

UJI AKURASI PEMBACAAN *MOTIWALI* TERHADAP JARAK TRANSDUSER DENGAN DENSITAS PERMUKAAN MEDIUM YANG BERBEDA

ACCURACY ASSESMENT OF MOTIWALI ACOUSTIC TIDE GAUGE DETECTION ON THE DISTANCE OF TRANSDUSER WITH DIFFERENT MEDIUM SURFACE DENSITIES

Jefry Bemba¹, Salnuddin^{1*} dan Nurhalis Wahidin²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK-UNKHAIR, Ternate

²Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK-UNKHAIR, Ternate

*E-mail: Sal_unkhair@yahoo.co.id

ABSTRACT

MOTIWALI is a tidal measuring instrument that uses sound wave. This study aims to identify the limiting factor and accuracy of MOTIWALI to measuring transducer with the surface medium. The sound propagation was affected by temperature and medium density condition as the reflected plane. Reading test were conducted with three different medium density groups (salt water, fresh water, estuary) as well as transducer high treatment (5 treatments). Suitability of distance reading by the transducer and recording interval was analyzed using ANOVA and principle component analysis (PCA). The result showed that instrument did not give the difference of distance reading to the surface of medium, but different densities to data recording intervals with the time set in config.sys. MOTIWALI effective work at a distance of 150cm from the medium surface and fixing the recording time was added for 1 minute.

Keywords: accuracy, *MOTIWALI*, transducer, config.sys, backscatter

ABSTRAK

Mobile Tide and Water Level Instrument (MOTIWALI) adalah alat pengukur fluktuasi ketinggian muka air atau pasang surut menggunakan gelombang suara (acoustic tide gauge). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor pembatas dan akurasi pembacaan instrumen MOTIWALI. Perambatan suara dipengaruhi oleh kondisi suhu udara dan densitas medium sebagai bidang pantul (backscatter). Uji coba pembacaan dilakukan dengan 3 kelompok densitas medium yang berbeda (air laut, air tawar dan air payau) serta perlakuan posisi ketinggian transduser terhadap permukaan medium uji coba (5 perlakuan). Kesesuaian pembacaan jarak oleh transduser dan interval perekaman dianalisis menggunakan ANOVA dan analisis komponen utama (PCA). Hasil analisis memperlihatkan, instrumen tidak memberikan perbedaan pembacaan jarak transduser terhadap permukaan medium uji coba dengan densitas yang berbeda, namun berbeda pada interval perekaman data yang telah ditetapkan pada config.sys. MOTIWALI efektif bekerja pada jarak 150 cm dari permukaan medium dan penetapan waktu perekaman ditambahkan selama 1 menit tiap perencanaan pengukuran dengan interval waktu perekaman tertentu.

Kata kunci: Uji akurasi, *MOTIWALI*, transduser, config.sys, backscatter

I. PENDAHULUAN

Instrumen *Mobile Tide and Water Level Instrument (MOTIWALI)* merupakan alat pengukur pasang surut atau level air yang dapat dengan mudah dipindahkan (*mobile*). Instrumen tersebut dikembangkan oleh Divisi Akustik dan Instrumentasi

Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Sistem kerja *MOTIWALI* dalam pengukuran pasang surut, transduser mentransmisikan suara pada medium udara dan dipantulkan oleh permukaan laut dan diterima kembali oleh *receiver*. Nilai tinggi air pasang surut

diperoleh dari selisih jarak transduser ke dasar perairan terhadap jaraknya ke permukaan medium. Sistem kerja lainnya dari instrumen ini diperlihatkan pada pengaturan interval perekaman data yang dapat diatur sesuai keinginan peneliti dalam suatu program (Khatimah *et al.*, 2016), dengan cara memasukkan interval perekaman pada *config system (config.sys)* yang terdapat pada *sim card* dalam satuan menit. Kemampuan tambahan yang dimiliki MOTIWALI berupa transmisi data menggunakan *Global System for Mobile communications (GSM)* atau frekuensi radio sebagai fungsi transmisi yang dilengkapi dengan sistem alarm.

Penggunaan gelombang suara dalam pengukuran pasang surut adalah bagian dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang sifatnya lebih memudahkan pengukuran parameter pasang surut yang sebelumnya sangat menguras tenaga dalam pengukurannya. *Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)* menjelaskan bahwa keunggulan pengukuran pasang surut menggunakan sistem akustik salah satunya adalah pengukurannya dapat dilakukan pada kondisi udara terbuka (IOC, 1994; 2000; 2006). Berdasarkan pembagian alat pengukur pasang surut menurut (UNESCO-IOC, 2006), instrumen MOTIWALI termasuk kedalam *acoustical tide gauges*, dimana penggunaan suara (*acoustic*) sebagai input instrumen *tide gauge* bekerja dengan mentransmisikan gelombang suara di udara, dimana gelombang tersebut mengalami pemantulan (*back scatter*) setelah berinteraksi dengan permukaan medium (obyek) sebagai bidang pantul (Pierce, 1965, Medwin and Clay, 1997). Makin rapat medium (kepadatan/massa jenis) maka kecepatan pantul makin cepat dan optimal sampai pada *receiver* dan diterjemahkan sebagai jarak transduser dengan permukaan medium (Ingard, 1953; Jensen and Kuperman, 1983, Jastrzębski, 2004).

