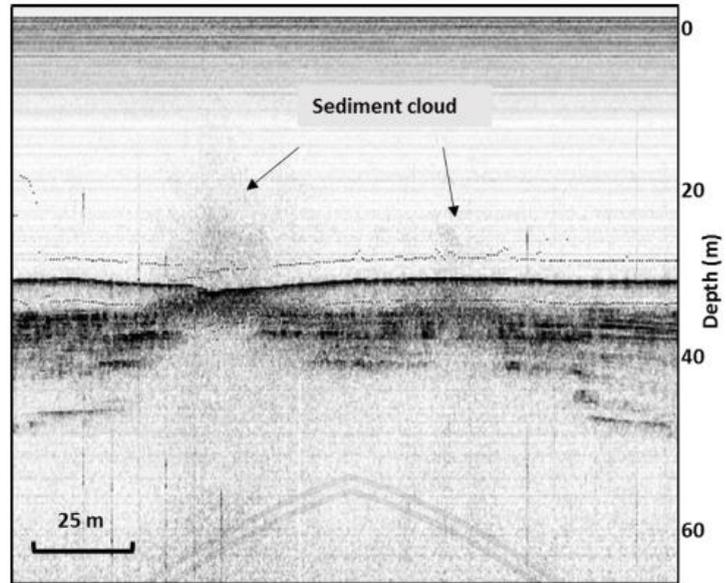
Pada penelitiannya, tim P3GL menggunakan SBP SyQwest Bathy 2010 dengan menggunakan frekuensi sekitar 3.5 kHz sehingga konfigurasi sedimen permukaan setebal hingga 30 - 40 meter dapat tergambarkan dengan resolusi yang baik. Hasil dari penelitiannya, menunjukkan bahwa terdeteksi adanya kemunculan gas pada area tengah lokasi penelitian. Banyak dijumpai fitur *pockmark* yang juga berasosiasi dengan *sediment cloud* pada kolom air yang mengindikasikan aktifnya *pockmark* sebagai lokasi rembesan gas (Gambar 15 – Gambar 18).



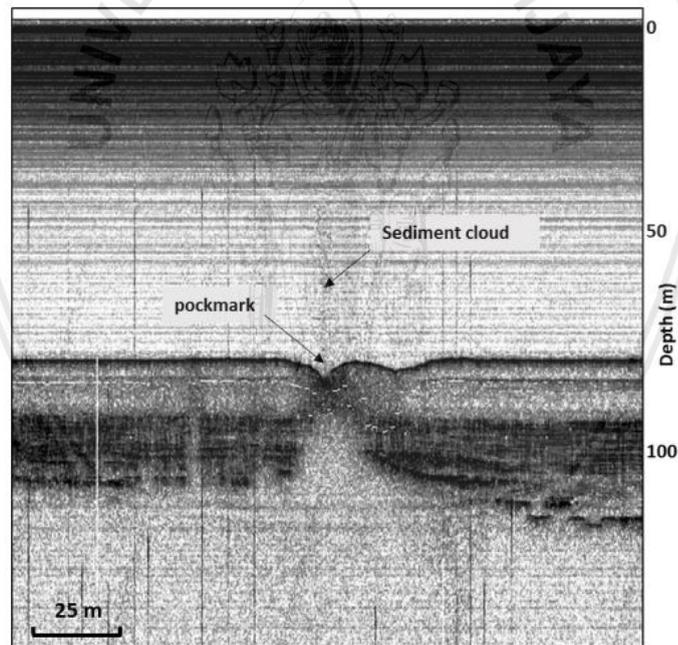
Gambar 15. *Pockmark* aktif pada *line survey* C-20 dengan fitur *sediment cloud* yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut (P3GL, 2018)



Gambar 16. *Pockmark* aktif pada *line survey* C-24 dengan fitur *sediment cloud* yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut (P3GL, 2018)



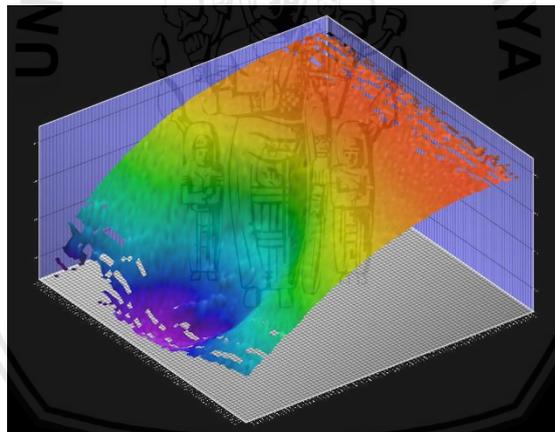
Gambar 17. *Sediment cloud* pada *line survey* C-18 yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut (P3GL, 2018)



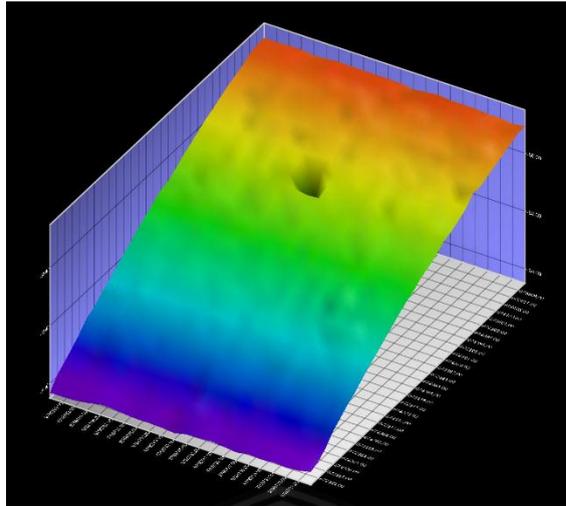
Gambar 18. *Pockmark* aktif pada *line survey* C-20 dengan fitur *sediment cloud* yang mengindikasikan keluarnya gas dangkal ke permukaan dasar laut (P3GL, 2018)

