

DETEKSI DAN KUANTIFIKASI MIKROPLASTIK MENGUNAKAN *SCIENTIFIC ECHOSOUNDER*

BIMO AJI NUGROHO



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

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

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul Deteksi dan Kuantifikasi Mikroplastik menggunakan *Scientific Echosounder* adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Bimo Aji Nugroho
NIM C5502222010



RINGKASAN

BIMO AJI NUGROHO. Deteksi dan Kuantifikasi Mikroplastik menggunakan *Scientific Echosounder*. Dibimbing oleh HENRY M. MANIK, INDRA JAYA, dan M. REZA CORDOVA

Plastik yang masuk ke laut memiliki jenis polimer dan densitas berbeda, kemudian mengalami proses fisika dan kimia hingga terpecah menjadi partikel kecil yang disebut mikroplastik. Saat ini, identifikasi dan kuantifikasi mikroplastik di perairan umumnya masih dilakukan secara konvensional melalui pengambilan sampel air di beberapa titik, yang kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan spektrofotometri dan mikroskopi. Sebagai alternatif, teknologi hidroakustik menawarkan potensi untuk mendeteksi mikroplastik di kolom air karena mampu menjangkau area spasial yang luas. Sistem ini bekerja dengan memancarkan gelombang akustik berfrekuensi tertentu ke dalam perairan, lalu merekam pantulan dari objek tunggal sebagai *target strength* dan pantulan dari kumpulan objek sebagai *backscattering strength*. Penelitian ini bertujuan (1) menganalisis karakteristik hamburan mikroplastik; (2) menganalisis nilai *volume backscattering coefficient* sebagai representasi karakteristik intensitas hamburan balik partikel yang terkonsentrasi; serta (3) menganalisis nilai *volume backscattering strength* mikroplastik yang terkonsentrasi di kolom perairan berdasarkan hasil pengujian dalam kondisi terkontrol.

Eksperimen dilakukan dengan menuangkan sampel mikroplastik ke dalam kolam uji sebanyak 2.500 g pada setiap pengulangan (tiga kali pengulangan). Sampel air diambil pada tiga kedalaman berbeda, kemudian diekstraksi di laboratorium untuk mengukur konsentrasi. Distribusi diameter ukuran partikel diasumsikan homogen, yaitu 1 mm untuk *large MPs* dan 0,5 mm untuk *medium MPs*. Data hasil laboratorium digunakan untuk perhitungan *volume backscattering coefficient* (s_v), sementara instrumen akustik secara simultan mengukur respon hamburan balik mikroplastik di kolam uji. Data akustik kemudian diproses menggunakan metode *filtering*, *outlier detection*, *regression*, *correlation*, *independent test*, dan *effect size test*.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai nondimensional $x \approx 0,419$ untuk *large MPs* dan $x \approx 0,209$ untuk *medium MPs*, keduanya berada pada *Rayleigh scattering regime* yang ditandai dengan hamburan lemah. *Backscattering form function* (f_∞) masing-masing 0,196 dan 0,054, sementara *normalised total scattering cross-section* (χ) masing-masing $7,55 \times 10^{-3}$ dan $5,54 \times 10^{-4}$, menunjukkan hamburan lemah. Rata-rata s_v *large MPs* pada D1.5, D1, dan D0.5 adalah $9,03 \times 10^{-5}$; $5,40 \times 10^{-5}$; dan $6,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}^3$, sedangkan *medium MPs* adalah $1,71 \times 10^{-4}$; $5,40 \times 10^{-5}$; dan $7,71 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}^3$. *Volume backscattering strength* (SV, dB) *medium MPs* juga lebih tinggi (−37,68; −42,68; −41,13 dB) dibanding *large MPs* (−40,45; −42,67; −41,64 dB). Model regresi s_v –konsentrasi dan SV– $\log_{10}(\text{konsentrasi})$ menunjukkan kecocokan tinggi ($R^2 > 0,80$) dan korelasi kuat ($r > 0,80$) pada semua kedalaman.

Potensi kesalahan terutama disebabkan oleh: (1) asumsi distribusi ukuran partikel homogen yang memengaruhi nilai f_∞ dan σ_{bs} ; (2) perbedaan waktu pengambilan sampel air dan data akustik yang menimbulkan *time-interval effect*;



serta (3) gangguan *noise* dari *microbubble* dan turbulensi akibat pengambilan sampel air.

