



Balai Pengembangan Talenta Indonesia
Pusat Prestasi Nasional
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi



PERGURUAN
TINGGI

Sosialisasi

Kontes Robot Indonesia 2024

Pemateri : Kusprasapta Mutijarsa
Divisi : KRBAI



Kontes Robot Bawah Air Indonesia (KRBAI)

- **Kontes Robot Otonom Bawah Air**

- Penyelenggaraan tahun kedua
- Pertama kali dimulai pada ajang KRI Tahun 2023
- KRBAI Tahun 2025 akan menjadi bagian dari Kompetisi Kapal Indonesia (KKI)

- **Bentuk Kegiatan KRBAI**

- Kompetisi mahasiswa bidang robotika yang diselenggarakan untuk menghasilkan inovator-inovator dengan memberikan tantangan bagi generasi calon rekayasawan Indonesia.
- Tim mahasiswa diberi tantangan untuk **merancang, membangun, dan menguji robot otonom bawah air.**
- Tim peserta KRBAI mengusulkan **karya Desain Inovasi Robot Otonom Bawah Air** untuk menyelesaikan misi **Autonomy Challenge** yang dikompetisikan pada KRBAI 2024.



Wahana Bawah Air

Underwater Vehicle, Underwater Robot

Jenis wahana bawah air:

1. **Remotely-Operated Underwater Vehicle (ROV)**: *tethered underwater robot*, dikendalikan langsung oleh manusia
2. **Autonomous Underwater Vehicle (AUV)** atau **Autonomous Underwater Robot (AUR)**: robot otonom, wahana selam atau bawah air tak berawak yang tidak dikendalikan langsung oleh manusia atau operatornya. AUR beroperasi secara mandiri, **mampu menyelesaikan misi atau pekerjaannya secara otonom** berdasarkan sensor yang terpasang dan program kecerdasan yang ditanamkan ke dalamnya.



Tema dan Kegiatan KRBAI 2024

- Tema

Inovasi Desain Robot Otonom Bawah Air

- Bentuk Kegiatan

1. KRBAI 2024 TINGKAT WILAYAH

- **Presentasi Desain:** Pengembangan teknologi dan desain inovasi robot otonom bawah air

2. KRBAI 2024 TINGKAT NASIONAL

- **Demo Robot:** penyelesaian misi robot otonom bawah air (*Autonomy Challenge*)



Struktur Kontes

KRBAI 2024 akan dilaksanakan dalam 4 (empat) tahapan kegiatan:

1. Seleksi Proposal KRBAI 2024 – **Seleksi Tahap I**
 - Batas waktu pengiriman proposal: 18 Februari 2024
2. Seleksi Dokumen Desain Inovasi Robot Otonom Bawah Air – **Seleksi Tahap II**
 - Batas waktu pengiriman dokumen desain: 19 April 2024
3. Presentasi Desain Robot Otonom Bawah Air – **KRI Tingkat Wilayah**
 - *Pelaksanaan KRI Tingkat Wilayah I dan II : 20-26 Mei 2024*
4. *Autonomy Challenge* Robot Otonom Bawah Air – **KRI Tingkat Nasional**
 - Pelaksanaan KRI Tingkat Nasional: 3-8 Juli 2024



Tahapan Seleksi KRBAI 2024

1. Seleksi Proposal - Seleksi Tahap I

- Mengikuti pedoman pada Buku 1 Pedoman Umum KRI 2024.
- Format, mekanisme pengiriman dan pengumuman hasil seleksi proposal mengikuti pedoman.
- Batas waktu pengiriman proposal: 18 Februari 2024

2. Seleksi Dokumen Desain Inovasi – Seleksi Tahap II

- **Dokumen desain dalam bentuk Makalah Ilmiah dan Video**
- Makalah ditulis menggunakan Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, menggunakan format template manuskrip IEEE (<https://www.ieee.org/conferences/publishing/templates.html>).
- Makalah dikumpulkan dalam bentuk PDF dengan format penamaan file “KRBAI – Nama Perguruan Tinggi – Nama Tim.pdf. File tidak diperkenankan untuk dilakukan kompresi ke dalam format ZIP atau RAR.
- Video diunggah pada kanal Youtube masing-masing tim, dengan tautan ditulis pada dokumen.
- Batas waktu pengiriman dokumen desain: 19 April 2024