4.2.1 Dimensi *Pockmark*

Hasil dimensi *pockmark* yang didapatkan hanya berdasarkan *sampling pockmark* pada perairan Waipoga yang ditentukan secara visual yaitu dua jenis *pockmark* berdasarkan dimensinya; *pockmark* terbesar dan *pockmark* terkecil. *Pockmark* terbesar ditemukan pada *line survey* C-15. *Pockmark* terbesar yang didapatkan merupakan tipe *eyed pockmark*. *Eyed pockmark* terbesar ini memiliki bentuk yang simetris. *Eyed pockmark* ini memiliki panjang diameter hingga 92,4 meter dengan kedalaman 15,42 meter. Sedangkan, pada *pockmark* terkecil ditemukan pada *line survey* C-16. *Pockmark* terkecil yang didapatkan merupakan tipe *unit pockmark*. *Unit pockmark* terkecil ini memiliki bentuk yang simetris. *Unit pockmark* ini memiliki panjang diameter 5,1 meter dengan kedalaman 0,72 meter.



Gambar 19. *Pockmark* terbesar



Gambar 20. *Pockmark* terkecil

4.2.2 Klasifikasi Tipe *Pockmark*

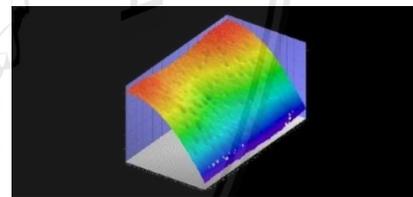
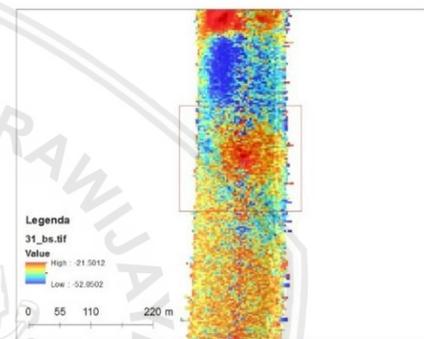
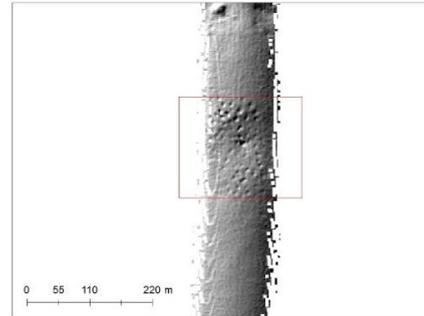
Menurut Hovland *et al.* (2002), klasifikasi tipe *pockmark* dapat dibagi menjadi empat tipe yaitu *unit pockmark*, *normal pockmark*, *eyed pockmark* dan *elongated pockmark*. Pada penelitian ini ditemukan keempat tipe *pockmark* tersebut pada perairan Waipoga. Berikut adalah keempat tipe *pockmark* yang ditemukan yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Tipe Pockmark

| No | Tipe <i>Pockmark</i> | Ciri-ciri | Contoh Gambar |
|----|----------------------|-----------|---------------|
|----|----------------------|-----------|---------------|

1 Unit *Pockmark*

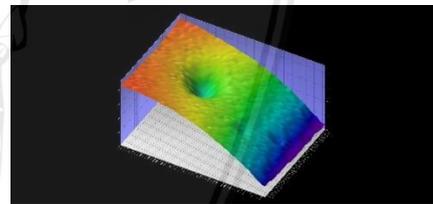
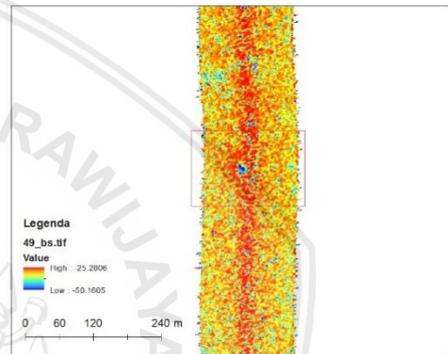
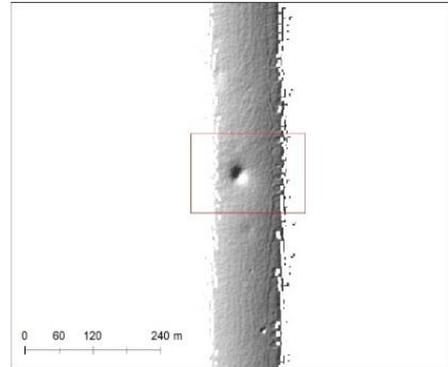
Memiliki bentuk depresi melingkar dengan diameter <10 m dan kedalaman yang dangkal



| No | Tipe Pockmark | Ciri-ciri | Contoh Gambar |
|----|---------------|-----------|---------------|
|----|---------------|-----------|---------------|