Secara metodologis, *large MPs* sudah berada pada $x > 0,3$, sedangkan *medium MPs* masih $x < 0,3$, yang artinya keduanya tetap dalam *Rayleigh scattering regime* pada frekuensi 200 kHz. Meskipun teori menyatakan partikel dalam regime ini sulit terdeteksi, hasil eksperimen membuktikan bahwa konsentrasi tinggi memungkinkan deteksi praktis. Konsistensi temuan dengan literatur sebelumnya menegaskan validitas metodologis dan teoretis penggunaan SBES Simrad EK-15 200 kHz untuk estimasi konsentrasi mikroplastik. Penelitian ini sekaligus memvalidasi kesesuaian model dan membuka peluang pengembangan metode praktis pemantauan mikroplastik di kolom air menggunakan teknologi akustik, khususnya *single beam echosounder*.

Kata Kunci: koefisien hambur balik volume akustik (s_v), kondisi terkontrol, mikroplastik, *single beam echosounder* (SBES)



SUMMARY

BIMO AJI NUGROHO. *Detection dan Quantification of Microplastics using Scientific Echosounder*. Supervised by HENRY M. MANIK, INDRA JAYA, dan M. REZA CORDOVA

Plastics entering the ocean have varying polymer types and densities, and undergo physical and chemical processes that fragment them into smaller particles, known as microplastics. Currently, the identification and quantification of microplastics in aquatic systems are mostly conducted through conventional approaches, namely water sampling at several points followed by laboratory analysis using spectrophotometry and microscopy. As an alternative, hydroacoustic technology offers the potential to detect microplastics in the water column over broader spatial scales. This system transmits acoustic waves at specific frequencies into the water and records the reflections from individual particles as target strength and from particle aggregates as backscattering strength. This study aims to (1) analyze the scattering characteristics of microplastics; (2) analyze the *volume backscattering coefficient* as a representation of the backscattering intensity of concentrated particles; and (3) analyze the *volume backscattering strength* of microplastics in the water column based on controlled experimental conditions.

The experiment was conducted by releasing 2,500 g of microplastic samples into a test tank in three repetitions. Water samples were collected at three different depths, then extracted in the laboratory to measure concentrations. Particle size diameter distribution was assumed to be homogeneous, namely 1 mm for large MPs and 0.5 mm for medium MPs. Laboratory data were used for calculating the volume backscattering coefficient (s_v), while acoustic instruments simultaneously measured the backscattering response of the introduced microplastics. Acoustic data were then processed using filtering, outlier detection, regression, correlation, independent tests, and effect size analysis.

The results showed that the nondimensional value (x) were $x \approx 0.419$ for large microplastics dan $x \approx 0.209$ for medium microplastics, both within the *Rayleigh scattering regime* indicating weak scattering. Corresponding backscattering form functions (f_∞) were 0.196 dan 0.054, dan normalised total scattering cross-section (χ) were 7.55×10^{-3} dan 5.54×10^{-4} , indicating weak scattering. Mean s_v values at depths D1.5, D1, dan D0.5 were 9.03×10^{-5} , 5.40×10^{-5} , dan $6.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}^3$ for large microplastics, dan 1.71×10^{-4} , 5.40×10^{-5} , dan $7.71 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}^3$ for medium microplastics. Volumetric backscattering strength (SV, in dB) was higher for medium microplastics (−37.68; −42.68; −41.13 dB) than for large microplastics (−40.45; −42.67; −41.64 dB). Regression models of s_v versus concentration dan SV versus $\log_{10}(\text{concentration})$ demonstrated excellent fit ($R^2 > 0.80$) dan strong correlations ($r > 0.80$) at all depths.

Potential errors mainly stemmed from: (1) the assumption of homogeneous particle size distribution affecting f_∞ and σ_{bs} values; (2) temporal differences between water sampling and acoustic measurements, causing time-interval discrepancies; and (3) noise from microbubbles and turbulence during water sampling.

Methodologically, *large MPs* reached $x > 0.3$, while *medium MPs* remained $x < 0.3$, placing both within the *Rayleigh scattering regime* for the 200 kHz SBES

Simrad EK-15. Although theory suggests that particles within this regime are difficult to detect, experimental results demonstrated that higher concentrations enabled practical detection. The consistency of these findings with previous studies reinforces the methodological and theoretical validity of using SBES 200 kHz for estimating microplastic concentrations. This research thus provides validation of model applicability and establishes a foundation for developing practical acoustic-based monitoring methods for microplastics in the water column, particularly using single-beam echosounders.

