

# ALAT PENGAMBIL SAMPEL AIR (WATER SAMPLER) UNTUK SKALA KAPAL GT-5

Sub-bab : Botol Niskin, Case Elektronika dan Komponen Elektronika Botol Niskin

Luthfiana Zahra Firdausi  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
zahralf@student.telkomuniversity.ac.id

Casi Setianingsih  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
setiacasie@telkomuniversity.ac.id

Noir P. Purba  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Padjadjaran  
Bandung, Indonesia  
noir.purba@unpad.ac.id

**Abstrak** — kegiatan penelitian terhadap air sedang mengalami kemajuan pesat. Penelitian ini tidak hanya meneliti kualitas air, namun juga air diteliti untuk mengetahui kandungan mikroba yang hidup didalamnya. Dengan begitu dibutuhkanlah alat yang dapat membantu peneliti untuk mendapatkan sampel air yang tidak dapat dijangkau dikarenakan terhalang oleh jarak kedalaman air. Botol niskin merupakan salah satu solusi dalam membantu peneliti mendapatkan sampel air yang berada pada kedalaman yang sulit dijangkau oleh manusia. Botol ini dibuat dengan bahan akrilik guna menghindari kontaminasi terhadap kandungan air yang diambil. Dibantu dengan kontrol melalui mikrokontroler Arduino Nano yang mengendalikan gerakan servo untuk sistem buka tutup yang mana perintah tersebut diinputkan melalui aplikasi yang tersambung oleh Bluetooth. Modifikasi pada botol niskin berupa kontrol otomatis ini dapat mempermudah pengguna untuk menentukan kedalaman air yang diinginkan. Dengan begitu pengambilan sampel air dapat dilakukan secara mudah dan akurat dibuktikan dari percobaan hingga (banyak percobaan) kali. Dengan pembuatan alat ini kemudahan dalam pengoperasian pengambilan sampel air dapat lebih efisien dan akurat serta dapat digunakan secara mobile.

**Kata kunci**— Bluetooth, Botol niskin, Perairan, Servo, Mikrokontroler.

## I. PENDAHULUAN

Indonesia terkenal dengan wilayah perairan yang lebih luas dari daratan yang mana didalamnya mengandung banyak potensi kekayaan yang dapat bermanfaat bagi masyarakat. Kekayaan tersebut tidak hanya sebatas biota air saja, namun terdapat banyak unsur hara dan logam yang terkandung didalamnya [1]. Hal tersebut mendorong para peneliti untuk melakukan penelitian di daerah perairan. Meskipun demikian penelitian bawah air di Indonesia masih jarang dilakukan karena kurangnya alat yang memadai, serta kesulitan dalam mengoperasikan alat yang sudah ada dikarenakan belum tersedia di Indonesia.

Salah satu penelitian yang bisa dilakukan pada suatu perairan dapat berupa pengambilan sampel air (sampling water). Sampel air ini nantinya dapat dilanjutkan untuk diteliti mengenai kandungan air pada perairan tersebut. Pada air laut sendiri kandungan yang sering diteliti dengan menggunakan water sampler berupa kandungan suhu, tingkat kepadatan air, tekanan, serta kadar oksigen. Penelitian ini dapat membantu peneliti untuk mengetahui apakah perairan tersebut layak digunakan atau sudah tercemar, sehingga pemanfaatan air dapat digunakan secara optimal.

Sejauh ini terdapat dua jenis water sampler yang sering digunakan. Terdapat botol nansen yang mana botol ini berupa tabung horizontal (dapat berupa pipa PVC maupun pipa akrilik) yang memiliki dua penutup dibagian kanan dan kirinya sehingga disaat botol diturunkan dengan tali pada kedalaman tertentu pengguna dapat menutup kedua katupnya dari atas secara manual, yaitu menjatuhkan pemberat sehingga pengait katup akan tertutup dengan sendirinya. Kekurangan dari alat ini yaitu pengambilan sampel hanya dilakukan sekali dalam penurunannya sehingga terbilang kurang efisien. Tidak jauh berbeda dengan botol niskin yang memiliki fungsi serupa, saat penurunan untuk mengambil sampel air botol diturunkan dalam skala yang banyak. Kumpulan botol ini disatukan dalam kerangka yang dinamakan kerangka rosette, dan juga di dalam kerangka ini terdapat beberapa sensor yang berfungsi sekaligus dalam mengukur kedalaman, suhu dan juga TDS air laut [2]. Namun, permasalahan dari alat pengambil sampel yang sudah ada berupa dimensinya yang besar sehingga memerlukan bantuan mesin derek yang kuat dan membutuhkan skala kapal besar untuk mengoperasikan kerangka rosette tersebut.

