PENERAPAN SISTEM KONTROL UMPAN BALIK PADA UNDERWATER ROBOT UNTUK INSPEKSI KETEBALAN MATERIAL DI BAWAH LAUT (STUDI KASUS DI PT BADAK NGL)

Imran Habriansyah [1,*], Mukhtar,[1], Al Fajri Nur Rohman [1,], Khairul Fadli[1,], Nurlah, Nawir[1,]
[1]*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This research aims to develop a Remotely Operated Vehicle (ROV) to support industrial activities, particularly underwater inspections. The ROV is designed to measure material thickness using an ultrasonic thickness gauge (UTG) and provide real-time visualization of equipment conditions through an underwater camera. Conducted at PT Badak NGL, the research involved several stages, including mechanical design using Autodesk Fusion 360, integration of electronic systems, and implementation of a control system based on the Chasing GO2 application. Testing demonstrated the ROV's optimal performance in water resistance, movement stability with five brushless motors, and the accuracy of the UTG in both air and underwater conditions. The ROV can dive up to 1.5 meters and deliver high-quality data for further analysis. Its integrated 1080p-resolution camera ensures clear visual outputs. Compared to conventional methods using divers, this innovation provides a more efficient, safe, and cost-effective solution for underwater inspections. The ROV becomes a strategic tool in enhancing the reliability of underwater industrial equipment operations while minimizing safety risks faced by divers.

Keywords: *Control System, Real-time Visualization*, *ROV, Ultrasonic Thickness Gauge, Underwater Inspection*.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan Remotely Operated Vehicle (ROV) yang dapat mendukung kegiatan industri, khususnya inspeksi bawah laut. ROV dirancang untuk memeriksa ketebalan material menggunakan ultrasonic thickness gauge (UTG) dan menyediakan visualisasi real-time kondisi peralatan melalui kamera bawah air. Penelitian ini dilaksanakan di PT Badak NGL dengan berbagai tahapan, termasuk desain mekanik menggunakan Autodesk Fusion 360, integrasi sistem elektronik, serta implementasi sistem kontrol berbasis aplikasi Chasing GO2. Pengujian menunjukkan kinerja optimal ROV dalam aspek ketahanan air, stabilitas gerak dengan lima motor brushless, dan akurasi pengukuran alat UTG baik di udara maupun di bawah air. ROV mampu menyelam hingga 1,5 meter, memberikan data berkualitas tinggi untuk analisis lebih lanjut. Kamera beresolusi 1080p yang terintegrasi memastikan hasil visual yang jernih. Dibandingkan metode konvensional menggunakan penyelam, inovasi ini menawarkan solusi yang lebih efisien, aman, dan hemat biaya untuk inspeksi bawah laut. ROV ini menjadi alat strategis dalam menunjang kehandalan operasional peralatan industri bawah laut, sekaligus mengurangi risiko keselamatan yang dihadapi penyelam.

Kata Kunci: *Inspeksi Bawah Laut, Ultrasonic Thickness Gauge, ROV, Sistem Kontrol, Visualisasi Real-time.*

1. PENDAHULUAN

Badak NGL, atau dikenal dengan nama PT Badak Natural Gas Liquefaction adalah salah satu dari perusahaan pengolah gas alam cair (LNG, Liquid Natural Gas) di Indonesia, selain Arun NGL (kini sudah menjadi Perta Arun Gas), Donggi Senoro LNG, dan Tangguh LNG. Perusahaan ini berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur dan memiliki 8 process train (A-H) yang secara desain mampu menghasilkan 22,5 Mtpa LNG (juta metrik ton LNG per tahun), menjadikannya menjadi kilang LNG terbesar di Indonesia. Badak NGL merupakan salah satu penyumbang devisa terbesar bagi kota Bontang maupun Indonesia.