Perambatan suara di udara dipengaruhi oleh kelembapan udara dan

kadar CO₂, penurunan kadar CO₂ (peningkatan suhu) kurang dari 0,1 % tidak memberi dampak pada absorpsi suara di udara (Bass *et al.*, 1984). Hal tersebut menyebabkan kelembapan relatif dan tekanan udara serta penggunaan frekuensi suara tertentu menjadi faktor koreksi yang menentukan absorpsi suara di atmosfer (Bass *et al.*, 1990). Semakin tinggi suhu udara menyebabkan penurunan tekanan udara, namun terjadi peningkatan kadar CO₂ akibat fungsi turbulensi pada kolom udara (Piercy *et al.*, 1977). Kondisi dimaksud menjelaskan bahwa peningkatan suhu pada medium yang sama akan menghasilkan kecepatan suara yang tinggi pula (Schulkin and Marsh, 1962), namun ditentukan seberapa besar kolom udara yang mengalami kerenggangan akibat minimnya kadar CO₂ di atmosfer, sehingga perambatan suara tidak bersifat linier (Ingard, 1953, Bohn, 1988). Kecepatan suara di udara secara signifikan bervariasi (Bohn, 1988, IOC, 2006) terhadap suhu dan kelembapan (sekitar 0,17%/°C). Hal tersebut menyebabkan pengaruh suhu udara terhadap perambatan suara di udara dan kerapatan medium pantul perlu untuk diketahui. MOTIWALI sebagai salah satu instrumen yang baru dikembangkan dan masih membutuhkan pengembangan yang lebih baik, sehingga perlu dilakukan pengujian instrumen untuk mengidentifikasi faktor pembatas dan membangun nilai validasi yang berasal dari pengaruh variasi densitas medium sebagai bidang pantul suara terhadap tinggi transduser di atas permukaan medium. Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi pembacaan jarak sensor instrumen MOTIWALI terhadap permukaan medium serta penentuan waktu optimum dalam perekaman data yang ditentukan pada *config.sys* dari instrumen.

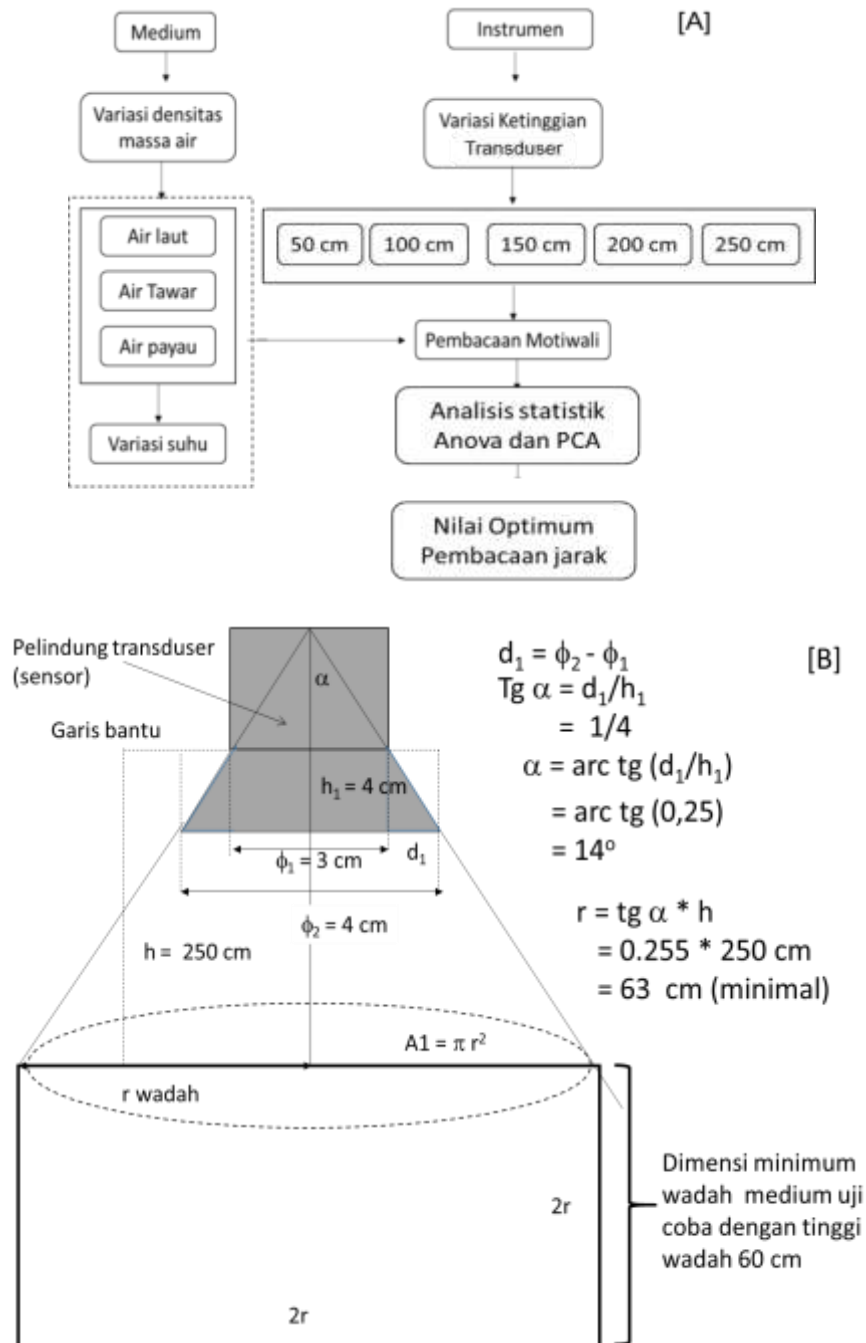
II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April – Mei 2017, di Pelabuhan Perikanan

Nusantara Ternate (PPN) - Kota Ternate. Pengukuran dilakukan dengan pendekatan uji coba (Gambar 1A) dengan menggunakan

medium air yang berbeda dan ditampung pada wadah berukuran tertentu (Gambar 1B).



Gambar 1. Prosedur penelitian (A) dan dimensi wadah medium uji coba (B) Keterangan: d_1 = selisih diameter pelindung transduser; ϕ_1 = diameter bagian atas pelindung; ϕ_2 = diameter bagian bawah pelindung sensor; h_1 = tinggi pelindung sensor; h = tinggi sensor maksimum dengan permukaan medium untuk kegiatan uji coba, r = jari-jari; $A1$ = luas bidang transmisi suara pada ketinggian sensor 250 cm.