Melihat bahwa alat yang sudah ada masih memiliki beberapa kekurangan dibuatlah alat water sampler yang menutupi kekurangan dengan menggabungkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki dari alat water sampler sebelumnya. Pembuatan alat akan lebih ringkas sehingga dapat dioperasikan pada kapal kecil.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Botol Niskin

Botol Niskin adalah perangkat yang digunakan dalam penelitian oseanografi dan ilmu kelautan untuk mengambil sampel air laut dari berbagai kedalaman di laut. Botol ini dirancang untuk memungkinkan pengambilan sampel air tanpa dari kedalaman tertentu di dalam laut[3]. Botol yang terbuat dari bahan anti karat seperti pvc ataupun akrilik sehingga tidak mengkontaminasi kandungan air yang ada di dalamnya. Botol Niskin sangat penting dalam pengambilan sampel air laut yang representatif dari berbagai kedalaman di laut, karena memungkinkan peneliti untuk memahami perubahan dalam komposisi kimia, fisika, dan biologi air laut pada berbagai kedalaman. Botol Niskin telah menjadi alat standar dalam penelitian kelautan dan oseanografi untuk memahami ekosistem laut dan kondisi lingkungan laut.

## B. Arduino Nano

Arduino Nano dirancang untuk memberikan pengembangan dengan alat yang kecil, ekonomis, dan fleksibel untuk mengembangkan berbagai proyek elektronika. Arduino Nano didukung oleh mikrokontroler ATmega328P dari ATMEL (sekarang diakuisisi oleh Microchip Technology). Mikrokontroler ini memiliki 32KB memori program flash, 2KB SRAM, dan 1KB EEPROM. Arduino Nano menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang berbasis pada bahasa C/C++. Arduino Nano memiliki arus operasional yang sangat rendah, berkisar antara 15 mA hingga 50 mA. Arduino Nano dapat dipasangkan sumber daya eksternal mulai dari 7V hingga 12V.

## C. Modul Bluetooth HC-05

Modul Bluetooth HC-05 adalah perangkat komunikasi nirkabel yang digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronik dengan perangkat Bluetooth lainnya seperti ponsel cerdas, tablet, atau komputer. Modul ini sering digunakan dalam berbagai proyek elektronika untuk mengaktifkan komunikasi nirkabel. Modul HC-05 memiliki dua mode operasi utama: mode AT Command Mode dan mode Data Mode.

- **AT Command Mode:** Dalam mode ini, modul berperan sebagai perangkat yang menerima perintah AT (AT commands) melalui komunikasi serial (UART). Ini memungkinkan pengaturan dan konfigurasi modul Bluetooth, seperti pengaturan nama perangkat, PIN, dan parameter lainnya.
- **Data Mode:** Dalam mode ini, modul digunakan untuk mengirim dan menerima data secara nirkabel antara perangkat yang terhubung. Ini adalah mode yang umum digunakan dalam aplikasi praktis.

Modul HC-05 dapat berfungsi sebagai master atau slave dalam koneksi Bluetooth. Sebagai master, modul dapat menginisiasi koneksi dengan perangkat Bluetooth lainnya, sementara sebagai slave, modul menunggu permintaan koneksi dari perangkat master. Modul Bluetooth HC-05 biasanya beroperasi pada tegangan antara 3.3V hingga 6V. Konsumsi daya modul HC-05 bergantung pada aktivitasnya. Saat dalam mode stand-by atau idle, konsumsi daya cenderung sangat rendah, sering kali hanya beberapa mA (miliampere). Namun, ketika modul aktif dalam transmisi atau penerimaan data, konsumsi daya akan meningkat.