Makalah Desain Inovasi Robot Otonom Bawah Air

- Dokumen perancangan robot untuk menjalankan misi **Autonomy Challenge** yang dipertandingkan pada KRBAI Tingkat Nasional.
- Untuk dapat bekerja secara otonom, robot dirancang untuk memiliki perilaku atau kemampuan, dari **perilaku paling dasar hingga kompleks**, yang dapat dikategorikan sebagai berikut:
 - 1. Basic Behavior:** gerakan dasar robot yang memperlihatkan kemampuan untuk menyelam dan bergerak maju.
 - 2. Attitude Control:** kemampuan untuk melakukan manuver dan gerakan menghindari suatu rintangan (*obstacle*) yang ditemui selama perjalanan.
 - 3. Navigation:** kemampuan robot untuk mengidentifikasi suatu obyek menggunakan sensor yang dimilikinya (seperti sound atau visual), kemudian bernavigasi menuju obyek tersebut.
 - 4. Target Acquisition:** kemampuan robot untuk menemukan, mendekati suatu target, dan melakukan aktivitas pada target tersebut (seperti meletakkan atau mengambil suatu obyek).



Makalah Desain Inovasi Robot Otonom Bawah Air

Isi makalah desain inovasi setidaknya terdiri dari :

1. Abstrak;
2. Pendahuluan: penjelasan dasar ide pengembangan robot dan klaim originalitas karya;
3. Metode pengembangan karya: penjelasan tahapan membangun robot bawah air;
4. Spesifikasi robot bawah air yang dibangun dan cara kerja robot;
5. Desain sasis: *frame and hull*, sistem mekanik dan penggerak;
6. Desain perangkat elektronika: *block design of electronic system, sensory system, control system, power system*;
7. Desain perangkat lunak: *software architecture, autonomous navigation system*;
8. Hasil implementasi: foto dan penjelasan hasil implementasi robot yang dibangun;
9. Hasil uji coba: analisis fungsional dan kinerja (performance), serta *safety*;
10. Tautan video yang menampilkan kemampuan robot bawah air;
11. Penutup dan *acknowledgement*;
12. Daftar Pustaka;
13. Lampiran-lampiran (bila diperlukan)



Video Robot Otonom Bawah Air

Video dibuat dengan ketentuan:

1. Wajib menampilkan **kemampuan dasar** untuk bergerak secara otonom di bawah air sekurang-kurangnya 10 detik.
2. Wajib menampilkan ketika seseorang menekan saklar darurat (**emergency button**) saat robot sedang bergerak, kemudian terlihat seluruh penggerak robot berhenti.
3. Menampilkan perilaku atau kemampuan lainnya yang dimiliki robot, seperti gerakan menghindari rintangan, mengidentifikasi suatu obyek, menjatuhkan muatan (payload), dan lainnya.
4. Video disimpan dalam Youtube yang tautannya dituliskan pada Dokumen Desain.



Contoh Makalah Desain

Eagle Two - California State University Los Angeles

Eagle II: Developing Autonomous Underwater Systems - execution and design

1) Diego Santillan (EE)(Team Captain), Alan Tuong (ME), David Garcia (ME), Aldo Madrid (EE), Albert Lu (EE), Jonathan Song (CS), Danny Padilla (CS), Henry Ho (CS), Kevin Tran (CS), Joseph D. Iorio (ME), Sidra Gibaut (EE), Andrew A. Lopez (ME), Kevin Ma (ME).

Abstract - Eagle II is the latest Autonomous Underwater Vehicle (AUV) built at Cal State LA. Eagle II has been under development for about a year. Using our first generation AUV as a platform for testing, our team applied all the lessons learned throughout the year and engineered Eagle II to be more compact, ergonomic, and lighter. This year's team incorporated a fully dedicated group of Computer Science students keen to improve Eagle II's existing autonomous capabilities.



Figure 1. Solidworks Rendition of Eagle II.

As seen on figure 2, Eagle II is a close representation of the CAD design. This is the result of months of research and planning by students at Cal State LA.



Figure 2. Eagle II Eagle II model.

I. INTRODUCTION

Eagle II also known as "Nelle" was design with the International RoboSub Competition in mind. The objective for Eagle II is to transverse the competition arena autonomously to score the maximum amount of points available at each obstacle station. The RoboSub competition is held by the AUVSI Foundation and the Office of Naval Research in late July at the SSC Pacific TRANSDEC facility in San Diego California. Eagle II's design was influenced by many of the streamlined designs seen on the 2017 RoboSub Competition. The main goal for this year's competition is to position our team's design among the best and surpass our performance from last year.