2.2. Prosedur Penelitian

Uji coba dilakukan untuk mengetahui kemampuan *backscattering* untuk durasi perambatan (*peak*) suara pada medium yang berbeda densitas, variasi densitas medium uji coba diketahui dari nilai salinitas dan suhu medium uji coba. Perlakuan uji coba pertama diterapkan untuk medium yang memiliki massa jenis setara dengan air laut yang diketahui dengan nilai salinitas berkisar 26 – 35 ppt, untuk perlakuan kedua uji coba dilakukan untuk medium yang memiliki massa jenis setara dengan air tawar yang mempunyai nilai salinitas berada pada kisaran salinitas 1 – 5 ppt, sedangkan untuk salinitas air payau berada diantara salinitas air tawar dan air laut.

Air payau diperoleh dari percampuran air laut dan air tawar dengan komposisi 60% air laut dan 40% air tawar yang diharapkan dapat menghasilkan salinitas medium berkisar 5 – 26 ppt. Perlakuan kedua adalah perlakuan tinggi sensor terhadap permukaan air, untuk ketinggian 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm dan 250 cm (Gambar 1A). Pengulangan perekaman data sekitar 33 kali perekaman untuk interval perekaman data selama 5 menit. Jumlah pengulangan perekaman data tersebut untuk memenuhi kelayakan jumlah data secara statistik yang merujuk pada persamaan *Sturge* ($1+3,3 \log N$), yang berarti untuk mendapatkan nilai $\log(N)$ mendekati 1 maka diperlukan sebanyak 10 kelipatan pengukuran dan menghasilkan 33 kali ($3,3 \cdot \text{nilai log dasar } 10 = 10$).

Pengukuran suhu udara dan medium serta salinitas sebagai parameter kualitas medium uji coba dilakukan minimal sebanyak 5 kali pengukuran selama periode uji coba tiap perlakuan tinggi sensor sekaligus sebagai parameter medium. Nilai variasi pembacaan instrumen diketahui pada akurasi nilai pembacaan jarak transduser dan selisih waktu perekaman yang berurutan. Model uji coba secara statistik menggunakan analisis varians Rancangan Acak Kelompok (RAK) merujuk pada petunjuk Walpole *et al.* (2007).

2.3. Analisis Data

Perhitungan densitas medium dilakukan dengan mengikuti petunjuk UNESCO (1981) dalam paket aplikasi *Excel* yang memasukkan data suhu dan salinitas untuk tekanan 1 atm. Selisih pembacaan pengukuran (ΔH_u) dari MOTIWALI (H_m) dan tinggi sensor (H_s) diketahui dengan pendekatan matematis sederhana $\Delta H_u = H_m - H_s$, sedangkan variasi interval perekaman (ΔT_u) menggunakan prinsip yang sama untuk data yang berurutan ($\Delta T_u = |T_1 - T_2|$). Variasi pembacaan jarak dan interval waktu selanjutnya dianalisis secara statistik dengan Analisis Varians (ANOVA) untuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) merujuk pada petunjuk (Walpole *et al.*, 2007) dengan varian densitas medium dan tinggi sensor terhadap akurasi pembacaan jarak transduser (ΔH_u) dan interval waktu perekaman (ΔT_u). Rancangan Acak Kelompok (RAK) dibangun dengan hipotesis nol (H_0) “tidak ada efek dari perlakuan (*treatment*)” sedangkan hipotesa satu (H_1) “ada efek dari perlakuan (*treatment*)”.

Hipotesa dari ANOVA tersebut digunakan untuk membandingkan rata-rata dari beberapa data dengan perlakuannya yang diwakili oleh beberapa kelompok sampel secara bersama (ulangan), sehingga hipotesis matematikanya untuk 3 kelompok perlakuan (*medium* sebagai μ_1 , ketinggian sensor sebagai μ_2 dan selisih waktu perekaman sebagai μ_3), dimana hipotesanya diformulasikan kembali ($H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ dan $H_1 : \text{salah satu dari } \mu \text{ tidak sama}$).

Hasil ANOVA selain memberikan nilai koefisien korelasi dalam persamaan regresi juga menghasilkan nilai variabel yang berbeda nyata ($F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}} : \text{tolak } H_0$), dilanjutkan dengan analisis komponen utama atau *Principle Component Analysis* (PCA) untuk melihat komponen mana yang berbeda dari ANOVA sebelumnya (Sharma, 1995, Johnson and Wichern, 2002). Perbedaan yang dihasilkan pada ANOVA tidak bisa menunjukkan kelompok atau perlakuan mana yang berbeda tersebut (Mickey *et al.*, 2004,

Hair Jnr *et al.*, 2010). Kelompok yang memberi perbedaan selanjutnya dikelompokkan dan dianalisis penciri dari variabel yang berbeda menggunakan PCA. Seluruh analisis statistik dilakukan dengan menggunakan paket aplikasi statistik Xlstat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembacaan jarak transduser ke permukaan medium pada kegiatan uji coba dilakukan sebanyak 474 kali perekaman data selama 4 hari (Tabel 1). Kisaran jumlah data pengukuran tiap perlakuan pada uji coba berkisar 24 – 37 kali. Pengukuran tersebut dilakukan secara kontinyu untuk tiap medium uji coba dari perlakuan dengan medium air tawar, dilanjutkan dengan medium air payau dan medium air laut. Selama periode pengukuran minimal terdapat dua kondisi pengukuran yakni, kondisi siang dan malam hari, sehingga pengaruh suhu udara dan medium menyebabkan variasi densitas.

3.1. Variasi Nilai Suhu dan Salinitas Medium

Suhu permukaan medium dan udara serta kadar salinitas pada kegiatan uji coba memperlihatkan sebaran parameter uji coba relatif kecil dengan nilai deviasi yang kecil. Deviasi maksimum dijumpai pada medium air laut untuk parameter suhu (0,83 °C) disusul oleh parameter salinitas sebesar 0,07 ppt (Tabel 1). Berdasarkan medium uji coba, medium air tawar dan air payau mempunyai nilai salinitas yang relatif sama (0,3 ppt dan 20 ppt) dan variasi suhu udara dan permukaan medium sebesar 1 °C selama periode pengukuran. Variasi nilai parameter uji coba tersebut lebih dipengaruhi oleh relatif pendeknya periode pengukuran untuk satu perlakuan tertentu (\approx 3 jam) sehingga perubahan kualitas medium akibat radiasi sinar matahari terhadap volume medium uji coba tidak begitu besar dalam menerima bahang dari sinar matahari. Faktor lainnya akibat kondisi cuaca lokal wilayah

Tabel 1. Nilai parameter suhu dan salinitas medium selama kegiatan uji coba.