## D. Sensor Tekanan GY-MS5803-14BAR

Pressure Sensor *GY-MS5803-14BAR* adalah sensor tekanan digital yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam dunia industri, meteorologi, serta pengukuran kedalaman dalam perairan. Komponen transducer yang dapat mengubah tekanan fisik yang diterima menjadi sinyal listrik yang dapat diukur. Sensor ini menggunakan teknologi semikonduktor. dilengkapi dengan antarmuka komunikasi seperti I2C (Inter-Integrated Circuit) atau SPI (Serial Peripheral Interface) untuk mengirim data tekanan ke mikrokontroler atau komputer. Untuk mengonversi pembacaan tekanan dari sensor *GY-MS5803-14BAR* menjadi kedalaman dalam aplikasi perairan dapat dihitung berdasarkan tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik ini dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P = \rho \times g \times h \quad (1)$$

Keterangan:

- $P$  = tekanan hidrostatik
- $\rho$  = massa jenis air
- $g$  = Percepatan gravitasi
- $h$  = Kedalaman air

## E. Servo MG996R

Servo *MG996R* menggunakan motor DC (Direct Current) yang dapat berputar dalam dua arah, yaitu searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Motor ini menggerakkan roda gigi internal untuk mengontrol sudut putaran servo. Terdapat gearbox (roda gigi) yang mengubah putaran motor menjadi gerakan yang lebih lambat dan kuat dan memastikan tingkat presisi gerakan servo. dilengkapi dengan potensiometer (sensor posisi) yang memberikan umpan balik terkait dengan posisi sudut saat ini. Tegangan operasional servo ini biasanya berkisar antara 4.8V hingga 6.6V DC. Servo ini menerima sinyal kontrol dalam bentuk pulse-width modulation (PWM). Kisaran pulsa yang umum digunakan berkisar antara 1000 mikrodetik ( $\mu$ s) hingga 2000  $\mu$ s.

## III. METODE

### A. Flowchart Sistem

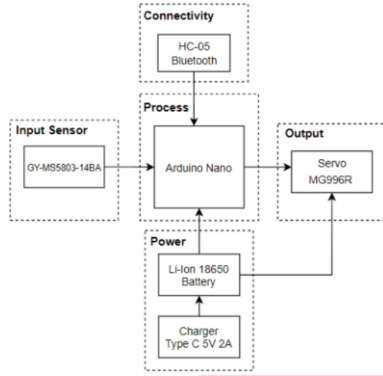


GAMBAR 1  
Flowchart sistem

Pada diagram alir (flowchart) system dimulai dengan inisiasi sistem seperti deklarasi variabel, inisiasi sensor tekanan dan lain-lain. Setelah itu pengkoneksian bluetooth ke smartphone agar dapat melakukan pengaitan tali dan melakukan inputan kedalaman untuk pengambilan sampel yang diinginkan pengguna. Ketika gagal melakukan koneksi bluetooth dengan smartphone maka akan kembali untuk melakukan koneksi ulang. Kontrol pengait tali terdiri dari dua kondisi, kondisi “buka” dan kondisi “tutup” kedua perintah

dilakukan agar user dapat mengaitkan tali botol. Input kedalaman dilakukan setelahnya sesuai dengan keinginan user. Kemudian botol diturunkan ke dalam air dan ketika sensor tekanan mendeteksi sesuai inputan maka servo akan berputar untuk membuka pengait tali. Konfigurasi perintah terhadap komponen elektronika dilakukan di atas perairan, sehingga koneksi bluetooth tidak terganggu.

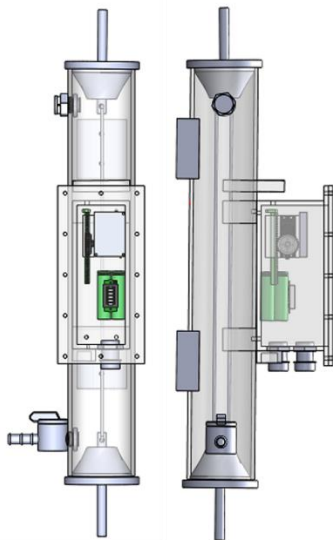
B. Diagram Blok



GAMBAR 2 Diagram Blok

Arduino nano sebagai mikrokontroler mendapatkan daya melalui daya eksternal berupa rangkaian baterai sebesar 8.4V 6000mAh. Servo yang bergerak melalui inputan perintah dari aplikasi yang terhubung dengan komunikasi Bluetooth disalurkan melalui mikrokontroler. Serta sensor tekanan yang berfungsi sebagai input data menjadi pemicu servo untuk bergerak disaat sensor tekanan mencapai kedalaman yang diinginkan.