Keywords: controlled condition, microplastics, *single beam echosounder* (SBES), underwater acoustic volume backscattering coefficient (s_v)

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



@Hak cipta milik IPB University

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

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

DETEKSI DAN KUANTIFIKASI MIKROPLASTIK MENGUNAKAN *SCIENTIFIC ECHOSOUNDER*

BIMO AJI NUGROHO

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Kelautan

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Prof. Dr. Ir. Etty Riani, MS



IPB University
— Bogor Indonesia —

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

Perpustakaan IPB University



Judul Tesis : Deteksi dan Kuantifikasi Mikroplastik menggunakan
Scientific Echosounder

Nama : Bimo Aji Nugroho

NIM : C5502222010

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Henry M. Manik S.Pi., M.T., Ph.D



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Indra Jaya M.Sc.



Pembimbing 3:
Prof. (Ris). Muhammad Reza Cordova S.Pi. M.Si. Ph.D



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si
NIP 19671021 199203 2 002



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc
NIP 19630731 198803 1 002



Tanggal Ujian: 14 Agustus 2025

Tanggal Lulus: 25 Agustus 2025



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan Desember 2024 ini ialah teknologi akustik untuk mendeteksi objek mikro di bawah air, dengan judul “Deteksi dan Kuantifikasi Mikroplastik menggunakan *Scientific Echosounder*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing, Prof. Henry M. Manik, PhD selaku ketua komisi pembimbing, Prof. Indra Jaya, PhD dan Prof. Muhammad Reza Cordova, PhD selaku anggota komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada kepala laboratorium dan staf Laboratorium UPT Perikanan Air Tawar Sumberpasir, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Brawijaya (UB) yang telah memberikan kemudahan akses penggunaan laboratorium untuk pengujian dan analisis data, serta staf Laboratorium Akustik Kelautan, ITK, IPB University yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, adik dan nenek yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Terima kasih kepada rekan-rekan Alumni FPIK UB yang dengan senantiasi selalu ada dan membantu selama proses penelitian. Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada Pusat Pembiayaan dan Asesmen Pendidikan Tinggi (PPAPT) Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan Kementerian Keuangan Republik Indonesia sebagai penyandang dana pendidikan pascasarjana melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (Nomor Induk BPI: 202209092373) skema Beasiswa Indonesia Maju (BIM) S2.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Bimo Aji Nugroho

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
II METODE PENELITIAN	5
2.1 Waktu dan Tempat	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Langkah Penelitian	6
2.4 Prosedur Akuisisi Data Akustik di Laboratorium	6
2.5 Prosedur Analisis Data	10
2.6 Perhitungan Karakteristik Hamburan Mikroplastik	12
2.7 Perhitungan Hambur Balik Akustik Mikroplastik	13
2.8 Prosedur Pengambilan dan Perlakuan Sampel Air untuk Mikroplastik	14
III HASIL DAN PEMBAHASAN	16
3.1 Kalibrasi Bola <i>Sphere</i>	16
3.2 Karakteristik Hamburan Mikroplastik	17
3.3 Hambur Balik Akustik Mikroplastik	21
3.4 Analisis Data Hasil Eksperimen Akustik dan Sampel Air	31
3.5 Hasil Ekstraksi Mikroplastik pada Sampel Air di Laboratorium	46
3.6 Pembahasan Umum	49
IV SIMPULAN DAN SARAN	51
4.1 Simpulan	51
4.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	63
RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR GAMBAR