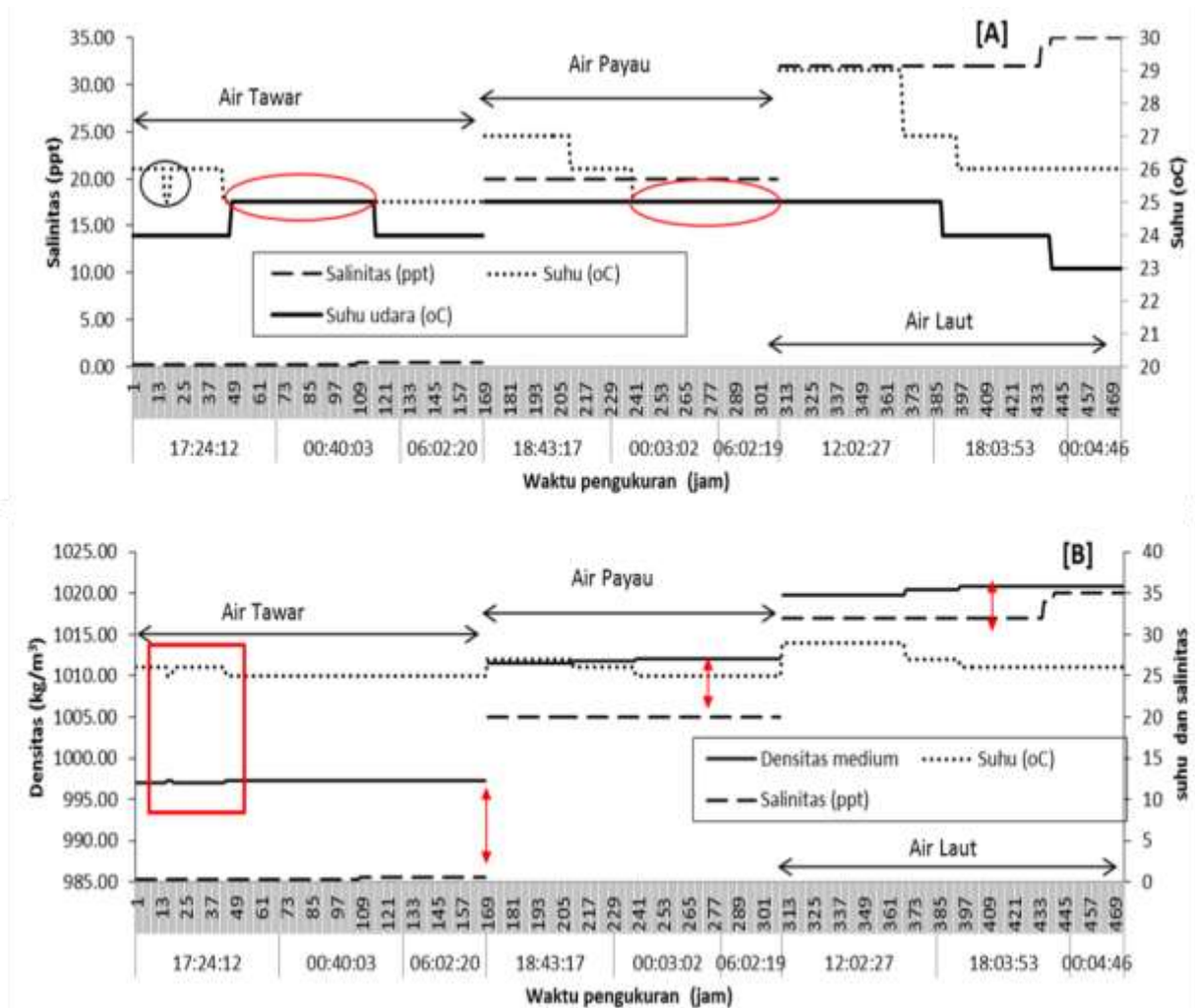
Nilai Parameter	Suhu Medium (°C)					Suhu Udara (°C)				Salinitas (ppt)				Jum data	Waktu pengukuran			Ket
	TS	Max	Min	Rata	Dev	Max	Min	Rata	Dev	Max	Min	Rata	Dev		Tanggal	Jam Mulai	Jam seelsai	
Air tawar	50	26	25	25.91	0.29	24	24	24.00	0.00	0.3	0.3	0.00	0.00	33	18/5/2017	17:24:12	20:00:28	I
	100	26	25	25.28	0.45	25	24	24.61	0.49	0.3	0.3	0.00	0.00	36		20:47:48	23:38:43	II
	150	25	25	25.00	0.00	25	25	25.00	0.00	0.3	0.3	0.00	0.00	34	19/5/2017	00:40:03	08:54:12	I
	200	25	25	25.00	0.00	25	24	24.39	0.50	0.3	0.5	0.30	0.48	33		04:00:15	06:36:31	III
	250	25	25	25.00	0.00	24	24	24.00	0.00	0.5	0.5	0.50	0.00	33		06:46:31	09:17:54	IV
Air payau	50	27	27	27.00	0.00	25	25	25.00	0.00	20	20	20.00	0.00	33	19/5/2017	18:43:17	21:19:33	I
	100	27	26	26.29	0.46	25	25	25.00	0.00	20	20	20.00	0.00	28		21:30:47	23:42:37	III
	150	26	25	25.42	0.50	25	25	25.00	0.00	20	20	20.00	0.00	24	20/5/2017	00:03:02	02:18:21	II
	200	25	25	25.00	0.00	25	25	25.00	0.00	20	20	20.00	0.00	32		03:50:28	06:21:51	I
	250	25	25	25.00	0.00	25	25	25.00	0.00	20	20	20.00	0.00	24		06:35:12	08:27:31	III
Air laut	50	29	29	29.00	0.00	25	25	25.00	0.00	32	32	0.00	0.00	33	20/5/2017	12:02:27	14:38:43	I
	100	29	29	28.58	0.83	25	25	25.00	0.00	32	32	0.00	0.00	33		14:52:12	16:56:28	IV
	150	27	27	26.31	0.47	25	24	24.20	0.40	32	32	0.70	0.36	32	17:24:49	19:47:21	I	
	200	26	27	26.00	0.00	24	24	24.00	0.00	34	32	32.10	0.50	29	20:01:05	22:17:49	I	
	250	26	26	26.00	0.00	24	23	23.08	0.28	35	34	34.92	0.28	37	21/5/2017	23:00:03	02:31:51	I
Jumlah													474					