C. Desain Botol

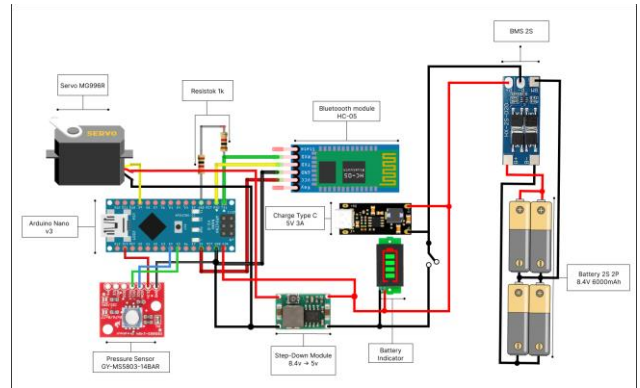


GAMBAR 3 Desain Botol Niskin & Case Elektronika

Botol niskin memiliki komponen utama seperti badan botol, tutup botol, pengait tali, case elektronika, keran, serta ventilasi angin. Ukuran dari botol niskin memiliki Panjang 55 cm dengan lebar diameter botol sebesar 9 cm. Case elektronika sendiri memiliki ukuran dengan Panjang 24 cm dan lebar 11,7 cm serta tinggi 8 cm. Untuk botol dan case elektronika digunakan akrilik dengan tebal 6 mm yang mana sudah mencukupi kebutuhan ketebalan agar botol dapat tahan dari tekanan pada kedalaman 50 m dibawah air laut. Komponen berupa tutup menggunakan karet untuk mencegah

kebocoran dan gagang yang terbuat dari pipa PVC yang telah diberi drat untuk kemudahan dalam menggenggam.

D. Desain Sistem



GAMBAR 4 Skema Desain Sistem

Sistem yang dibuat berupa sistem yang dapat menggerakkan servo kedalam dua perintah, yaitu:

- Perintah “buka-tutup” dimana user memasukkan perintah disaat kondisi “buka” maka servo akan bergerak sebesar 180° dan disaat kondisi “tutup” maka servo bergerak sebesar 120° kondisi ini diberikan melalui aplikasi mobile yang terhubung melalui modul bluetooth.
- Perintah “input kedalaman” dimana user memasukkan kedalaman yang diinginkan dalam satuan meter melalui aplikasi mobile yang terhubung melalui modul bluetooth sehingga arduino nano akan menyimpan angka yang telah diinputkan dan disaat sensor tekanan mencapai kedalaman yang telah diinputkan sebelumnya, sensor akan mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler untuk menggerakkan servo kepada kondisi “buka”.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

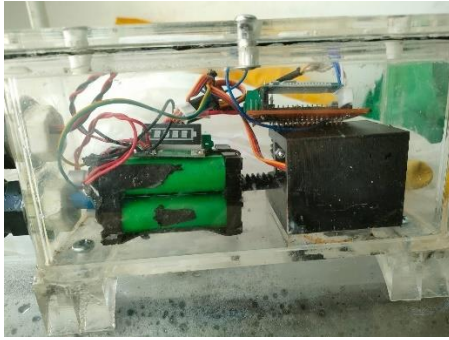
a) Botol Niskin dan Case Elektronika



GAMBAR 5 Pengujian Botol Niskin & Case Elektronika

Botol niskin yang berfungsi untuk pengambilan air mengharuskan botol tidak mengalami kebocoran dan case elektronika yang berfungsi sebagai wadah komponen elektronika yang mana di dalamnya terdapat servo, mikrokontroler dan juga baterai dibuat kedap air sehingga tidak terjadi kebocoran/merembes masuk kedalam case.

b) Sistem Elektronika



GAMBAR 6

Rangkaian Sistem Elektronika

Terdapat 3 komponen elektronika utama pada botol niskin yaitu servo dengan maksimal perputaran sebesar 180°, sensor tekanan, modul bluetooth serta mikrokontroler utama yang dialiri daya oleh baterai sebesar 6000mAh 8.4V. Sistem utama yang dibutuhkan pada botol niskin adalah pergerakan torsi servo untuk menentukan sistem buka tutup penyangga besi yang nantinya pergerakan servo dapat diatur melalui inputan dari aplikasi yang telah terhubung dengan bluetooth, terdapat dua jenis input bluetooth yang digunakan berupa:

- Kontrol buka tutup penyangga.