Given the experience the team gained working on underwater robotics for two years we created Eagle II in anticipation of improving our performance in the upcoming 2018 RoboSub Competition. Figure 1 shows the CAD model of Eagle II.

Eagle Two - California State University Los Angeles

II. DESIGN OVERVIEW

Eagle II's design is broken down into a few different sections:

- 1) Frame-Auxiliary enclosures,
- 2) Hull,
- 3) Power systems,
- 4) Weapon Systems,
- 5) Communications board
- 6) Hydrophones,
- 7) Navigation - Controls
- 8) Software.

1)Frame-Auxiliary enclosures

The basic principle of the frame in the design was to be able to provide modularity and enough working space for all the systems. The 2018 Eagle II prototype features front and rear auxiliary enclosures, internal riling system, and handles for transportation. The frame consists of four major panels of 0.25" thick aluminum 6061. These panels can be seen in Figure 3. Each panel was cut out using a water-jet and anodized in black.



Figure 3. Isolated view of side panels of the frame module.

These panels are held together using 20mm x 20mm T-slotted aluminum extrusions, seen in Figure 4.



Figure 4. Image of modified T-slotted Aluminum Extrusions[7]

A major advantage of using these extrusions as corner braces is to provide the interior of the frame payload mounting capabilities. This feature is indicated in Figure 5.

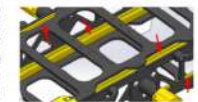


Figure 5. T-slotted Aluminum Extrusions shown inside the frame module indicated by the red arrows.

Another feature of the frame module includes the front and rear enclosures that were purchased off-the-shelf from BlueRobotics, seen in Figure 6. Capable of being submerged up to 300 ft, these enclosures are used as dedicated enclosures for the cameras and batteries.



Figure 6. Watertight enclosures from BlueRobotics [3].

Eagle Two - California State University Los Angeles

are not currently achievable underwater. Instead the Eagle II relies on its navigation sensors to accurately navigate underwater. In order to keep the Eagle II stable and at known location the data obtained from its navigation sensors is fused together and processed using four independent closed loop control algorithms to remove any orientation errors while the vehicle it in motion. By knowing the vehicle's exact velocity and having precise control of the Eagle II's roll, pitch, yaw and depth it is possible to keep the vehicle stable and to know its location at all times. In Figure 41 we can observe the general configuration for the navigation sensors centralized on the idea of an integrated synchronous Kalman filter to resolve sensor data.

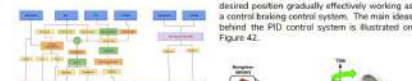


Figure 41. Navigation sensors block diagram

The closed loop control system implemented on the Eagle II revolves around the idea of having full control of the system while minimizing directional errors and optimizing the results. A PID closed loop control system is ideal since we can change the behavior of the system by simply modifying a few key values within the main PID controller.

The desired X, Y, and Z position of the Eagle II is optimized by programming into the PID algorithm a desired set point. Ideally, we would like the Eagle II to remain at specified position and location at all times. By setting up a desired position the PID controller will compare the current position of the Eagle II and the set

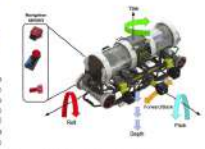


Figure 42. PID controller axis of motion.

i) Stabilization and development

Experiments

A single axis rig's was fabricated in order to test the PID algorithm. The rig served as

point to create a position error. This error is then process through the PID algorithm. The integral products are added to an accumulator and the total values added back to the corresponding proportional products. The obtained velocity rates are then multiplied by the derivative coefficients to create the optimal PWM pulses needed to run the stabilizations thrusters. In a similar fashion the depth PID controller is coupled to the pitch, yaw and roll PID controllers to provide total stabilization even while the Eagle II is submerging or emerging.

Additionally, the same PID control algorithm, proportional control parameters for forward and reverse motions in order to keep the Eagle II at a fixed position. This is an important feature since it helps the Eagle II stop at the desired position gradually effectively working as a control braking control system. The main ideas behind the PID control system is illustrated on Figure 42.

Eagle Two - California State University Los Angeles

time the proposed power configuration is in line with existing power requirements. Figure 18 shows the simplified power systems design implemented on Eagle II that includes a total of three custom made boards for the power systems. The thruster control board which will be explain in more detail in this document and the battery monitoring board with LED strips. The system complies with all the power requirements for all the subsystems found on Eagle II such: 5V power rails for microprocessors and sensors, 12V rail for hydrophones and DVL, kill switch, and power system fuse protection.