Keterangan : TS = tinggi sensor (m); Max = Nilai maksimum; Min = Nilai minimum; Rata= nilai rata-rata; Dev = nilai deviasi; I = Mendung, II= hujan; III = normal.

(mendung dan hujan) selama pengukuran, dimana faktor variasi kualitas medium tersebut tidak memungkinkan untuk maksimalnya medium dalam menerima bahang sekaligus melepaskannya pada malam hari sebagai bagian dari siklus hidrologi (Dera, 1992, Thomas and Stamnes, 2006).

Kondisi cuaca lokal selama uji coba, memberikan variasi kualitas medium diperlihatkan pada perubahan suhu udara dan medium mencapai nilai yang sama (*shape* lingkaran) saat terjadinya hujan (Gambar 2A). Suhu udara siang hari lebih tinggi

dibandingkan saat sore maupun malam hari, dimana fenomena tersebut akibat pola keseimbangan umum dari intensitas cahaya optimum yang menyebabkan kenaikan suhu udara, sedangkan pada malam hari akibat pelepasan kalor oleh badan air (Bohn, 1987, Jastrzębski, 2004, Thomas and Stamnes, 2006). Hal tersebut dikategorikan keseimbangan antara penurunan suhu udara di sore hari dan pelepasan kalor (panas) dari medium air laut, selain itu kondisi lokasi uji coba saat sore hari dalam kondisi mendung hingga hujan.



Gambar 2. Variasi parameter uji coba selama periode pengukuran. Keterangan: [A] variasi suhu udara dan suhu medium uji coba selama periode pengukuran; [B] variasi dan pola perubahan suhu dan densitas medium uji coba selama periode pengukuran.

3.2. Karakteristik Densitas Medium Uji Coba

Hasil perhitungan densitas (ρ) medium ditemukan variasi densitas perairan yang berbeda pada kondisi cuaca lokal yang terjadi saat pengukuran, yaitu nilai kisaran densitas antara 997,014 sampai 1023,790 kg/m³ (Gambar 2B). Secara umum, variasi densitas karena pengaruh suhu di sekitar mengakibatkan nilai densitas pada medium air tawar sebesar 997,014 kg/m³ pada pukul 17:24:12 WIT dan berubah menjadi 997,275 kg/m³ pada pengulangan pengukuran periode berikutnya (shape kotak).

Pola yang sama juga diperlihatkan pada nilai densitas yang dihasilkan oleh massa jenis air payau pada pukul 18:43:17 WIT yaitu 1011,465 kg/m³ dan mengalami dua kali perubahan densitas pada pengulangan tinggi sensor kedua dan ketiga yang berkisar antara 1011,762 kg/m³ - 1012,050 kg/m³, sedangkan pada pengukuran medium air laut terdapat dua kali pula perubahan densitas yang diakibatkan oleh pengaruh curah hujan sehingga perubahan suhu permukaan air menurun.

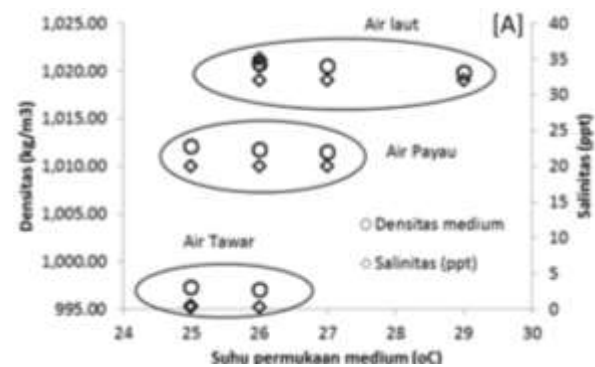
Pola variasi densitas medium uji coba yang menarik diperlihatkan pada lebar nilai salinitas dan suhu terhadap densitas, dimana lebar nilai sebaran nilai suhu dan salinitas makin kecil seiring bertambahnya nilai salinitas (tanda panah), atau dengan kata lain bahwa faktor suhu lebih mempengaruhi nilai dan pola sebaran densitas, kecuali pada bagian akhir pengukuran medium air laut (shape kurawal).

Nilai salinitas lebih menghasilkan nilai densitas lebih tinggi tersebut tidak membentuk pola sebaran densitas mengikuti pola salinitas namun mengikuti pola lurus dari nilai suhu medium. Secara keseluruhan nilai perhitungan densitas dari variasi salinitas dan suhu (Gambar 2B) yang merujuk persamaan UNESCO (1981) adalah nilai densitas yang telah distandarisasi terhadap nilai densitas air tawar (*pure water*), sehingga pola sebaran densitas cenderung mengikuti sebaran nilai suhu medium.

Tabel 2. Hasil analisis varians densitas medium uji coba.

Nilai	Densitas		
	Air Tawar	Air Payau	Air Laut
R ²	0,6321	0,8708	0,9836
F	49,3990	193,7065	1720,5647
Pr > F	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Keterangan: F_{table} (α 95%) DB (n - K) = 97,7



Gambar 3. Pengelompokan densitas berdasarkan parameter suhu dan salinitas.