2 Normal Pockmark

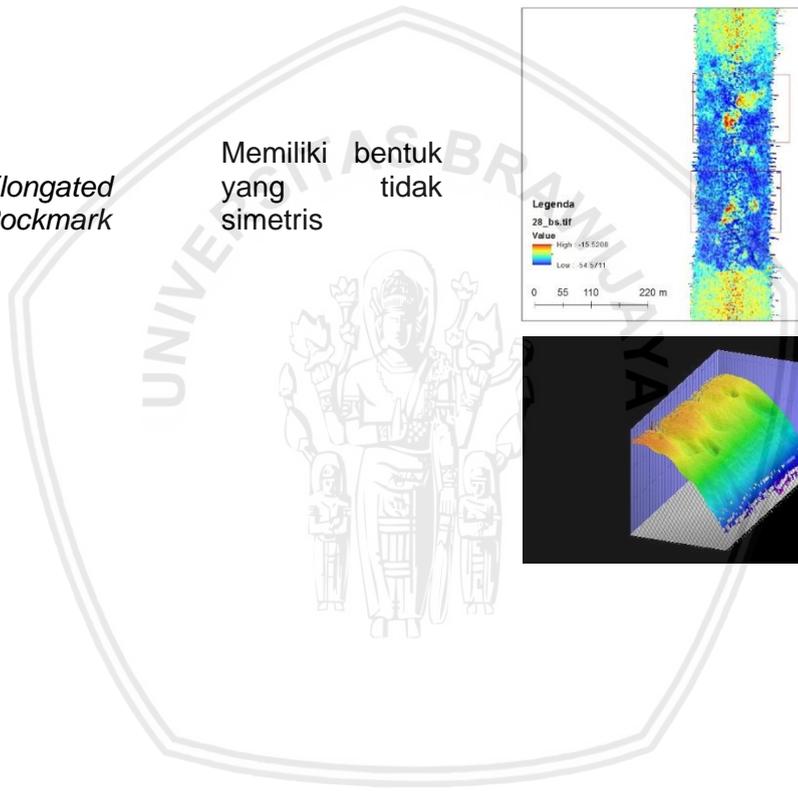
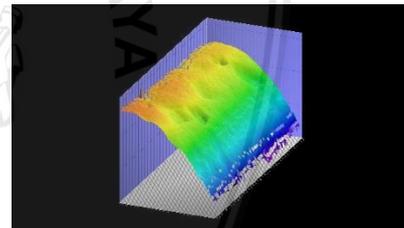
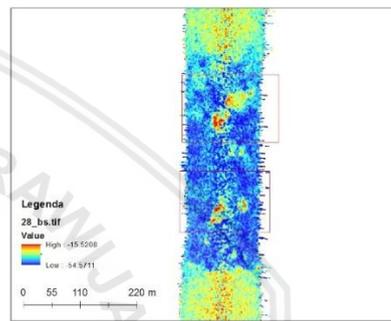
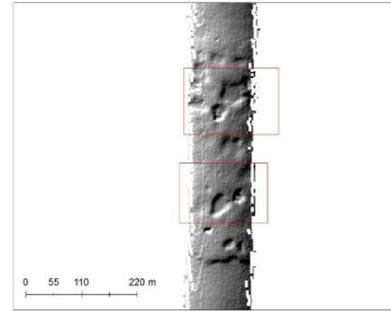
Memiliki bentuk bulat teratur dengan dimensi yang lebih besar dari unit pockmark; diameter dapat mencapai >100m dan kedalaman yang cukup dalam

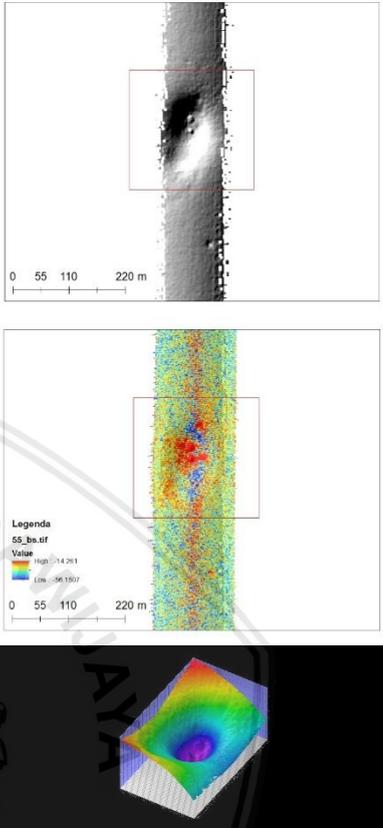


| No | Tipe Pockmark | Ciri-ciri | Contoh Gambar |
|----|---------------|-----------|---------------|
|----|---------------|-----------|---------------|

3 *Elongated Pockmark*

Memiliki bentuk yang simetris yang tidak



| No | Tipe <i>Pockmark</i> | Ciri-ciri | Contoh Gambar |
|----|----------------------|---|---|
| 4 | <i>Eyed Pockmark</i> | Terdapat bentuk seperti tonjolan pada bagian tengah |  |

4.2.3 Populasi *Pockmark*

Populasi *pockmark* pada perairan Waipoga didapatkan dari hasil digitasi yang dilakukan pada perangkat lunak ArcGis 10.3. Hasil digitasi terbagi menjadi empat tipe *pockmark*. Tipe *pockmark* beserta jumlah yang ditemukan antara lain *unit pockmark* sejumlah 184 *pockmark*, *normal pockmark* sejumlah 491 *pockmark*, *elongated pockmark* sejumlah 308 *pockmark*, dan *eyed pockmark* sejumlah 18 *pockmark*. Jumlah keseluruhan *pockmark* yang ditemukan pada perairan Waipoga terdapat 1001 *pockmark*. Persebaran tiap tipe *pockmark* tersebar secara merata pada seluruh *line survey*.

Tabel 5. Populasi *Pockmark*

| No | Tipe <i>Pockmark</i> | Jumlah |
|----|---------------------------|--------|
| 1 | Unit <i>Pockmark</i> | 184 |
| 2 | Normal <i>Pockmark</i> | 491 |
| 3 | <i>Elongated Pockmark</i> | 308 |
| 4 | <i>Eyed Pockmark</i> | 18 |
| | Jumlah | 1001 |

4.3 Hasil Nilai *Backscatter* pada *Pockmark*

Hasil nilai *backscatter* terhadap *pockmark* didapatkan dari proses yang dilakukan pada perangkat lunak FMGT dan ArcGIS. *Backscatter* MBES yang digunakan merupakan intensitas akustik yang dipantulkan dasar perairan menggunakan fungsi ARA. Berdasarkan proses yang telah dilakukan, hasil nilai *backscatter* diklasifikasikan dalam empat tipe *pockmark*. Contoh nilai *backscatter* pada tiap titik *pockmark* terdapat pada lampiran 1. Nilai *backscatter* yang didapatkan pada keempat tipe *pockmark* cenderung seragam. Masing-masing nilai *backscatter* dari tipe *unit pockmark*, *normal pockmark*, *elongated pockmark* dan *eyed pockmark* memiliki *range* nilai -35,04 hingga -48,27 dB, -34,73 hingga -49,22 dB, -33,47 hingga -48,59 dB, dan -35,05 hingga -45,12 dB.