Alasan mengapa perlu dilakukan inspeksi rutin pada peralatan bawah laut tersebut, karena alat-alat ini lebih sering dijadikan sebagai alat penopang dari struktur dermaga dan terdapat karang - karang yang menempel pada pipa struktur tersebut sehingga menyebabkan korosi pada pipa struktur tersebut, sehingga perlu dilakukan inspeksi secara berkala. Biasanya kegiatan inspeksi yang saat ini dilakukan masih dengan menggunakan metode konvensional yaitu dengan bantuan jasa penyelam. Dalam hal ini, penyewaan penyelam yang bersertifikat untuk melakukan kegiatan inspeksi membutuhkan biaya yang sangat besar. Selain itu juga adanya resiko keselamatan dari penyelam itu sendiri merupakan faktor yang harus sangat diperhatikan[2,4,6]. Resiko – resiko yang timbul diantaranya dapat berasal dari faktor yang berhubungan dengan kondisi alam atau lokasi kerja seperti adanya

* Korespondensi penulis: Imran Habriansyah, email imranhabriansyah@poliupg.ac.id

bahaya binatang buas dalam air, sedangkan di Badak NGL sendiri lokasinya itu masih sangat dekat dengan muara laut sehingga masih banyaknya buaya muara yang hidup disekitan kawasan laut Badak NGL.

Dalam penelitian ini akan membahas *Remotely Operated Vehicle (ROV) Mini-Submarine. ROV* merupakan robot bawah air yang dapat digunakan dalam kegiatan industri termasuk dalam kegiatan inspeksi. Dengan adanya *ROV*, maka teknisi dapat memeriksa kondisi ketebalan material bawah air dengan bantuan alat pengukur ketebalan UTG (*ultrasonic thickness gauge*) yang di pasang pada robot tersebut yang diharapkan mampu menyelam maksimal 10 meter di bawah permukaan air, selain itu alat ini juga dirancang agar mampu memberikan visualisasi gambar dari kondisi peralatan-peralatan tersebut secara langsung dengan pergerakan yang fleksibel melalui kamera bawah air. Kondisi dari hasil pengukuran dan visual yang telah terekam oleh *ROV* ini nantinya dilaporkan dan menjadi acuan ke tim *engineering* untuk dilakukan analisa lebih lanjut guna menunjang kehandalan dari peralatan – peralatan yang berada di dalam air tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Diperlukan alat, bahan, dan *software* untuk mendukung kelancaran pelaksanaan dalam pembuatan *ROV* ini. Alat yang digunakan dalam pelaksanaan pembuatan *ROV* adalah Obeng, Gerinda potong, Avometer dan Tachometer dan bahan yang digunakan yaitu *Underwater Brushless Motor,* Pixhawk, Battery Li-Po, ESC, Kabel, GPS, Baut, Cat, Akrilik, dan Amplas[1].