Kontrol ini dilakukan oleh user untuk memasang tali penarik tutup dengan bagian penyangga besi sebelum botol diturunkan. User menggunakan aplikasi yang telah terhubung dengan bluetooth yang telah terpasang pada mikrokontroler dan mengatur servo untuk menggerakkan torsi sebesar 180°, servo akan membuka penyangga saat tombol yang terdapat pada aplikasi ditekan.

- Input kedalaman.

Input ini digunakan untuk menentukan pada kedalaman tertentu yang diinginkan user. Input ini dijalankan setelah input buka tutup penyangga dilakukan. Penentuan kedalaman ini juga dibantu dengan sensor kedalaman guna mendeteksi kedalaman yang diinginkan sehingga servo akan dengan otomatis bergerak membuka penyangga besi.

B. Pengujian

a) Botol Niskin dan Case Elektronika

- Botol niskin

Pada pengujian botol niskin mendata apakah bisa mengambil air pada kedalaman yang telah diinginkan. Air yang diambil pada botol niskin nantinya akan dibandingkan dengan data pada botol sensor. Berikut data hasil pengujian:

TABEL 1

Uji Coba Pengambilan Air Botol Niskin

Pengujian ke-	Kedalaman	Penutupan	Keterangan
1	0.5 m	Tertutup	Berhasil
2	1 m	Tertutup	Berhasil
3	1.5 m	Tertutup	Berhasil
4	2 m	Tidak	Gagal
5	2.5 m	Tidak	Gagal

Kegagalan terjadi dikarenakan kaitan penutup tali yang tersangkut sehingga pengujian terkadang berhasil dan gagal.

- Case elektronika

Pengujian dilakukan dengan menenggelamkan botol pada kedalaman yang sudah ditentukan. Setelah melewati kedalaman tersebut botol dibiarkan selama 5 menit lalu diangkat langsung ke permukaan. Berikut data hasil pengujian:

TABEL 2

Uji Coba Kebocoran Case Elektronika

Pengujian ke-	Kedalaman	Kondisi
1	0.5 m	Tidak Bocor
2	1 m	Tidak Bocor
3	1.5 m	Tidak Bocor
4	2 m	Tidak Bocor
5	2.5 m	Tidak Bocor

Pengujian terhadap kedalaman air case berhasil dengan bukti tidak terjadinya kebocoran hingga kedalaman 2.5 m.

b) Sistem Elektronika

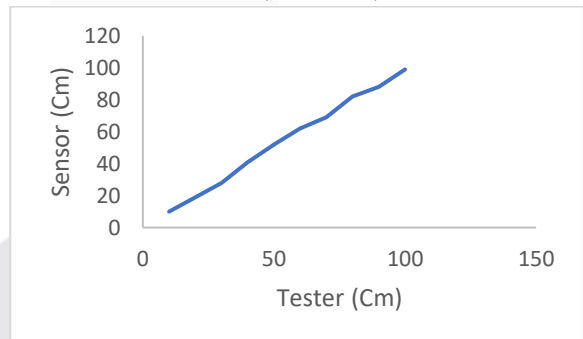
- Sensor Tekanan

Pengujian sensor tekanan dapat diperoleh nilai dari tekanan yang dikonversi menjadi kedalaman dengan rumus hidrostatik yang menyesuaikan dengan kebutuhan. Untuk mengubah tekanan menjadi kedalaman menggunakan rumus sebagai berikut.

$$D = \frac{(P_{(kedalaman)} - P_{(permukaan)} * 100)}{(G * 1000)} \quad (2)$$

Keterangan:

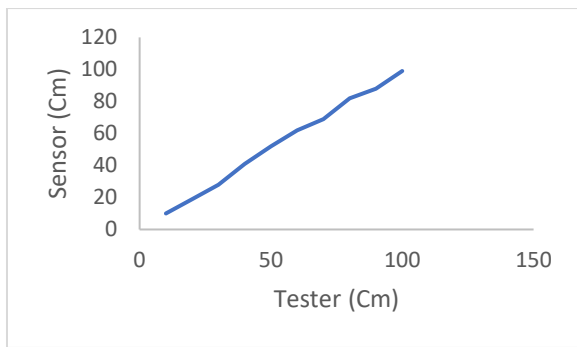
- D = Kedalaman (meter)
- $P_{(kedalaman)}$  = Tekanan pada air (mbar)
- $P_{(permukaan)}$  = Tekanan pada permukaan air (mbar)
- G = Gravitasi bumi (9.81 m/s<sup>2</sup>)



GAMBAR 7

Grafik Sensor Tekanan Sebelum Kalibrasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai error terkecil sebesar 1% dan error terbesar 8.33% Untuk mengurangi tingkat error dilakukan kalibrasi dengan regresi linear. Sehingga didapatkan persamaan  $y = 1.0303x - 1.0667$  dengan nilai persamaan tersebut dilakukan percobaan ulang dan didapatkan hasil sebagai berikut



Nilai error yang didapatkan paling kecil 0% dan terbesar 4%. Sehingga sensor ini dapat digunakan sebagai pengukur kedalaman.

- Servo

Pengujian awal berupa pemberian perintah pergerakan servo dengan memberikan kondisi disaat servo mendapatkan nilai inputan maka servo bergerak sebesar 120°. Percobaan dilakukan dengan 2 tahap yang berbeda, tahap pertama penginputan untuk membuka dan menutup penyangga, kondisi yang diberikan berupa jika ditekan buka maka servo bergerak sebesar 180° dan jika ditekan tutup maka servo bergerak sebesar 120°. Percobaan ini sekaligus ditinjau melalui busur supaya dapat langsung mengetahui apakah perputaran derajat sudah sesuai dengan kondisi yang diberikan.

TABEL 3  
Pengujian parsial Servo

No	Input	Output	Kesimpulan
1	Buka	Bergerak sebesar 180°	Berhasil
2	Tutup	Bergerak sebesar 120°	Berhasil
3	Buka	Bergerak sebesar 180°	Berhasil
4	Tutup	Bergerak sebesar 120°	Berhasil

Setelah melakukan kalibrasi untuk sensor tekanan serta mencoba secara parsial perputaran servo dilanjutkan dengan pengujian komponen elektronika memastikan bahwa sensor tekanan sudah dapat mendeteksi kedalaman yang sesuai dan servo dapat menutup pada kedalaman yang diinginkan sehingga penutupan pada botol sensor juga diujicobakan keberhasilannya. Berikut data hasil pengujian:

TABEL 4  
Pengujian Komponen Elektronika Botol Niskin

Pengujian ke-	Kedalaman	Sensor Tekanan	Servo	Keterangan
1	0.5 m	0.5 m	Membuka	Berhasil
2	1 m	1 m	Membuka	Berhasil
3	1.5 m	1.5 m	Membuka	Berhasil
4	2 m	2 m	Membuka	Berhasil
5	2.5 m	2.5 m	Membuka	Berhasil

Pada komponen elektronika botol niskin dapat berjalan sesuai perintah. Pembacaan dari sensor sudah sesuai dengan kondisi. Namun masih terdapat masalah pada bagian motor servo yang tidak dapat bergerak karena terjadi aus pada gigi. Sehingga pada bagian gigi tersebut perlu perbaikan secara terus menerus.

## V. KESIMPULAN

Proses pengujian botol niskin secara fungsional sudah sesuai dengan rancangan awal namun masih ditemukan kondisi dimana tersangkutnya tali penutup yang tertahan menyebabkan tutup botol tidak mau menutup dengan lancar. Dengan begitu meninjau dari desain pada bagian tali maupun tempat yang dilewati penahan dapat diperbaiki sehingga proses pelepasan tali dapat dilakukan dengan lebih lancar. Penanganan pada case elektronika juga sudah memenuhi 90% dengan tingkat kebocoran yang sedikit dan jarang yang mana permasalahan ini dapat diperbaiki dengan tambalan lem.