Pada penelitiannya Pujiyati (2010), menjelaskan bahwa nilai *backscatter* dipengaruhi oleh ukuran butiran partikelnya. Selain ukuran butiran partikel, nilai hambur balik dasar perairan dapat diduga adanya pengaruh dari faktor lain seperti kandungan zat organik dan biota yang berada dalam sedimen. Sedimen dengan karakteristik keras akan memiliki nilai hambur balik yang lebih besar jika dibandingkan jenis sedimen bertekstur halus (Fahrulian dan Jaya, 2016). Secara material yang terkena pantulan sinyal, semakin besar ukuran butir substrat dasar perairan, maka semakin tinggi nilai hambur balik akustik yang terdeteksi (Hamuna *et al.*, 2017).

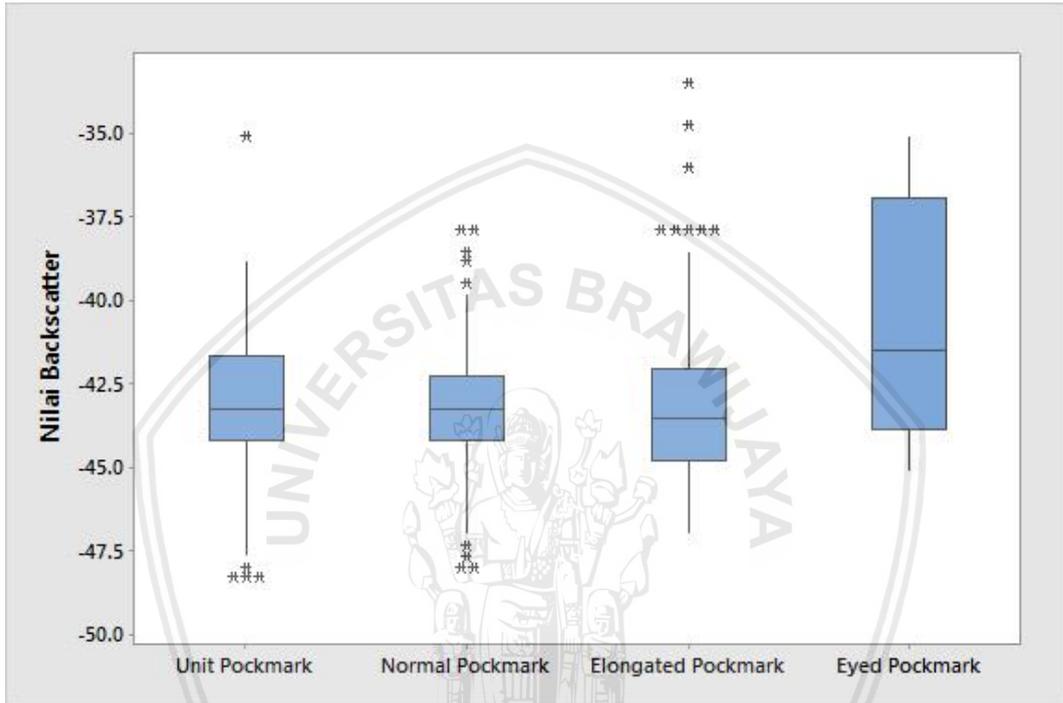
Tabel 6. Range nilai backscatter

| No | Tipe Pockmark | Range Backscatter (dB) |
|----|--------------------|------------------------|
| 1 | Unit Pockmark | -35,04 hingga -48,27 |
| 2 | Normal Pockmark | -34,73 hingga -49,22 |
| 3 | Elongated Pockmark | -33,47 hingga -48,59 |
| 4 | Eyed Pockmark | -35,05 hingga -45,12 |

Penyajian grafis *boxplot* distribusi nilai backscatter dari masing-masing tipe pockmark disajikan pada gambar 17. *Boxplot* berikut merupakan ringkasan distribusi nilai *backscatter* yang disajikan secara grafis yang dapat memberikan beberapa informasi statistik seperti distribusi data (*skewness*) dan ukuran penyebaran (keragaman) data. Berdasarkan data yang didapat, *unit pockmark* memiliki nilai median -43,23 dB dan memiliki IQRange sebesar 2,51. Pada *boxplot* unit pockmark dapat terlihat nilai *outlier* dengan masing-masing nilai -35,04 dB, -47,96 dB, dan -48,27 dB. Pada tipe *normal pockmark* didapatkan nilai median -43,23 dB dan memiliki IQRange sebesar 1,88. Terdapat beberapa nilai *outlier* terlihat pada tipe ini yang memiliki masing-masing nilai sebesar -37,88 dB, -38,55 dB, -38,82 dB, -39,45 dB, -47,33 dB, -47,65 dB, dan -47,96 dB. Pada tipe *elongated pockmark* memiliki nilai median sebesar -43,55 dB dengan nilai IQRange sebesar 2,75. Masing-masing nilai *outlier* yang terdapat pada tipe *elongated pockmark* sebesar -33,47 dB, -34,73 dB, -35,99 dB, dan -37,88 dB. Pada tipe *eyed pockmark* memiliki median -41,50 dB dengan nilai IQRange sebesar 6,93 dan tidak ditemukan nilai *outlier* pada tipe *eyed pockmark*.

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa sebaran data pada tipe *unit pockmark* dan *normal pockmark* tidak simetris dan distribusi data cenderung menjulur ke arah kiri (*negative skewness*). Hal tersebut disebabkan karena adanya *outlier* pada *boxplot* yang disertai dengan *whisker* (garis di atas dan dibawah *boxplot*) pada bagian bawah yang lebih panjang. Sebaran data pada tipe *elongated pockmark* tidak simetris dan distribusi data cenderung menjulur ke arah

kanan (*positive skewness*). Hal tersebut disebabkan karena adanya *outlier* pada *boxplot* yang disertai dengan *whisker* (garis diatas dan dibawah *boxplot*) pada bagian atas yang lebih panjang. Pada sebaran data tipe *eyed pockmark* memiliki sebaran data simetris. Hal tersebut dikarenakan tidak ditemukannya *outlier* pada *boxplot eyed pockmark*.