Pengelompokan massa air medium uji coba (Gambar 3) menunjukkan bahwa medium uji coba sudah sesuai dengan rencana perlakuan, dengan pengelompokan densitas air tawar mendekati nilai 1000 kg/m³ (standart air tawar), untuk air laut juga mendekati standart densitasnya (<1,025 kg/m³) sedangkan untuk air payau berada diantara kedua medium lainnya. Sebaran densitas akibat pengaruh suhu dan salinitas secara statistik (Tabel 2) menunjukkan bahwa korelasi densitas sebesar 63% untuk air tawar berbeda sedangkan air payau dan laut lebih besar (87% dan 98%). Korelasi tersebut didukung oleh nilai F_{hitung} > F_{tabel} (N=24; α 95%). Hasil analisis statistik memberi makna bahwa masing-masing medium uji coba berada pada nilai densitas yang sama (sekelompok) sedangkan secara keseluruhan medium memberikan perbedaan kelompok satu dengan kelompok medium uji coba lainnya. Perbedaan (F_{hitung} > F_{tabel})

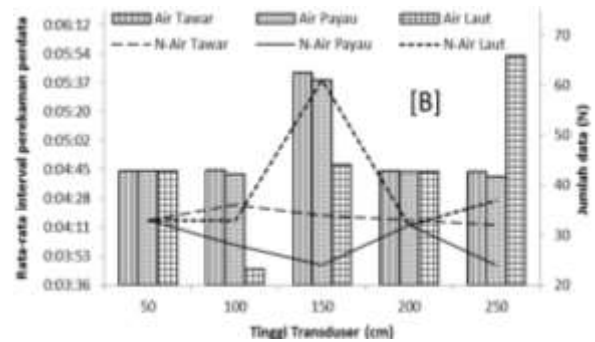
menggambarkan bahwa pengaruh densitas uji coba dapat menjadi pembeda perlakuan.

3.3. Pembacaan Jarak dan Rata – rata Waktu Perekaman Data Uji Coba

Pembacaan jarak transduser ke permukaan medium uji coba (3 kelompok medium) untuk tinggi transduser yang berbeda (5 perlakuan), memberikan nilai pembacaan yang sama dengan tinggi transduser dari masing-masing uji coba. Perbedaan pembacaan diperlihatkan pada interval rata-rata perekaman untuk medium yang berbeda (Tabel 3). Memperhatikan rencana uji coba untuk mendapatkan data sebanyak 33 kali perekaman memerlukan waktu tiap perlakuan uji coba selama 2 jam 45 menit ($33 \times 5 \text{ menit} = 165 \text{ menit} \approx 2,75 \text{ jam}$), dengan waktu tersebut dan lamanya pengukuran (Table 1) menunjukkan interval perekaman yang berbeda dengan waktu yang diatur pada *config.sys* (5 menit). Perbedaan waktu perekaman tiap data dari seluruh kegiatan uji coba berkisar 3 menit 46 detik hingga 5 menit 53 detik, dimana densitas medium dan tinggi transduser yang berbeda memberikan nilai interval tiap pengukuran yang berbeda pula (Gambar 4). Variasi interval perekaman untuk tinggi sensor 50 cm dan 200 cm memberikan interval perekaman yang sama untuk semua medium uji coba (deviasi = 0 detik), sedangkan 3 perlakuan tinggi transduser lainnya (Tabel 3) memberikan interval perekaman yang berbeda (deviasi > 30 detik). Variasi dan nilai deviasi hasil pengukuran dapat dijadikan informasi bahwa interval perekaman data dari penggunaan medium yang berbeda menunjukkan akurasi pengukuran (Prasetyo, 2008).

Berdasarkan perkiraan waktu lamanya perekaman tiap uji coba yang dilakukan agar mendapatkan jumlah data yang diinginkan (minimal 33 data) memerlukan waktu secara teoritis selama 2,75 jam. Hasil penerapan waktu tersebut diperoleh jumlah data (Gambar 4) yang bervariasi (24 – 61 data). Penerapan waktu teoritis tersebut

diperoleh lima kegiatan uji coba diperoleh data < 33 data dimana, keempat kegiatan uji coba tersebut terjadi pada pengujian jarak sensor 250 cm untuk medium air tawar (32 data), jarak sensor 100 (28 data), 150 cm (24 data) dan 250 cm (24 data) untuk medium air payau (24 data) dan jarak sensor 200 cm untuk medium air laut (32 data).



Gambar 4. Variasi interval lama perekaman tiap pengukuran untuk tinggi sensor dan medium uji coba yang berbeda.

Jumlah data yang dihasilkan tersebut (< 33 data) diduga akibat MOTIWALI memerlukan waktu awal untuk optimum dalam pembacaan dan perekaman data setelah *sim card* (SD) dimasukkan pada soket SD. Hal tersebut didasarkan pada rata-rata perekaman pada pengujian yang dilakukan, perekaman lebih cepat dari waktu yang ditetapkan pada *config.sys* (< 5 menit). Pada bagian lain jumlah data sebanyak 24 data pada pengujian tinggi sensor 150 cm (medium air payau) sebagai jumlah data minimum yang dihasilkan dalam penelitian ini, juga diakibatkan rata-rata waktu perekaman tiap data lebih lama 38 detik dari waktu yang ditetapkan pada *config.sys*. Adapun jumlah data yang dihasilkan pada pengujian tinggi sensor 150 cm (medium air laut) sebanyak 61 data yang merupakan pengulangan perekaman yang melebihi waktu teoritis yang direncanakan, dengan melakukan lama perekaman 4 jam dan 53 menit. Meskipun demikian rata-rata interval

perekaman lebih cepat 12 detik dari waktu yang ditetapkan pada *config.sys*.