Prosedur penelitian yang kami guanakan dalam penelitian ini yaitu: (1) Perancangan (*Planning),* Perancangan *(design),* (2) Implementasi *(implementation),* (3) Uji coba *(testing).* Untuk hal tersebut dijelaskan sebagai berikut: (4) Studi Literatur.Untuk mendapatkan landasan teori untuk penelitian dan pembuatan alat, langkah pertama yang kami lakukan adalah mengumpulkan berbagai informasi terkait ROV. Referensi yang digunakan adalah jurnal,artikel dan informasi yang diperoleh dari internet. (5) Merancang mekanik robot. Rancangan mekanik robot ini dilakukan dengan pembuatan desain 3D menggunakan aplikasi *Autodesk* Fusion 360. Pembuatan desain, dimensi dan konsepdari alat yang akan dibuat. *Autodesk* Fusion 360 merupakan aplikasi desain berbantuan komputer untuk desain mekanik 3D, simulasi, visualisasi, dan dokumentasi. Aplikasi ini termasuk salah satu dalam perangkat lunak *Computer Autodesk* Fusion 360. (6) Pembuatan RAB. Pembuatan RAB ini dilakukan untuk memetakan anggaran-anggaran yang dibutuhkan dalam pembuatan project. Dengan RAB, penulis dapat melakukan plotting dan mengefisiensikan kebutuhan anggaran, serta menekan pembelian alat dan bahan yang tidak diperlukan. (7) Membuat mekanik robot yang sudah dirancang sebelumnya. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan alat. Langkah awal dalam pembuatan alat ini adalah membuat kerangka alat. Proses ini berupa pembuatan bentuk fisik dari alat tersebut. (8) Menyediakan alat dan komponen yang dibutuhkan. Selanjutnya dilakukan proses penyediaan alat dengan pembelian barang yangtelah dituliskan pada RAB. Proses ini berupa bahan mekanik untuk kerangka robot dan bahan elektronik sebagai *controller* robot. (9) Merancang perangkat elektronik robot. Dalam merancang skema rangkaian elektronik robot dilakukan dengan pembuatan skema rangkaian komponen elektronik seperti mikrokontroller dan sambungan kabel. Kemudian membuat program kontrol. (10) Instalasi sistem perangkat mekanik dan perangkat elektronik. Setelah kerangka alat selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pemasangan komponen elektronik dan tahap terakhir yaitu mengupload porogram tersebut ke *microkontroller*.(11) Pengujian alat. Setelah instalasi sistem perangkat mekanik dan elektronik akan dilakukan pengujian. Jika pengujian tidak berhasil maka akan dilakukan perbaikan, dan jika berhasil maka akan lanjut ke tahap selanjutnya. (12) Pengambilan data. Tahap ini merupakan tahap akhir tujuan dari pembuatan project. Pada tahap ini, penulis akan menguji dan mengambil data-data yang diperlukan untuk menyajikan hasil akhir dari *project* ini. (13) Penyusunan laporan. Dalam penyusunan laporan ini dituliskan semua hal yang telah dilakukan selama mengerjakan tugas akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Hasil Pengerjaan Sistem Mekanik

Pada pengerjaan sistem mekanik dimulai dengan pembuatan Bodi atau badan robot terbuat dari plastik bermaterial *plastic TPE*. Badan robot memiliki dimensi panjang 247 mm, lebar 188 mm dan tinggi sekitar 92 mm. Badan utama robot dirancang terbagi 2 bagian yaitu bagian *outer frame* sebagai *casing* dan shape dari robot itu sendiri dan *inner frame* dimana bagian ini adalah tempat dimana semua komponen elektronik yang mana bagian ini juga kedap terhadap air, kita dapat melihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanik Robot

Hasil Pengerjaan Sistem Elektronik

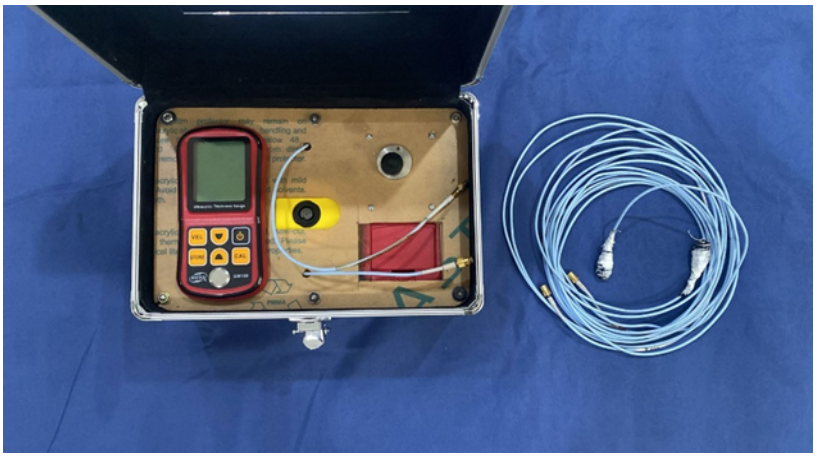
Pada pengerjaan sistem elektronik, *underwater robot* menggunakan lima buah motor *waterproof brushless DC* sebagai aktuator penggeraknya [7,8]. Kecepatan motor *brushless* ini diatur oleh *electric speed control* (ESC)[3] dimana terdapat dual mode pengaturan kecepatan yakni *high speed* dan *low speed*[5] dengan kecepatan maksimum putaran motor sekitar 13412 rpm berdasarkan hasil ukur dari *tachometer portable* dengan *final speed* saat robot ini bergerak di dalam air yaitu mencapai 6 m/s. kita dapat melihat pada Gambar 2.