1	Skema tahapan penelitian	7
2	Sketsa akuisisi data akustik di <i>water tank</i>	9
3	Pemrosesan sinyal akustik untuk deteksi dan kuantifikasi mikroplastik	11
4	<i>Echogram target strength</i> bola <i>sphere</i> pada <i>display</i> ESP3	16
5	Distribusi nilai <i>target strength</i> kalibrasi bola <i>sphere</i> penelitian	17
6	Keterkaitan antara <i>backscatter form function</i> (f^∞) dan <i>normalised total scattering cross-section</i> (χ) dengan x untuk <i>large MPs</i> .	19
7	Keterkaitan antara <i>backscatter form function</i> (f^∞) dan <i>normalised total scattering cross-section</i> (χ) dengan x untuk <i>medium MPs</i> .	20
8	Hubungan antara atenuasi hamburan dengan konsentrasi mikroplastik yang diukur secara akustik berdasarkan kedalaman dari permukaan air. (a) <i>large MPs</i> dan (b) <i>medium MPs</i> . Hasil menunjukkan hubungan yang linear dengan nilai tertinggi sebesar $7 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ untuk <i>large MPs</i> dan $5 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ untuk <i>medium MPs</i> .	21
9	Contoh <i>echogram</i> dari eksperimen akustik dengan sampel <i>large MPs</i> . Sampel cenderung tenggelam dan berkumpul di area bawah (kedalaman $\pm 1,5 \text{ m}$ dari permukaan air).	22
10	Contoh <i>echogram</i> setiap penuangan 2500 gram sampel <i>large MPs</i> . (a) penuangan pertama; (b) penuangan kedua; (c) penuangan ketiga.	23
11	Contoh <i>echogram</i> dari eksperimen akustik dengan sampel <i>medium MPs</i> . Sampel cenderung tersuspensi dan berkumpul di kolom air (kedalaman $\pm 1 \text{ m}$ dari permukaan air).	24
12	Contoh <i>echogram</i> setiap penuangan 2500 gram sampel <i>medium MPs</i> . (a) penuangan pertama; (b) penuangan kedua; (c) penuangan ketiga.	25
13	Hasil regresi dan korelasi antara nilai <i>sv model</i> (sumbu x – data sampel air) dan <i>sv measured</i> (sumbu y – data akustik) <i>large MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5.	26
14	Hasil regresi dan korelasi antara nilai <i>sv model</i> (sumbu x – data sampel air) dan <i>sv measured</i> (sumbu y – data akustik) <i>medium MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5.	27
15	Hasil regresi dan korelasi antara nilai <i>SV model</i> (sumbu x – data sampel air) dan <i>SV measured</i> (sumbu y – data akustik) <i>large MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5.	27
16	Hasil regresi dan korelasi antara nilai <i>SV model</i> (sumbu x – data sampel air) dan <i>SV measured</i> (sumbu y – data akustik) <i>medium MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5.	28
17	Hasil regresi dan korelasi antara nilai konsentrasi MPs sampel air (sumbu x - <i>measured</i>) dan konsentrasi MPs akustik (sumbu y - <i>estimated</i>) <i>large MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5.	28
18	Hasil regresi dan korelasi antara nilai konsentrasi MPs sampel air (sumbu x - <i>measured</i>) dan konsentrasi MPs akustik (sumbu y - <i>estimated</i>) <i>medium MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5.	29
19	Hasil regresi dan korelasi antara nilai konsentrasi MPs sampel air (sumbu x) dan <i>sv</i> akustik (sumbu y) <i>large MPs</i> pada tiga titik kedalaman berbeda,	

- yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5. Hasil menunjukkan korelasi yang sangat kuat secara linear. 29
- 20 Hasil regresi dan korelasi antara nilai konsentrasi MPs sampel air (sumbu x) dan *sv* akustik (sumbu y) *medium MPs* pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5. Hasil menunjukkan korelasi yang kuat secara linear. 30
- 21 Hasil regresi dan korelasi antara nilai konsentrasi MPs sampel air (sumbu x) dan *SV* akustik (sumbu y) *large MPs* pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5. Hasil menunjukkan korelasi yang sangat kuat secara linear. 30
- 22 Hasil regresi dan korelasi antara nilai konsentrasi MPs sampel air (sumbu x) dan *SV* akustik (sumbu y) *medium MPs* pada tiga titik kedalaman berbeda, yaitu (a) titik D1.5; (b) titik D1; (c) titik D0.5. 31
- 23 Distribusi nilai konsentrasi *large MPs* sampel air dan akustik pada tiga titik pengambilan data. 34
- 24 Distribusi nilai konsentrasi *medium MPs* sampel air dan akustik pada tiga titik pengambilan data. 34
- 25 Distribusi nilai *volume backscattering coefficient (sv) large MPs* sampel air dan akustik pada tiga titik pengambilan data. 37
- 26 Distribusi nilai *volume backscattering coefficient (sv) medium MPs* laboratorium dan akustik pada tiga titik pengambilan data. 37
- 27 Pembagian karakteristik hamburan berdasarkan diameter ukuran partikel dan nilai hamburannya terhadap x (ka) untuk mengetahui di titik mana terjadi pergeseran karakteristik hamburan dari lemah ke kuat. 38
- 28 Distribusi nilai *volume backscattering strength (SV) large MPs* sampel air dan akustik pada tiga titik pengambilan data. 40
- 29 Distribusi nilai *volume backscattering strength (SV) medium MPs* sampel air dan akustik pada tiga titik pengambilan data. 40
- 30 Q-Q plot untuk *normality test* estimasi konsentrasi dari data akustik *Large MPs* (atas) dan *medium MPs* (bawah). Data dari kedua jenis sampel menunjukkan adanya penyimpangan *heavy-tailed* dan *light-tailed* di ujung plot. 42
- 31 Q-Q plot untuk *normality test* *volume backscattering coefficient (sv)* dari data akustik *Large MPs* (atas) dan *medium MPs* (bawah). Data dari kedua jenis sampel menunjukkan adanya penyimpangan *heavy-tailed* dan *light-tailed* di ujung plot. 43
- 32 Tren Nilai *Rank-Biserial Correlation* pada *sv* linear dan estimasi konsentrasi akustik. Titik D1 menunjukkan *critical* atau *turning point*, arah selalu naik pada setiap variabel (*sv* linear dan estimasi konsentrasi akustik). Seluruh variabel konsentrasi akustik menunjukkan arah negatif seluruh titik, sedangkan *sv* linear menunjukkan arah positif (titik D1) dan negatif (D1.5 dan D0.5). 44
- 33 Stratifikasi *Volume Backscattering Strength (SV dalam dB)* (baris atas) dan Estimasi Konsentrasi secara Akustik (baris bawah) pada *large MPs* berdasarkan kedalaman titik pengambilan sampel. Sumbu vertikal merupakan jarak dari transduser akustik, sedangkan sumbu horizontal merupakan waktu dalam menit dan detik. 45