Variasi interval perekaman terhadap medium uji coba yang ditunjukkan pada nilai rata-rata interval perekaman tiap data (Gambar 4) menunjukkan bahwa medium air laut lebih cepat melakukan perekaman data (4 menit 47 detik) disusul oleh air payau (4 menit 54 detik) dan air tawar (4 menit 56 detik). Deviasi terkecil diperlihatkan pada medium air payau dan air tawar. Variasi interval perekaman secara umum menjelaskan bahwa medium air laut lebih cepat memantulkan gelombang suara dalam membaca jarak transduser ke permukaan medium. Kondisi tersebut terjadi akibat kerapatan jenis (densitas) massa air laut lebih tinggi sehingga refleksi tekanan yang diberikan ke medium lebih besar (Medwin and Clay, 1997).

Selisih interval perekaman tiap data dari kegiatan uji coba (Tabel 3) memperlihatkan perekaman data pada tinggi sensor 50 cm dan 200 cm untuk ketiga medium uji coba telah terekam 16 detik (deviasi = 0 detik) sebelum waktu perekaman yang telah ditetapkan pada *config.sys* MOTIWALI (5 menit). Hal yang sama juga diperlihatkan pada pengukuran untuk tinggi sensor 100 cm untuk medium yang berbeda, namun selisih waktu perekaman yang bervariasi dan lebih cepat 15 detik – 1 menit 14 detik dari waktu perekaman yang telah ditetapkan (deviasi = 33 detik). Waktu perekaman data yang berbeda (lebih lama)

diperlihatkan pada pengukuran dengan tinggi sensor 150 cm dan 250 cm (superscript a), dimana penggunaan medium air laut untuk jarak sensor 250 cm, MOTIWALI merekam data setelah 53 detik dari waktu yang ditetapkan pada *config.sys*. Waktu perekaman melebihi waktu yang ditetapkan tersebut juga terjadi pada penggunaan medium air tawar (43 detik) dan air payau (38 detik) untuk jarak sensor ke permukaan medium sejauh 150 cm. Secara umum waktu perekaman data dari kegiatan uji coba, perekaman lebih cepat dilakukan 16 – 74 detik dari waktu perekaman yang ditetapkan pada *config.sys*, sedangkan waktu perekaman melebihi waktu yang telah ditetapkan berada pada kisaran waktu < 1 menit (deviasi = 30 – 41 detik). Konsekuensi dari variasi interval perekaman yang berbeda menyebabkan perlu penambahan waktu pengukuran sebesar nilai deviasi (1 menit) dari waktu interval yang ditentukan untuk mendapatkan jumlah data yang diinginkan.

3.4. Jarak Sensor Optimum

Pembacaan jarak transduser ke permukaan medium memberikan perbedaan pada interval perekaman tiap data yang terukur untuk medium yang berbeda. Untuk efektifnya penggunaan MOTIWALI perlu diketahui jarak optimum transduser terhadap permukaan medium yang berbeda densitas. Dari total data yang dianalisis menggunakan PCA memperlihatkan terjadi pengelompokan data dengan kontribusi positif (bolt) pada

Tabel 3. Selisih lama perekaman tiap data terhadap waktu yang ditetapkan pada *config.sys* MOTIWALI.

Medium uji coba *	Tinggi Transduser (cm)				
	50	100	150	200	250
Air tawar	00:00:16	00:00:15	00:00:43 ^{a)}	00:00:16	00:00:16
Air payau	00:00:16	00:00:18	00:00:38 ^{a)}	00:00:16	00:00:19
Air laut	00:00:16	00:01:14	00:00:12	00:00:16	00:00:53 ^{a)}
Deviasi	00:00:00	00:00:33	00:00:30	00:00:00	00:00:41

Keterangan : * = format waktu perekaman (hh:mm:ss); ^{a)} = waktu perekaman > waktu pada *config.sys* MOTIWALI;

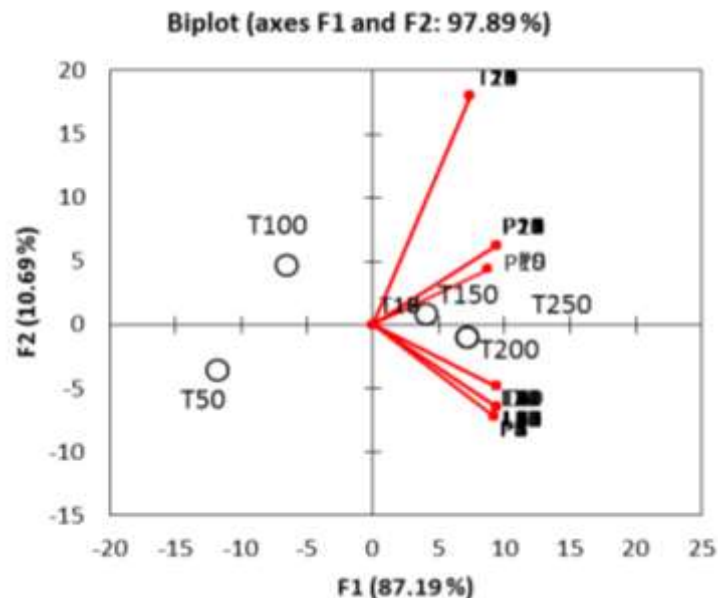
Tabel 4 dengan nilai skor negatif diberikan oleh tinggi sensor 50 cm dan 100 cm (Obs T50 dan T100). Kondisi tersebut memberi makna bahwa keseluruhan densitas perairan terpusat oleh komponen sumbu F1 dan F2 positif untuk > T150 atau dengan kata lain bahwa efektifnya MOTIWALI bekerja pada densitas yang bervariasi untuk tinggi sensor > 150 cm dari permukaan medium (Gambar 5).