Gambar 2. pengerjaan sistem elektronik robot

Hasil Perakitan Alat Ukur UTG

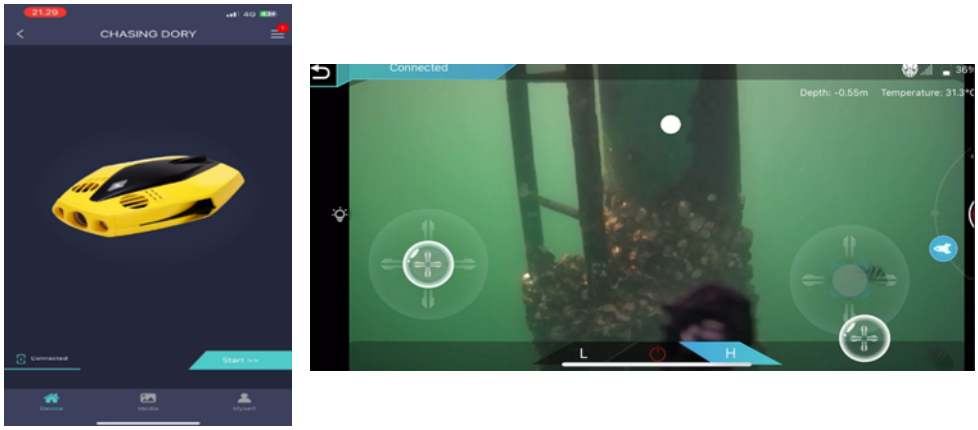
Pada perakitan alat ukur ini dibagi dalam tiga tahap dimana tahap pertama pengerjaan meliputi pembagian serta perancangan ulang komponen dari alat ukur *UTG* dimana antara *display* dan *motherboard* dari alat ini terpisah dan dirangkai kembali ke dalam box kontrol yang telah disiapkan, tahap kedua adalah proses pengerjaan penyambungan kabel *extension* dari *transduser probe sensor* ini dimana kabel yang digunakan adalah berupa kabel khusus tipe *One 3300 XL extension cable* dari brand *Bentley Nevada* yang mana kabel jenis ini sangat *compatible* dengan nilai impedansi dari kabel original sensor alat ukur ini dengan panjang sekitar 2.5 meter, tahap akhir dari perancangan alat ukur UTG ini yaitu merapikan sambungan dan memasang *sealant* ke setiap *joint* sambungan serta *probe transducer*-nya menggunakan *silicon sealant* dan isolasi bakar agar kabel dan probenya aman dan kedap air.



Gambar 3. Perakitan alat ukur UTG

Hasil Pengerjaan Sistem Kontrol

Perancangan sistem kontrol dari *underwater robot* ini meliputi koneksi serta kontrol navigasi alat. Pada *underwater robot* sistem koneksi sambungan alat ini menggunakan dual tipe koneksi dimana koneksi awal antara robot drone ini menggunakan *tether cable serial* sepanjang 15 meter dimana kabel tersebut disambungkan dari *port* kabel yang berada di bagian bekang drone lalu kabel serial ini tersambung ke *tether hub (buoy)* yang berada di dalam box kontrol yang telah di desain sebelumnya, Sistem kontrol navigasi alat ini menggunakan aplikasi *Chasing GO2* yang dapat diunduh ke dalam handphone yang berbasis sistem iOS maupun android. Adapun untuk koneksinya sendiri yaitu menggunakan sistem pemancar *WiFi* lokal yang berasal dari *tether hub (buoy)* yang telah memiliki alamat IP dan DNS tersendiri. Saat koneksi antara *handphone* dan *tether hub* telah tersambung maka aplikasi *Chasing GO2* baru bisa digunakan dan jika terdapat masalah maka koneksi harus di ulang dari awal.