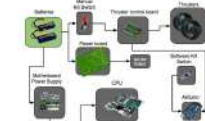


Figure 18. Overview of electrical design

A total of 2 - 14.8V Lipo Batteries@ 10000mAh connected in parallel. These batteries are rated at 10C, 10,000mAh. Using Equation 1.

$$E_{Wh} = n \cdot V_{nom} \cdot C_{rating} \quad (1)$$

the total of amp hours is calculated to be provide a total of 296Wh. Table 3 shows the the calculated run time for these batteries given their characteristics and system considerations.

Table 3. Calculated run time

Sub	Power (Watt)	Current (Amps)	Overhead (%)	Power (Watt)	Subsystem Run time (min)	Run time (min)
1	1.48	13.80	10%	1.63	179.13	179.13

vii) Thruster board

The concept design of the thruster control board was first done using Solidworks in order understand its spatial dimensions for integration inside Eagle II's hull. The electrical layout, schematics and PCB board was done using Eagle PCB design software. The board is used to control the thrusters that provide Eagle II its mobility. Since the thruster board has the speed controllers for the thrusters embedded it greatly simplifies integration of the power systems.

One of the main considerations behind the design is the use of the thruster board in future designs. Some features included into the thruster board are: high current outputs for the ESCs, easy accessible connectors for power, low voltage kill switch, signals and individual protection for each speed controller. The Solidworks design of the thruster board is shown on Figure 19.

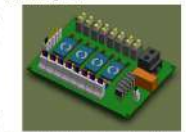


Figure 19. Solidworks design of thruster board



Batasan Desain Robot

Pada KRBAI 2024, spesifikasi robot bawah air ditentukan dan dibatasi sebagai berikut:

1. Robot bawah air merupakan **robot otonom**, tidak dikendalikan secara langsung oleh manusia ataupun komputer di luar robot.
2. Robot harus dapat menyelam. **Seluruh bagian robot harus dapat masuk ke dalam air**, tidak terlihat ada bagian yang masih di permukaan.
3. Interaksi robot dengan manusia atau komputer luar hanya pada saat sebelum memulai misi. Setelah robot memulai aktivitas, **dilarang melakukan komunikasi** apapun dengan robot.
4. **Dimensi** maksimum robot adalah 140 x 90 x 90 cm.
5. **Berat maksimum** 52 kg (sebelum dimasukkan ke dalam air).





Batasan Desain Robot

- 6. Baterai** dan sumber daya lainnya merupakan **bagian dari robot**. Tidak boleh menggunakan sumber daya dari luar (*tethered cable*).
- 7. Tegangan baterai** robot maksimum 24 VDC.
8. Sebagai wahana bawah air, robot harus memenuhi persyaratan keamanan dan keselamatan yang mencakup: **Emergency Stop System** (skenario bila terjadi failure), masalah keselamatan mencakup pengamanan baterai, propeller dan bahaya fisik lainnya, kebocoran bahan kimia dan cairan lainnya (oli). Seluruh sistem pada robot bawah air telah diamankan dengan benar.





Ketentuan Karya Desain Robot Bawah Air

Karya desain inovasi yang diusulkan harus memenuhi hal-hal sbb:

1. **Robot adalah karya sendiri**, bukan produk komersial yang sudah jadi.
2. Karya inovasi yang diajukan merupakan ide orisinal dengan tidak menjiplak karya yang sudah ada (baik yang pernah dikembangkan oleh tim sendiri maupun orang lain).
3. Karya dapat merupakan adopsi ataupun pengembangan dari karya sebelumnya/ yang sudah ada, dengan menjelaskan perbedaan atau pembaruan karya dengan yang sebelumnya.
4. Kelebihan karya yang dikembangkan dari suatu karya lain, dibandingkan dan dijelaskan pada dokumen desain dengan menjelaskan sumbernya.
5. Karya inovasi belum pernah dipublikasikan atau dikompetisikan pada kegiatan lain.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN,
KEBUDAYAAN, RISET
DAN TEKNOLOGI