Pengujian terhadap komponen botol niskin pada bagian sensor tekanan dihasilkan nilai yang mendekati dengan pengukuran meteran seperti contoh penurunan meteran pada kedalaman 1 meter disaat sensor diturunkan pada kedalaman yang sama terbukti servo bergerak ke posisi membuka. Pada pengujian pergerakan servo sendiri sudah memenuhi kondisi yang diberikan jika diberikan kondisi tutup ataupun buka melalui aplikasi, servo dapat bergerak sesuai dengan inputan yang diberikan. Servo juga dapat bergerak kepada kondisi "buka" disaat sensor tekanan berada pada kedalaman yang telah diinputkan melalui aplikasi.

## REFERENSI

- [1] N. P. Purba, I. Faizal, P. G. Mulyani, N. Prayogo, T. Prasetyo and A. M. A. Khan, "Performance of Lagrangian DrifteR OceanographY CoverageE Area (RHEA): Second Phase," *International Journal of Oceans and Oceanography*, vol. 13, no. 2, pp. 353-361, 2019.
- [2] W. M. Sattley, B. M. Burchell, S. D. Conrad and M. T. Madigan, "Design, Construction, and Application of an Inexpensive, High-Resolution Water Sampler," *Article*, vol. 9, no. 8, p. 578, 2017.
- [3] Tomczak, Matthias (16 March 2000). "Oceanographic instrumentation Lecture 13". *mt-oceanography.info*. Archived from the original on 23 March 2018. Retrieved 7 April 2018.
- [4] F. I. Ormaza-González, R. Caiza-Quinga, J. Cárdenas-Condoy, A. Intriago-Basurto, E. J. Piguave-Tarira, K. D. Ocaña – Balcázar, B. D. Ramírez-Pozo and P. J. Statham, "Sampling Bottles for Shallow Estuarine Waters, Constructed Using Inexpensive Recyclable Materials," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 275, p. 107965, 2022.
- [5] M. Singh and S. Ahmed, "IoT based smart water management systems: A systematic review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, pp. 5211-5218, 2020.
- [6] E. Garcia-Robledo, A. Paulmier, S. M. Borisov and N. P. Revsbech, "Sampling in low oxygen aquatic environments: The deviation from anoxic conditions," *Limnology and Oceanography: Methods*, vol. 19, no. 11, pp. 733-740, 2021.
- [7] A. R. Yanes, P. Martinez and R. Ahmad, "Towards automated aquaponics: A review on monitoring, IoT,

- and smart systems," *Journal of Cleaner Production*, vol.263, p. 121571, 2020.
- [8] K. Sun, W. Cui and C. Chen, "Review of Underwater Sensing Technologies and Applications," *Sensors*, vol. 21, no. 23, p. 7849, 2021.
- [9] F. I. Ormaza-González, R. Caiza-Quinga, J. Cárdenas-Condoy, A. Intriago-Basurto, E. J. Piguave-Tarira, K. D. Ocaña – Balcázar, B. D. Ramírez-Pozo and P. J. Statham, "Sampling Bottles for Shallow Estuarine Waters, Constructed Using Inexpensive Recyclable Materials," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 275, p. 107965, 2022.
- [10] T. F. Ilyas, F. Arkan, R. Kurniawan, T. H. Budianto and G. B. Putra, "Thingsboard- based prototype design for measuring depth and pH of kulong waters," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 926, no. 1, p. 012025, 2021.
- [11] S.-J. Wu, X. Wang, S. Wang, B. Zhang, C.-J. Yang and H. Zhi, "Active temperature- preserving deep-sea water sampler configured with a pressure-adaptive thermoelectric cooler module," *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 181, p. 103701, 2022.
- [12] D. A. Mucciarone, H. B. DeJong, R. B. Dunbar, Y. Takeshita, R. Albright and K. Mertz, "Autonomous Submersible Multiport Water Sampler," *Hardware Article*, vol. 9, p. e00197, 2021.
- [13] K. Sun, W. Cui and C. Chen, "Review of Underwater Sensing Technologies and Applications," *Sensors*, vol. 21, no. 23, p. 7849, 2021.
- [14] M. Singh and S. Ahmed, "IoT based smart water management systems: A systematic review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, pp. 5211-5218, 2020.
- [15] M. . Z. Chowdhury, M. K. Hasan, M. Shahjalal, M. T. Hossain and Y. M. Jang, "Optical Wireless Hybrid Networks: Trends, Opportunities, Challenges, and Research Directions," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 2, pp. 930-966, 2020.