Gambar 21. *Boxplot* nilai *backscatter pockmark*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dimensi *pockmark* terbesar pada perairan Waipoga memiliki diameter sebesar 92,4 meter dengan kedalaman 15,42 meter. *Pockmark* terbesar ini ditemukan pada *line survey* C-15 dengan tipe *eyed pockmark*. Sedangkan, dimensi *pockmark* terkecil memiliki diameter sebesar 5,1 meter dengan kedalaman 0,72 meter. *Pockmark* terkecil ini ditemukan pada *line survey* C-16 dengan tipe *unit pockmark*.
2. Tipe *pockmark* yang ditemukan pada perairan Waipoga diklasifikasikan menjadi empat tipe yaitu *unit pockmark*, *normal pockmark*, *elongated pockmark*, dan *eyed pockmark*. Jumlah *pockmark* yang ditemukan pada perairan Waipoga sebanyak 1001 *pockmark* dengan jumlah masing-masing tipe sebagai berikut : *unit pockmark* sebesar 184 *pockmark*, *normal pockmark* sebesar 491 *pockmark*, *elongated pockmark* sebesar 308 *pockmark*, dan *eyed pockmark* sebesar 18 *pockmark*.
3. Hasil nilai *backscatter* pada tipe *unit pockmark*, *normal pockmark*, dan *eyed pockmark* cenderung seragam dan terdapat sedikit perbedaan pada tipe *eyed pockmark*. Hasil *range* nilai *backscatter* *unit pockmark* sebesar -35,04 hingga -48,27 dB, *normal pockmark* sebesar -34,73 hingga -49,22 dB, *elongated pockmark* sebesar -33,47 hingga -48,59 dB, dan *eyed pockmark* sebesar -35,05 hingga -45,12 dB. Hal tersebut membuktikan bahwa klasifikasi tipe *pockmark* belum dapat dibedakan berdasarkan hasil nilai *backscatter*, namun hanya dapat menggunakan visual.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, metode identifikasi *pockmark* yang dilakukan masih menggunakan visualisasi pada hasil data yang didapatkan, sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan pengembangan metode untuk proses identifikasi *pockmark* seperti dengan menggunakan metode GLCM (*Gray Level Co-occurrence Matrix*).



DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A., Manik, H., Pujiyati, S., 2016. Integrasi data Multibeam Batimetri dan Mosaik Backscatter untuk Klasifikasi Tipe Sedimen. *J. Teknol. Perikan. Dan Kelaut.* 77–84.
- Akbar, K., Pratomo, D., Khomsin, 2017. Analisis Nilai Hambur Balik Sedimen. *J. Tek. ITS* 6.
- Brahmantyo, B., Bandono, 2006. Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang. *J. Geoaplika* 71–78.
- Darsono, P., 1999. PEMANFAATAN SUMBER DAYA LAUT DAN IMPLIKASINYA BAGI MASYARAKAT NELAYAN. *Oseana XXIV*, 1–9.
- Dondurur, D., 2011. Acoustic evidence of shallow gas accumulations and active pockmarks in the Izmir Gulf, Aegean sea. *Mar. Pet. Geol.* 1505–1516.
- Fahrulian, M., Jaya, I., 2016. Angular Range Analysis (ARA) and K- Means Clustering Multibeam Echosounder Data for Determined Bottom Type of Sediment. *Indones. J. Mar. Sci.* 21, 177–184.
- Febrianto, T., Hestirianoto, T., Agus, S., 2015. PEMETAAN BATIMETRI DI PERAIRAN DANGKAL PULAU TUNDA, SERANG, BANTEN MENGGUNAKAN SINGLEBEAM ECHOSOUNDER. *J. Teknol. Perikan. Dan Kelaut.* 139–147.
- Harris, P., 2012. Seafloor Geomorphology—Coast, Shelf, and Abyss 109–155.
- Haverkamp, T., 2014. Linking Geology and Microbiology: Inactive Pockmarks Affect Sediment Microbial Community Structure. *PLoS ONE* 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085990>
- Hidayat, A., 2014. Survei Bathimetri Untuk Pengecekan Kedalaman Perairan Wilayah Pelabuhan Kendal. *J. Geod. UNDIP* 3.
- Hovland, M., Gardener, J., Judd, A., 2002. The significance of pockmarks to understanding fluid flow processes and geohazards. *Geofluids* 127–136.
- Hovland, M., Svensen, H., Forsberg, C., Johansen, 2005. Complex pockmarks with carbonate-ridges off mid-Norway: products of sediment degassing. *Mar. Geol.* <https://doi.org/191e206>
- IAGI, 2016. Melirik Migas di Mesozoik Indonesia Barat. Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Jakarta.
- IMCA, 2006. Guidelines for The Use of Multibeam Echosounders for Offshore Surveys IMCA S003 Rev. 1, 1. International Marine Contractors Association, United Kingdom.