Gambar 4. Tampilan awal aplikasi Chasing GO2 dan Tampilan menu *interface control*

Hasil Pengujian kekedapan air pada *underwater robot*

Dalam percobaan ini *underwater robot* yang diuji di atas permukaan air untuk mengetahui apakah robot yang dirancang ini tidak langsung tenggelam ke dalam air sesuai dengan desainnya selama lima menit, kemudian *underwater robot* tersebut mulai dipasangkan pemberat pada bodi luarnya sehingga robot ini dapat tenggelam secara bertahap dimulai dengan kedalaman 0.5 meter hingga mencapai dasar kolam uji sedalam 1.5 meter dengan rentang waktu uji masing-masing selama 5 menit disetiap kedalaman yang diujikan.

Tabel.1. Pengujian kekedapan air *underwater robot*

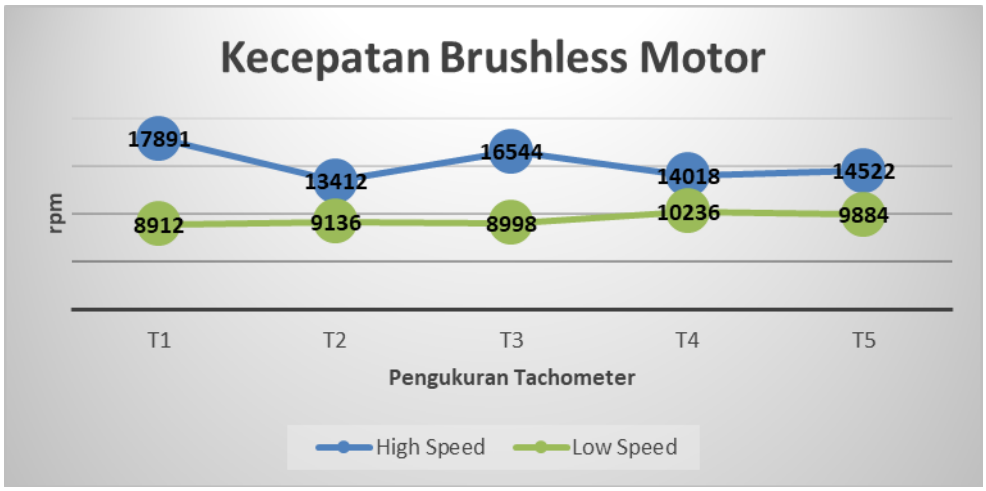
No.	Kedalaman (meter)	Waktu (menit)
1	Di atas permukaan air	5
2	0.5	5
3	1	5
4	1.5	5

Hasil Pengujian sistem kontrol robot

Pada pengujian tahap ini dilakukan dengan menguji tingkat stabilitas dari kontrol pergerakan *underwater robot* baik dalam posisi menyelam maupun bergerak bebas di permukaan air serta untuk untuk mengetahui seberapa lancar pergerakan robot didalam air agar dapat memberikan kontrol yang lebih presisi serta membandingkan opsi kecepatan mana yang terbaik pada saat pengujian alat ukur, dimana probe dari alat ukur tersebut harus menempel dengan baik ke objek benda yang ingin diujikan di dalam air agar mendapat pembacaan alat yang akurat.

Tabel.2. Pengujian kecepatan *brushless motor* dengan *tachometer*

No.	High Speed Mode (rpm)	Low Speed Mode (rpm)
1	14100	8912
2	13412	9136
3	14016	8998
4	13845	10236
5	14128	9844
Avg	**15277.4**	**9433.2**