Nilai sumbu F2 positif didominasi oleh densitas medium air payau dan tawar sedangkan sumbu F1 positif didominasi oleh medium air laut (Gambar 5). Memperhatikan nilai *eigen values* sebesar 97,89 % memberi

arti bahwa hubungan yang diperlihatkan pada grafik biplot memberikan informasi kebenaran analisis sebesar nilai kumulatif *eigen values* tersebut. Densitas perairan dari ketiga medium uji coba untuk tinggi sensor 150 cm, 200 cm dan 250 cm menunjukkan posisinya pada grafik biplot lebih dekat dengan sumbu F2 namun mempunyai nilai positif pada sumbu F1 dengan nilai *cosinus squared* antara 0,73-0,967. Kondisi tersebut menggambarkan pengukuran optimum dari MOTIWALI akan menghasilkan nilai yang lebih akurat jika jarak sensor dengan permukaan medium minimal sejauh 150 cm.

Tabel 4. Pengelompokan densitas dan tinggi sensor Motiwali.

Obs	Factor Scores:			Squared Cosines of The Observations		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
T50	-11,797	-3,516	-0,129	0,918	0,082	0,000
T100	-6,558	4,667	0,696	0,659	0,334	0,007
T150	4,060	0,854	-2,301	0,732	0,032	0,235
T200	7,147	-1,003	0,867	0,967	0,019	0,014
T250	7,147	-1,003	0,867	0,967	0,019	0,014



Gambar 5. Biplot tinggi sensor dan variasi densitas hasil analisis PCA.

IV. KESIMPULAN

MOTIWALI tidak memberikan perbedaan pembacaan jarak transduser terhadap permukaan medium yang berbeda densitasnya. Pengaruh medium uji coba terhadap pembacaan jarak berpengaruh pada interval perekaman data. Perlu untuk melakukan penambahan waktu sebesar 1 menit tiap interval waktu yang ditetapkan pada *config.sys* untuk mendapatkan jumlah data yang diinginkan. Efektifnya motiwali bekerja sejauh 150 cm dari permukaan medium. Untuk pengukuran dengan jarak sensor (transduser) dan permukaan medium > 150 cm disarankan untuk menambahkan waktu perekaman pada *config.sys (auto save data)* minimal selama 1 menit, karena kebutuhan waktu awal optimalnya MOTIWALI membaca dan merekam data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak Pelabuhan Perikanan Nusantara Ternate atas penggunaan fasilitas selama kegiatan penelitian dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bass, H., L. Sutherland, J. Piercy, and L. Evans 1984. Absorption of sound by the atmosphere. *In: Physical acoustics: Principles and methods. Volume 17 (A85-28596 12-71).* Orlando, FL, Academic Press, Inc., 1984, p. 145-232. 145-232.
- Bass, H., L. Sutherland, and A. Zuckerwar . 1990. Atmospheric absorption of sound: Update. *The J. of the Acoustical Society of America.* 88(4):2019-2021.
- Bohn, D.A. 1987. Environmental effects on the speed of sound. Di dalam: Audio Engineering Society Convention 83. Audio Engineering Society. 43 hlm.
- Bohn, D.A. 1988. Environmental effect on the speed of sound. *J. of the*

- Acoustical Society of America.* 36:223-231.
- Dera, J. 1992. Marine physics. Elsevier oceanography series. New York. 516 p.
- Hair Jnr, J., W.B Black, and R. Anderson 2010. Multivariate data analysis: a global perspective, Upper Saddle River: Prentice Hall. 734 p.
- Ingard, U. 1953. A review of the influence of meteorological condition on sound propagation. *J. of the Acoustical Society of America.* 25(6):23-32.
- IOC. 1994. Manual and guides; manual on sea level measurement an interpretation. IO IC. Paris. 35 p.
- IOC 2000. Manual and Guides: Manual on sea level measurement an interpretation. IO IC. Paris. 35 p.
- IOC. 2006. Manual on sea level measurement and interpretation. UNESCO.IO IC. Fontenoy. France. 35 p.
- Jastrzębski, S. 2004. Sound propagation in shallow water. *Hydroacoustics*, 7:79-88
- Jensen, F.B. and W.A. Kuperman. 1983. Optimum frequency of propagation in shallow water environments. *The J. of the Acoustical Society of America.* 73(3):813-819.
- Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 2002. Applied multivariate statistical analysis. 773 p.
- Khatimah, H., I. Jaya, dan A.S. Atmadipoera. 2016. Pengembangan perangkat lunak antar-muka instrumen MOTIWALI (Tide Gauge) untuk analisis data pasang surut. *J. Kelautan Nasional.* 11(2):97-104.
- Medwin, H. and C.S. Clay. 1997. Fundamentals of acoustical oceanography. Academic press. 708 p.
- Mickey, R.M. O.J. Dunn, and V. Clark. 2004. Applied statistics: analysis of variance and regression. 2nd ed.

- Wiley-Interscience New Jersey, USA. 464 p.
- Pierce, A.D. 1965. Extension of the method of normal modes to sound propagation in an almost-stratified medium. *The J. of the Acoustical Society of America*, 37(1):19-27.
- Piercy, J.E., T.F. Embleton, and L.C. Sutherland. 1977. Review of noise propagation in the atmosphere. *The J. of the Acoustical Society of America*, 61(6):1403-1418.
- Prasetyo, Y. 2008. Analisis kualitas pengamatan data pasut berdasarkan perbandingan komponen pasut dan simpangan baku. *Teknik*, 29(1):63-66.
- Schulkin, M. and H. Marsh. 1962. Sound absorption in sea water. *The J. of the Acoustical Society of America*, 34(6):864-865.
- Sharma S. 1995. Applied Multivariate Techniques. John Wiley&Sons. 493 p.
- Thomas, G.E. and K. Stamnes. 2006. Radiative transfer in the atmosphere and ocean. Cambridge University Press. 525 p.
- UNESCO-IOC. 2006. Guides, 2006. manual on sea-level measurements and interpretation, volume IV. JCOMM Technical report. 525 p.
- UNESCO. 1981. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater,, UNESCO. 38. Unesco Technical Papers in Marine Science. 144 p.
- Walpole, R.E. S.L. Myers Ye K, and R.H. Myers. 2007. Probability and statistics for engineers and scientists. Paris. 45 p.

Received : 05 October 2018

Reviewed : 28 February 2019

Accepted : 04 July 2019