- Ingrassia, M., Martorelli, A., & Bosman, A. (2015). The Zannone Giant Pockmark: first evidence of a giant complex seeping structure in shallowwater, central Mediterranean Sea, Italy. *Marine Geology*, 38-51
- Jagalingam, 2015. Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery. *Procedia Eng.* 560–566.
- Kautsar, M., Sasmito, B., 2013. APLIKASI ECHOSOUNDER HI-TARGET HD 370 UNTUK PEMERUMAN DI PERAIRAN DANGKAL. *J. Geod. UNDIP* 2.
- Lubis, M., Manik, M., 2017. Review : Acoustic systems (split beam echo sounder) to determine abundance of fish in marine fisheries. *J. Geosci.* 2.
- Lurton, X., 2002. *An Introduction to Underwater Acoustics*. Praxis Publishing, Chicester, UK.
- Maroni, C., Quinquis, A., Vinson, S., 2001. Horizon Picking on Subbottom Profiles Using Multiresolution Analysis. *Digit. Signal Process.* 11, 269–287.
- Nurwani, C., Imran, Z., Abdullah, C., Mulyawati, S., 2017. Hydrocarbon Prospectivity of Cendrawasih Bay Area. *Int. Proc. Chem. Biol. Environ. Eng.* <https://doi.org/10.7763/IPCBEE>
- Pambuko, D., Mukti, 2013. Identifikasi Kedalaman Laut (Bathymetry) berdasarkan Warna Permukaan Laut pada Citra Satelit menggunakan Metode ANFIS. *JMI* 9, 167–178.
- Prasetyo, M., Sasmito, B., Amarrohman, F., 2019. PEMETAAN JENIS SEDIMEN DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS DATA KEDALAMAN DARI NORBIT IWBMS MULTIBEAM ECHOSOUNDER SYSTEM (MBES). *J. Geod. UNDIP*.
- QPS. 2019. <http://qps.nl/fledermaus> diakses pada 17 Juli 2019
- Saputro, L., Awaluddin, M., Sabri, L., 2012. Identifikasi Nilai Amplitudo Sedimen Dasar Laut pada Perairan Dangkal Menggunakan Multibeam Echosounder. *J. Geod. UNDIP* 1.
- Solangi, S., Nazeer, A., Abassi, S., 2018. Morphological features of continental shelf margin: Examples from the Pakistan Offshore. *Geod. Geodyn.*
- Spina, R., 2018. Pockmarks as indicators to decipher some natural phenomena in the field of geology and beyond: state of knowledge and its implications. *J. Environ. Geol.* 1–2.
- Supartono, B., 2013. Pengukuran Acoustic Backscattering Strength Dasar Perairan dengan Instrumen Single dan Multibeam Echosounder. Thesis Program Pascasarj.
- Wenau, V., 2018. Localization and characterization of a gas bubble stream at a Congo deep water seep site using a 3D gridding approach on single-beam echosounder data. *Mar. Pet. Geol.* 612–623.

Wijonarko, W., Sasmito, B., Nugraha, A., 2016. KAJIAN PEMODELAN DASAR LAUT MENGGUNAKAN SIDE SCAN SONAR DAN SINGLEBEAM ECHOSOUNDER. J. Geod. UNDIP 5.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Koordinat dan Nilai *Backscatter Pockmark*

| Tipe | X | y | Nilai <i>backscatter</i> |
|------------------------|-------------|--------------|---------------------------------|
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4422418 | -2.133896146 | -41.6604996 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4417766 | -2.132424903 | -41.9706001 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4425282 | -2.099871005 | -44.4902 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4419494 | -2.080813848 | -44.1800995 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4423843 | -2.06728641 | -42.6004982 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4420372 | -1.975777182 | -43.2304001 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.469173 | -1.96889435 | -42.2904015 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4691078 | -1.970466101 | -42.2904015 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.468634 | -1.972543606 | -41.6604996 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4691224 | -2.071328105 | -45.4411011 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4689978 | -2.090938938 | -43.5502014 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4691365 | -2.096859925 | -40.0808983 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4694231 | -2.098065702 | -43.2304001 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4688778 | -2.105049805 | -43.2304001 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4958909 | -2.075813934 | -42.9202995 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4963351 | -2.04207139 | -43.5502014 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4961528 | -2.019689111 | -41.3406982 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4960629 | -2.015108181 | -41.0306015 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4960233 | -1.971168377 | -39.7708015 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.4965055 | -1.957191345 | -45.4411011 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.5229161 | -1.959389948 | -42.6004982 |
| <i>Unit Pockmark</i> | 136.5224736 | -1.974969064 | -43.5502014 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4421159 | -2.086072508 | -44.8100014 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4426199 | -2.085775314 | -43.2304001 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4421662 | -2.078568076 | -43.8602982 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4420229 | -2.077869457 | -42.2904015 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4422255 | -2.027957433 | -44.1800995 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4418972 | -2.011660562 | -47.9608002 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4420186 | -2.00916218 | -46.3810997 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4425812 | -1.977863388 | -38.5110016 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4690277 | -1.965888928 | -37.8810997 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4690703 | -2.00335681 | -43.8602982 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4686495 | -2.011590865 | -45.7512016 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4691353 | -2.115892499 | -47.9608002 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.469404 | -2.118313908 | -41.0306015 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4688454 | -2.121166838 | -43.8602982 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4691806 | -2.123563297 | -42.9202995 |
| <i>Normal Pockmark</i> | 136.4693776 | -2.130611782 | -47.6408997 |