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

34	Stratifikasi <i>Volume Backscattering Strength</i> (SV dalam dB) (baris atas) dan Estimasi Konsentrasi secara Akustik (baris bawah) pada <i>medium MPs</i> berdasarkan kedalaman titik pengambilan sampel. Sumbu vertikal merupakan jarak dari transduser akustik, sedangkan sumbu horizontal merupakan waktu dalam menit dan detik.	45
35	Distribusi vertikal konsentrasi mikroplastik data sampel air untuk <i>large MPs</i> .	46
36	Distribusi vertikal konsentrasi mikroplastik data sampel air untuk <i>medium MPs</i> .	47
37	Sampel polimer mikroplastik <i>polystyrene</i> (PS) yang digunakan dalam eksperimen dan pasca ekstraksi dari sampel air. (a) sampel <i>large MPs</i> sebelum dituangkan ke kolam uji, pasca <i>grading</i> sampel. (b) dan (c) hasil ekstraksi mikroplastik jenis <i>large MPs</i> dari sampel air. (d) sampel <i>medium MPs</i> sebelum dituangkan ke kolam uji, pasca <i>grading</i> sampel. (b) dan (c) hasil ekstraksi mikroplastik jenis <i>medium MPs</i> dari sampel air.	48
38	Bentuk sampel mikroplastik dari sebelum dan sesudah dilakukan <i>grinding</i> . (a) bentuk sampel mikroplastik sebelum dilakukan <i>grinding</i> atau masih murni dari pabrik. (b) bentuk sampel mikroplastik pasca <i>grinding</i> jenis <i>large MPs</i> hasil pengamatan mikroskop. (c) bentuk sampel mikroplastik pasca <i>grinding</i> jenis <i>medium MPs</i> .	49

DAFTAR TABEL

1	Spesifikasi instrumen SBES Simrad EK-15	5
2	Spesifikasi sampel polimer plastik PS TRINSEO STYRON™ 666H	5
3	Hasil perhitungan x (ka), <i>backscatter form function</i> (f^∞), dan <i>normalised total scattering cross-section</i> (χ) untuk <i>large</i> dan <i>medium MPs</i> .	17
4	<i>Slope</i> dan koefisien determinasi model regresi data akustik dan sampel air pada <i>large MPs</i> dan <i>medium MPs</i> secara absolut	32
5	<i>Slope</i> dan koefisien determinasi model regresi data akustik dan sampel air pada <i>large MPs</i> dan <i>medium MPs</i> secara numerik (<i>centering dan scaling</i>)	33
6	<i>Slope</i> dan koefisien determinasi model regresi data konsentrasi mikroplastik sampel air dan variabel akustik pada <i>large MPs</i> dan <i>medium MPs</i> secara absolut	36
7	Statistik deskriptif sampel <i>large MPs</i> berdasarkan hasil pengukuran akustik	41
8	Statistik deskriptif sampel <i>medium MPs</i> berdasarkan hasil pengukuran akustik	41

DAFTAR LAMPIRAN

1 Persamaan Regresi Linear dan <i>Curve Fitting</i>	63
2 Data Analisis Statistik Uji Normalitas, Uji Beda, dan <i>Effect Size</i>	69
3 Hasil <i>Pearson Product Moment Correlation</i> Data Eksperimen	70
4 Konsentrasi Mikroplastik Hasil Ekstraksi Sampel Air Laboratorium	71
5 Hasil Kalibrasi Internal Data Sampel Air dan Data Akustik	72
6 Karakteristik Akustik dan Material Polimer	73
7 Sampel Mikroplastik <i>Polystyrene</i> (PS)	74
8 Dokumentasi Penelitian	77