Gambar 5. Grafik pengujian kecepatan motor dengan alat *tachometer*

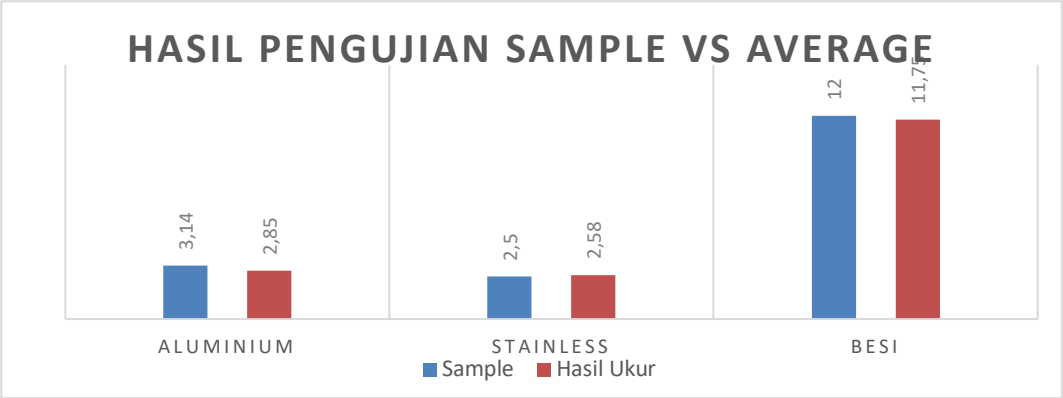
Hasil Pengujian alat ukur ketebalan material

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat seberapa sensitif dan akurat alat ukur yang digunakan pada alat yang telah dirancang. Pengujian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu dengan mengukur

ketebalan material dengan beberapa jenis sampel material yang telah diketahui ketebalannya dengan pengukuran manual memakai jangka sorong dan adapun metode uji ditahap ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian di atas permukaan dan pengujian di dalam air untuk mengetahui apakah alat tersebut mampu mengukur material dalam kondisi basah dibawah air.

Tabel 4.4 Pengujian alat ukur *UTG* dengan kondisi kering terhadap tiga sample yang berbeda dibandingkan dengan pengukuran jangka sorong.

Tahapan	Pengukuran Jangka Sorong			Pengukuran UTG		
	Jenis Material			Jenis Material		
	Plat Aluminium	Plat Besi	Plat Stainless	Plat Aluminium	Plat Besi	Plat Stainless
	Ketebalan Sample Material (mm)			Ketebalan Sample Material (mm)		
1	3.14	12	2.5	2.6	11.6	2.5
2	3.14	12	2.5	2.8	11.8	2.6
3	3.14	12	2.5	3.2	11.7	2.5
4	3.14	12	2.5	2.8	11.9	2.7
Average (mm)				2.85	11.75	2.58
Tingkat Akurasi (%)				91	97	96



Gambar 6. Grafik pengujian alat ukur UTG dalam kondisi kering

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *underwater robot* yang telah dirancang ini dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan oleh penulis, dimana dalam uji kekedapan air yang telah dilakukan tidak terdapat ada masalah yang signifikan atau terdapat kebocoran pada seal bodi robot maupun pada sambungan kabel, *coupling adapter* serta sealant pada *probe tranducer* dari alat ukur tersebut.

Selain itu dalam pengujian sistem kontrol dan navigasinya robot ini mampu bergerak lincah dan bebas didalam air berkat adanya lima buah *waterproof brushless motor* yang sangat mumpuni dari segi putaran motor dan tersebar simetris pada bodi motor sehingga alat ini dapat dikontrol sesuai dengan harapan pilotnya. Adapun untuk sistem kontrol juga telah dibekali oleh dua mode pilihan kecepatan (Hi – Low) yang dapat dipilih dan

diatur dengan sangat mudah pada *joystick*, dengan adanya dua opsi kecepatan ini sehingga *underwater robot* ini dapat bergerak pada kecepatan tertentu sesuai dengan kehendak pilot drone yang mengontrolnya. Alat ini juga dilengkapi dengan kamera yang berkualitas tinggi yang mampu mengambil foto sebesar 2 MP dengan hasil resolusi gambar mencapai 1920×1080 dan juga dapat mengambil video recording secara realtime hingga mencapai kualitas FHD dengan resolusi 1920×1080 pada framerate 30 fps. Tentunya dengan kamera ini sudah cukup mumpuni untuk mengambil gambar yang jernih pada saat melakukan pengamatan di dalam air sesuai dengan tujuan awal alat ini dirancang.