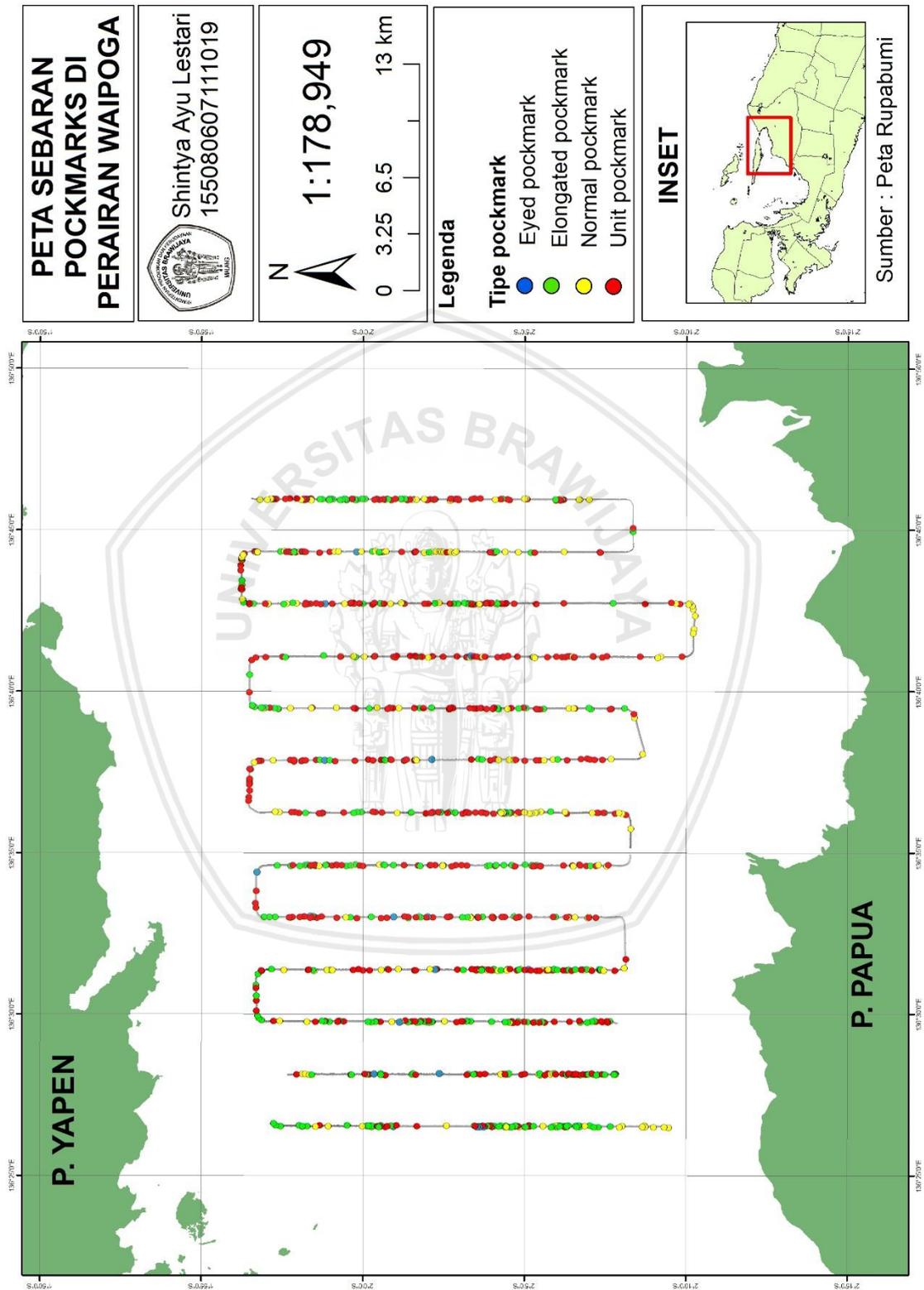


| Type | X | y | Nilai backscatter |
|--------------------|-------------|--------------|--------------------------|
| Normal Pockmark | 136.4693103 | -2.129855674 | -45.7512016 |
| Normal Pockmark | 136.4958744 | -2.126464288 | -44.8100014 |
| Normal Pockmark | 136.4963736 | -2.126128793 | -41.9706001 |
| Normal Pockmark | 136.4960741 | -2.123795987 | -44.8100014 |
| Normal Pockmark | 136.496454 | -2.123185422 | -40.7108002 |
| Normal Pockmark | 136.4961539 | -2.120299852 | -42.2904015 |
| Normal Pockmark | 136.4966862 | -2.111925229 | -44.8100014 |
| Normal Pockmark | 136.496196 | -2.106695735 | -42.9202995 |
| Normal Pockmark | 136.4962647 | -2.098867944 | -45.1200981 |
| Normal Pockmark | 136.4956986 | -2.093822295 | -44.4902 |
| Normal Pockmark | 136.4958672 | -2.091055915 | -43.8602982 |
| Normal Pockmark | 136.4958835 | -2.088180564 | -42.6004982 |
| Normal Pockmark | 136.4961547 | -2.083197284 | -39.7708015 |
| Normal Pockmark | 136.4958947 | -2.079910614 | -42.6004982 |
| Normal Pockmark | 136.4956165 | -2.077460526 | -44.4902 |
| Normal Pockmark | 136.4963678 | -2.077182232 | -39.7708015 |
| Normal Pockmark | 136.4961003 | -2.075938167 | -44.1800995 |
| Normal Pockmark | 136.4963154 | -2.051635442 | -43.8602982 |
| Normal Pockmark | 136.4963718 | -2.050840939 | -42.9202995 |
| Normal Pockmark | 136.4959415 | -2.048582424 | -44.4902 |
| Normal Pockmark | 136.4966094 | -2.030016545 | -43.8602982 |
| Normal Pockmark | 136.5233979 | -2.038274617 | -45.1200981 |
| Normal Pockmark | 136.5231893 | -2.049033264 | -40.7108002 |
| Normal Pockmark | 136.5232451 | -2.05780077 | -44.1800995 |
| Normal Pockmark | 136.5234149 | -2.056269156 | -45.4411011 |
| Normal Pockmark | 136.5233511 | -2.059236404 | -44.4902 |
| Normal Pockmark | 136.523344 | -2.06169439 | -44.4902 |
| Normal Pockmark | 136.5231855 | -2.065121165 | -42.6004982 |
| Normal Pockmark | 136.5233482 | -2.076059397 | -42.9202995 |
| Elongated Pockmark | 136.4420306 | -2.127804236 | -43.8602982 |
| Elongated Pockmark | 136.4417396 | -2.121712941 | -43.5502014 |
| Elongated Pockmark | 136.4424775 | -2.117169419 | -45.4411011 |
| Elongated Pockmark | 136.442397 | -2.112442882 | -38.5110016 |
| Elongated Pockmark | 136.4419303 | -2.111878574 | -40.7108002 |
| Elongated Pockmark | 136.4425292 | -2.111389848 | -43.8602982 |
| Elongated Pockmark | 136.4423662 | -2.110038445 | -43.8602982 |
| Elongated Pockmark | 136.4423089 | -2.109789629 | -40.7108002 |
| Elongated Pockmark | 136.4419903 | -2.104785727 | -42.6004982 |
| Elongated Pockmark | 136.4423796 | -2.103866461 | -43.8602982 |
| Elongated Pockmark | 136.4425395 | -2.101890668 | -41.3406982 |
| Elongated Pockmark | 136.4416723 | -2.100331251 | -42.9202995 |
| Elongated Pockmark | 136.4424531 | -2.101010132 | -44.4902 |
| Elongated Pockmark | 136.442108 | -2.098196309 | -44.8100014 |