Puspresnas
Pusat Prestasi Nasional

Balai Pengembangan
Talenta Indonesia

MERDEKA Kampus
BELAJAR Merdeka
INDONESIA JAYA

KRBAI 2024 Tingkat Wilayah



KRBAI 2024 Tingkat Wilayah

- **Presentasi hasil rancang bangun inovasi robot otonom bawah air**
 - 4 menit presentasi dan
 - 10 menit tanya jawab dengan tim juri
- Pelaksanaan: 20 - 26 Mei 2024 (Tingkat Wilayah I dan II)
- Diselenggarakan secara daring
 - Presentasi Menggunakan video conferencing Zoom
- Sebelum pelaksanaan KRI Tingkat Wilayah:
 - Mengirimkan file presentasi
 - Mempersiapkan video presentasi yang di-upload ke Youtube



Kriteria Penilaian Desain Inovasi Robot

Kriteria Penilaian desain inovasi robot otonom bawah air mencakup:

1. Kreativitas, original gagasan, penyelesaian masalah, *state of the art*,
2. Desain robot,
3. Kecerdasan dan otonomi,
4. Efektivitas, efisiensi, biaya, adaptabilitas, manufakturabilitas,
5. Teknik presentasi, cara penyampaian dan menjawab pertanyaan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN,
KEBUDAYAAN, RISET
DAN TEKNOLOGI

Puspresnas
Pusat Prestasi Nasional

Balai Pengembangan
Talenta Indonesia

MERDEKA Kampus
BELAJAR Merdeka
INDONESIA JAYA

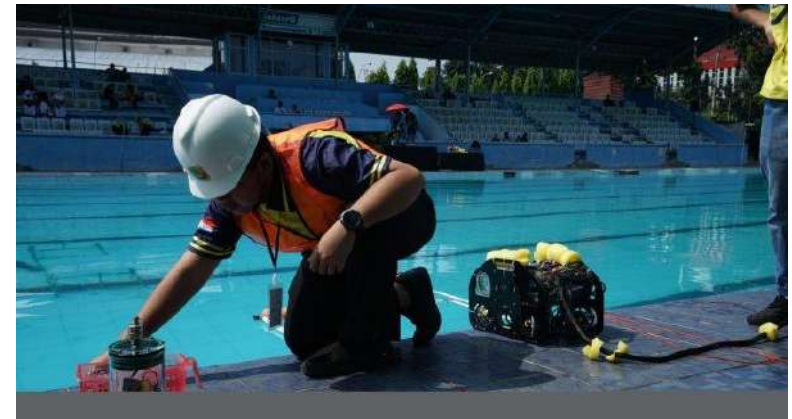
KRBAI 2024 Tingkat Nasional



KRBAI Tingkat Nasional

- Waktu pelaksanaan: 3–8 Juli 2024
- Diselenggarakan secara luring di Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) dan Kolam Renang Tirtomoyo, Manahan, Kota Surakarta, Jawa Tengah *)
- Tim peserta mendemokan karya inovasi robot otonom bawah air untuk menyelesaikan misi **Autonomy Challenge** dalam kolam renang.
- Sebelum pelaksanaan Autonomy Challenge, robot akan melalui **proses inspeksi keamanan dan keselamatan**. Bila robot dinyatakan tidak aman untuk dioperasikan, maka peserta tidak diijinkan untuk mendemokan robot-nya.

*) menunggu konfirmasi



Kolam Renang Tirtomoyo, Manahan Kota
Surakarta



Autonomy Challenge

Urutan misi yang memperlihatkan perilaku gerakan robot (*vehicle behavior*) yang terjadi saat Autonomy Challenge:

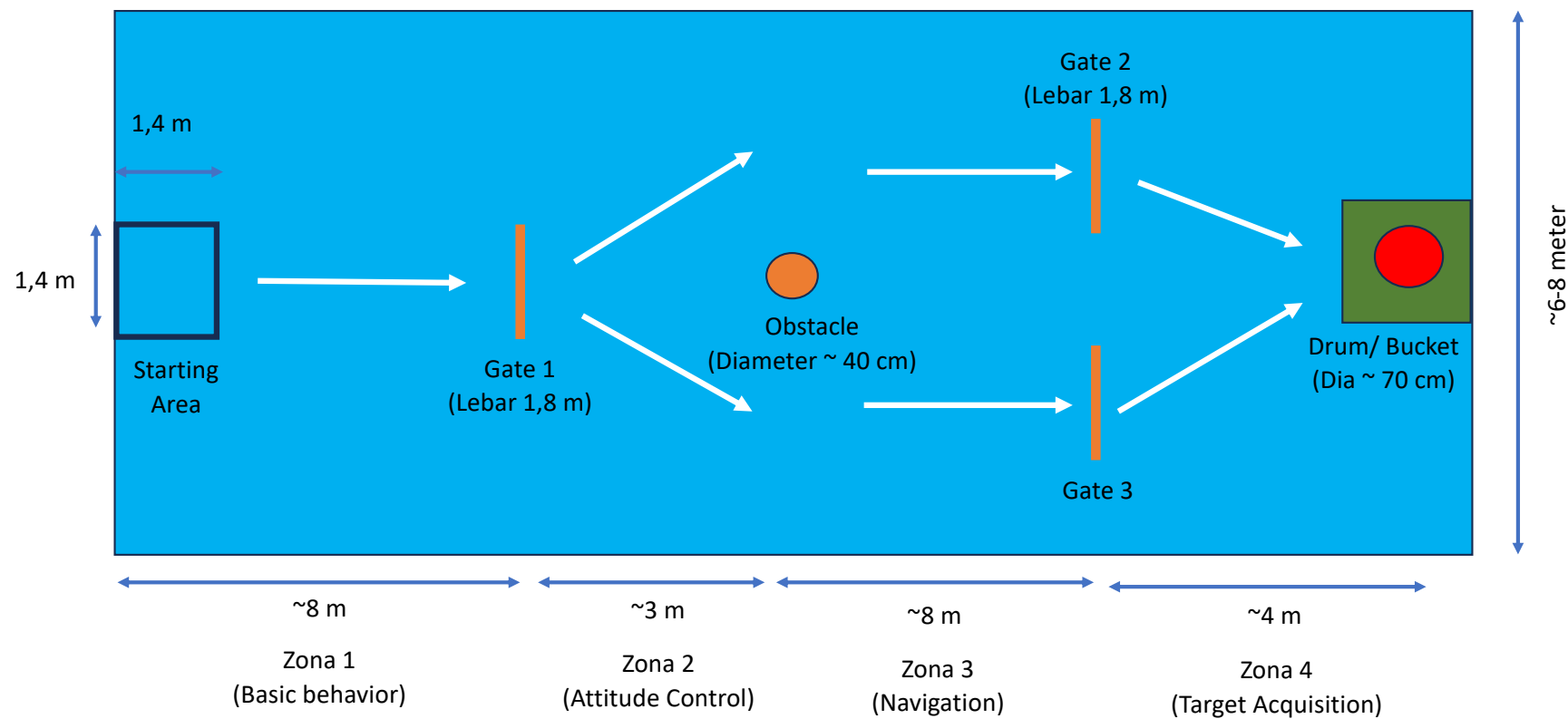
1. **Basic Behavior**: gerakan dasar robot yang memperlihatkan kemampuan untuk menyelam dan bergerak lurus dengan jarak tertentu.
2. **Attitude control**: Manuver gerakan menghindari tabrakan dengan rintangan (*obstacle*) yang ditemui dalam perjalanan.
3. **Navigation**: mengidentifikasi suatu obyek (gerbang) menggunakan sensor visual, kemudian bernavigasi menuju dan memasuki obyek gerbang tersebut.
4. **Target Acquisition**: robot mengidentifikasi dan mendekati suatu target (*bucket* berwarna merah), kemudian menjatuhkan bola ke dalam *bucket* tersebut.



TAMPAK ATAS

~ 22-25 meter

Gambar tidak skala





Aturan pada Autonomy Challenge

- Masing-masing peserta mendapat alokasi waktu total 30 menit dengan rincian: 10 menit persiapan, 20 menit untuk penampilan robot menjalankan misi.
- Robot **menyelesaikan misi secara berurutan**, dimulai dari *starting area*, penyelesaian misi pada zona pertama, dilanjutkan penyelesaian misi pada zona kedua, zona ketiga, dan terakhir zona keempat.
- Robot dikatakan berhasil menyelesaikan misi dalam satu zona bila robot telah menyelesaikan seluruh tugas pada zona tersebut.
- Bila dalam pelaksanaan misi robot mengalami kendala, robot dapat melakukan **retry dimulai kembali dari *starting area***. Perhitungan waktu akan diulang kembali.
- **Pemenang** adalah robot yang menyelesaikan **zona terbanyak dalam waktu yang paling cepat**.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN,
KEBUDAYAAN, RISET
DAN TEKNOLOGI