Adapun selain hasil pengujian dari segi robotnya yang tidak kalah penting yaitu pengujian alat ukur pengukur ketebalan material dimana alat yang dibeli ini cukup mampu memberikan hasil pengukuran material yang presisi dengan tingkat akurasi yang lumayan tinggi, walaupun masih terdapat berbagai kekurangan dikarenakan dari segi kualitas bahan dan juga terdapat faktor pendukung lainnya, terutama pada saat uji ketebalan material di dalam air.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan di PT Badak NGL dapat ditarik kesimpulan: *ROV* (*Remotely Operated Vehicle*) yang diujikan pada PT Badak NGL menggunakan sistem pengendali melalui *software Chasing GO2* yang telah dipatenkan oleh perusahaan *Chasing-Innovation Technology*, yang berfitur lengkap untuk pengontrolan kendaraan bawah air yang dapat dioperasikan dari jarak jauh (ROV) dan kendaraan bawah air otonom (AUV). Untuk memeriksa ketebalan material dibawah air digunakan alat pengukur ketebalan *UTG (Ultrasonic Thickness Gauge)* yang dipasang pada *underwater robot*. Alat pengukur ketebalan yang digunakan pada alat ini adalah *Benetch GM100* sebuah brand produksi China yang mana alat ukur ini sendiri memiliki rentang pengukuran ketebalan range berkisar 1,2 mm - 225 mm *(as per product specification).*

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Di Pt Badak Ngl yang telah memberikan izin, dukungan fasilitas dan bantuan pendanaan hibah sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Abadi, R. (2023). *Motor Servo: Pengertian, Fungsi, Jenis dan Cara Kerjanya*. Materi Elektro. https://thecityfoundry.com/motor-servo/#:~:text=Motor servo adalah jenis motor,sudutnya dapat diatur dengan mudah. Diakses pada tanggal 20 Januari 2024.

[2] Amirullah, & Santi, M. (2019). *Rancang Bangun Robot Bawah Air.* Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019, *7*(1), 189–191.

[3] Baswantara , (2023), Rancang Bangun Mini Rov Dengan Penggunaan Pwm Speed Controller Module Sebagai Sistem Kendali. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi KelautanTropis*,*15*(2), 183–195. https://doi.org/10.29244/jitkt.v15i2.43466 Diakses pada tanggal 17 Januari 2024.

[4] Dewa, R.M., & Dewa, A.N. (2020). *Pengembangan Robot Bawah Air BerbasisArduino Mega 2560*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

[5] Elektro. (2021). *Mengenal Arduino Dengan Baik.* Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area . https://elektro.uma.ac.id/2021/02/25/mengenal-arduino-dengan-baik/. /1. Diakses pada tanggal 17 Januari 2024.

[6] Hawari, K., Finawan, A., & Kamal, M. (2019). *Rancang Bangun Robot sebagai Alat Bantu Penjelajah Bawah Air*. Jurnal Litek: Jurnal Listrik, 2009, 91–96.http://ejurnal.pnl.ac.id/index.php/litek/article/view/1071%0Ahttp://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/litek/article/download/1071/911. Diakses pada 16 januari 2024.

[7] Husaini, A.N. (2020). *Prinsip Kerja Motor Brushless DC (BLDC Motor)*. 2020. https://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-brushless-dc-bldc-motor/3/. Diakses pada 17 Januari 2024.

[8] Inameq, (2019). *Teknologi pengolahan air balast di kapal*. Inameq.Com. https://inameq.com/hull-and-outfitting/tank-equipment/teknologi /1pengolahan-balast/. Diakses pada tanggal 17 Januari 2024. Sumber Daya Manusia , Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Di Makassar New Oleh :," vol. 01, no. 01, 2024.