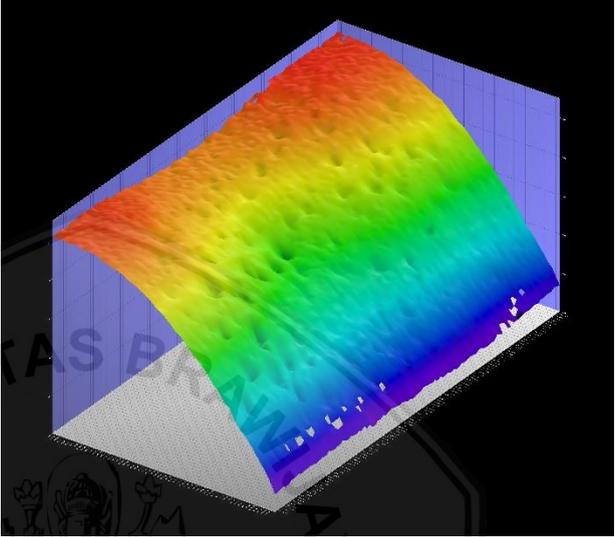
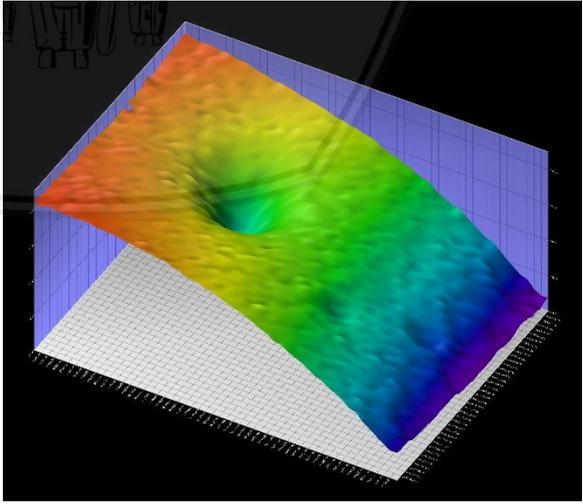
| Tipe | X | y | Nilai backscatter |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------------------|
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4418757 | -2.083484482 | -45.7512016 |
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4417454 | -2.076204198 | -43.5502014 |
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4418 | -2.073399574 | -43.5502014 |
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4424734 | -2.071149556 | -44.4902 |
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4423186 | -2.068253234 | -46.0709991 |
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4424295 | -2.064621546 | -45.1200981 |
| <i>Elongated Pockmark</i> | 136.4688102 | -2.010355956 | -42.2904015 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.4420056 | -2.016021436 | -45.1200981 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.4692344 | -2.006009969 | -42.6004982 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.4693788 | -2.039614553 | -36.9300995 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.4959429 | -2.019072888 | -40.0808983 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.5232165 | -2.037528207 | -35.0404015 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.5231764 | -2.085495217 | -45.1200981 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.5501907 | -2.033582653 | -42.6004982 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.5501741 | -2.016069301 | -36.9300995 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.5505857 | -1.973112216 | -40.4006996 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.6312015 | -1.980373495 | -42.2904015 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.6315704 | -2.035766691 | -44.4902 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.6850303 | -2.055723946 | -43.8602982 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.711892 | -1.980492609 | -40.4006996 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.7386483 | -1.996870423 | -35.6702995 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.441834 | -2.06238295 | -40.7108002 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.4418797 | -2.060305801 | -43.5502014 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.4417629 | -2.059124174 | -43.8602982 |
| <i>Eyed Pockmark</i> | 136.5733469 | -1.945482124 | -36.9300995 |



Lampiran 2. Peta Persebaran *Pockmark* di Perairan Waipoga

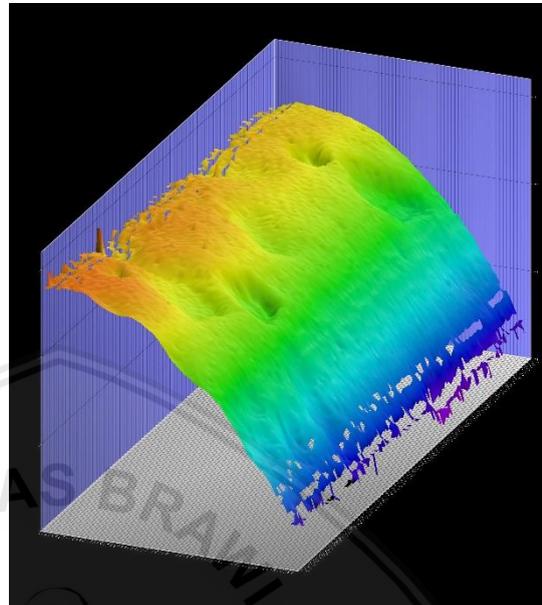


Lampiran 3. Visualisasi 3D Pockmark

| No | Tipe Pockmark | Visualisasi 3D |
|----|------------------------|--|
| 1 | <i>Unit Pockmark</i> |  |
| 2 | <i>Normal Pockmark</i> |  |

| No | Tipe Pockmark | Visualisasi 3D |
|----|---------------|----------------|
|----|---------------|----------------|

3 *Elongated Pockmark*



4 *Eyed Pockmark*