Puspresnas
Pusat Prestasi Nasional

Balai Pengembangan
Talenta Indonesia

MERDEKA Kampus
BELAJAR Merdeka
INDONESIA JAYA

Arena Autonomy Challenge

- Autonomy Challenge dilaksanakan di area kolam renang.
- Ukuran detail akan diberikan setelah dilakukan perhitungan rinci pada kolam renang sesungguhnya yang akan digunakan pada KRBAI



Zona 1: Basic Behavior

- Gerakan dasar robot yang memperlihatkan **kemampuan untuk menyelam dan bergerak lurus** hingga memasuki gerbang.
- Gerbang berwarna orange. Diameter tiang gerbang 2 inch.
- Pada starting area, robot masuk ke area ukuran 1,4 x 1,4 meter untuk kemudian menyelam.



Starting Zone

Permukaan kolam



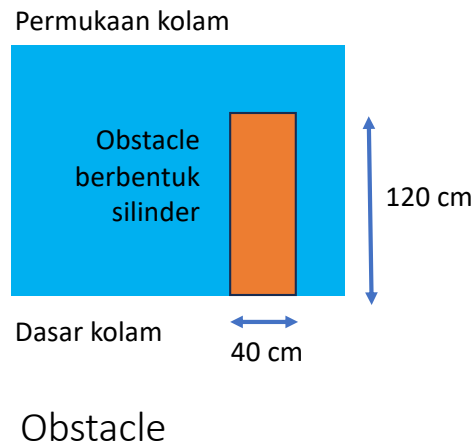
Dasar kolam

Gate



Zona 2: Attitude Control

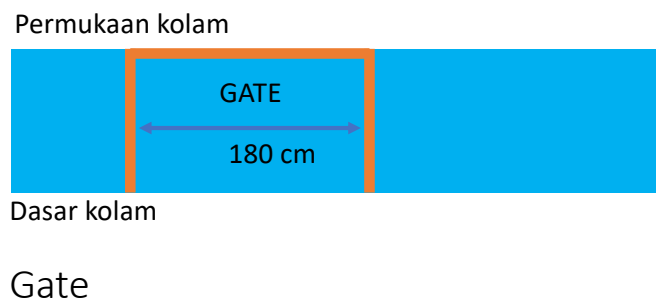
- Manuver **gerakan menghindari tabrakan** dengan rintangan (*obstacle*) yang ditemui dalam perjalanan.
- Obstacle berwarna orange. Berbentuk silinder dengan diameter 40 cm dan ketinggian 120 cm





Zona 3: Navigation

- Gerakan dasar robot yang memperlihatkan **kemampuan untuk mengidentifikasi suatu obyek (gerbang) menggunakan sensor visual**, kemudian **bernavigasi menuju dan memasuki obyek gerbang tersebut**.
- Gerbang berwarna orange. Diameter tiang gerbang 2 inch.
- Robot dapat memilih salah satu gerbang pada Zona 3 ini.





Zona 4: Target Acquisition

- Robot mengidentifikasi dan mendekati suatu target (bucket berwarna merah), kemudian menjatuhkan payload (bola) ke dalam bucket tersebut.
- Diameter bucket 70 cm. Di bawah bucket diberi alas karpet hijau berukuran 150 x 150 cm
- Payload berupa bola golf. Bola disediakan sendiri oleh tim peserta.
- Robot yang dapat menjatuhkan payload ke dalam bucket dinyatakan berhasil menyelesaikan *Autonomy Challenge*.



Drop Zone Bucket





KEMENTERIAN PENDIDIKAN,
KEBUDAYAAN, RISET
DAN TEKNOLOGI

Puspresnas
Pusat Prestasi Nasional

Balai Pengembangan
Talenta Indonesia

MERDEKA Kampus
BELAJAR Merdeka
INDONESIA JAYA

Informasi Lebih Lanjut

- <https://bpti.kemdikbud.go.id/>
- <https://pusatprestasinasional.kemdikbud.go.id/>
- <https://kontesrobotindonesia.id>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN,
KEBUDAYAAN, RISET
DAN TEKNOLOGI

Puspresnas
Pusat Prestasi Nasional

Balai Pengembangan
Talenta Indonesia

MERDEKA Kampus
BELAJAR Merdeka
INDONESIA JAYA



Sampai Jumpa di
Kontes Robot Indonesia 2024
Universitas Muhammadiyah Surakarta, 3-8 Juli 2024