

# IMPLEMENTASI MOBILE SENSOR UNTUK DETEKSI KEBOCORAN GAS MENGUNAKAN MEKANISME ACTIVE SENSING LOCALIZATION

## IMPLEMENTATION OF MOBILE SENSOR TO DETECT GAS LEAKS USING ACTIVE SENSING LOCALIZATION MECHANISM

I Kadek Nuary Trisnawan<sup>1</sup>, Agung Nugroho Jati, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Novera Istiqomah, S.T., M.T.<sup>3</sup>.  
<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>nuarytri@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>agungnj@telkomuniversity.co.id,  
<sup>3</sup>noveraistiqomah@telkomuniversity.ac.id

---

### Abstrak

Kebocoran gas merupakan salah satu permasalahan yang sering muncul di beberapa bidang industri, hal ini membuat beberapa kecelakaan yang terjadi karena keberadaan gas yang tidak dapat terdeteksi secara kasat mata. Perkembangan *mobile sensor* menjadi salah satu cara untuk menanggulangi kerugian baik dari materiil maupun non materiil. Sensor LiDAR dan sensor gas merupakan jenis sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi gas.

Pada Tugas Akhir ini, akan membahas bagaimana mendeteksi kebocoran gas pada suatu ruangan. Dibantu dengan metode SLAM sebagai navigasi dan gabungan metode *source-seeking* dan *active-sensing localization* sebagai pengidentifikasi titik-titik kebocoran, *mobile sensor* mengidentifikasi titik-titik kebocoran yang diambang batas normal. Setelah dilakukan finalisasi titik kebocoran gas, maka *mobile sensor* akan memberikan *feedback* kepada *user*.

Target capaian dalam penulisan proposal ini yaitu bagaimana *Mobile Sensor* dapat mengidentifikasi titik-titik yang terindikasi adanya kebocoran gas dan bisa mengidentifikasi nilai kebocoran dari titik tersebut. Dengan memanfaatkan sensor LiDAR dan sensor gas, diharapkan agar nilai yang didapatkan memiliki akurasi >85%.

**Kata kunci:** *SLAM, Mobile Sensor, source-seeking, dan active-sensing localization*

---

### Abstract

Gas leakage is one of the problems that often arises in several industrial fields, this makes several accidents that occur due to the presence of gas that cannot be detected by naked eye. The development of mobile sensors is one way to overcome losses both materially and non-materially. LiDAR sensors and gas sensors are types of sensors that can be used to detect gas.

In this Final Project, will discuss how to detect gas leaks in a room. Assisted with the SLAM method as a navigation and a combination of source-seeking methods and active-sensing localization as identifiers of leak points, the mobile sensors will identify leak points that are in the normal range. After finalizing the gas leak point, the mobile sensor will provide feedback to the user.

The achievement target in writing this proposal is how the Mobile Sensor can identify the points indicated by a gas leak and can identify the value of the leak from that point. By utilizing LiDAR sensor and gas sensor, it is expected that the value obtained has an accuracy of > 85%.

**Keywords:** *SLAM, Mobile Sensor, source-seeking, and active-sensing localization*

---

### 1. Pendahuluan

Kebocoran gas merupakan salah satu permasalahan yang sering muncul di beberapa bidang industri, hal ini membuat beberapa kecelakaan yang terjadi karena keberadaan gas yang tidak dapat terdeteksi secara kasat mata. Beberapa bidang industri pun mensiasati hal tersebut dengan memasang sensor gas di beberapa titik, namun hal tersebut belum efektif karena sifat gas yang dapat menebar dengan cepat [1]. Dewasa ini, perkembangan teknologi semakin pesat dan banyak robot-robot yang muncul dan membantu pekerjaan manusia di banyak bidang. Salah satu bidang yang banyak memanfaatkan robot adalah bidang industri. Salah satu yang saat ini dikembangkan adalah mobile sensor. Mobile sensor merupakan jenis robot yang memanfaatkan sensor-sensor yang membantu

mengidentifikasi beberapa hal seperti sensor gas, sensor api, sensor suhu, sensor ultrasonic, dan jenis sensor lainnya [1].

Mobile sensor ini sendiri memanfaatkan teknik navigasi SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Dengan metode ini kita dapat mengetahui bentuk lingkungan yang sebelumnya kita tidak ketahui. Hasil dari proses SLAM diselaraskan dengan sensor gas sehingga titik-titik yang mengandung gas dapat diidentifikasi dan mobile sensor dapat difungsikan menjadi autonomous mobile sensor yang bergerak menuju titik-titik gas yang telah diidentifikasi sebelumnya. Teknik SLAM memiliki beberapa metode untuk melakukan pemetaan, mulai dari menggunakan sensor ultrasonic, infra merah, kamera, hingga menggunakan Laser Detection and Ranging (LiDAR). Metode LiDAR dimanfaatkan bersamaan dengan menggunakan pendekatan AMCL (Adaptive Monte Carlo Localization). AMCL merupakan metode yang digunakan untuk melokalisasi mobile sensor di lingkungan yang belum dikenalnya yang berbasis particle filter. AMCL memanfaatkan particle filter untuk menentukan posisi mobile di dalam map yang sudah dibuat. Data hasil proses AMCL digabungkan dengan data hasil sensor gas untuk menentukan titik-titik yang diidentifikasi.

Beberapa hal yang mempengaruhi autonomous source-seeking adalah distribusi sinyal yang dipengaruhi oleh lingkungan dan alat itu sendiri. Dengan memanfaatkan source-seeking, banyak tugas-tugas kompleks yang berkaitan dengan pencarian bisa diselesaikan dengan mudah seperti operasi pencarian dan penyelamatan, pendeteksian bahan peledak, pendeteksian narkoba, pendeteksian bahan-bahan kimia, hingga pendeteksian polusi pada suatu wilayah tertentu. Untuk active-sensing localization berfungsi untuk memandu mobile sensor ke suatu titik untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang ambigu dan menghilangkan hipotesis secara sistematis dikarenakan telah dibuktikan langsung oleh mobile sensor [9].

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Mobile Sensor

Belakangan ini, *mobile robot* sudah mulai banyak digunakan oleh banyak kalangan untuk menyelidiki daerah berbahaya, menjelajahi lingkungan yang keras dan tidak dikenal, lalu mengelola dan memantau kualitas udara, dan masih banyak penggunaan lainnya. Dari banyaknya penggunaan tersebut, mulai lah banyak jenis perkembangan dari *mobile robot*, salah satunya adalah *mobile sensor*.

*Mobile sensor* merupakan pengembangan dari *mobile robot* yang dimana fokusnya dalam pengenalan lingkungan bersamaan dengan mendeteksi suatu partikel ataupun zat tergantung dari sensor yang terpasang pada mobile robot. *Mobile sensor* banyak dimanfaatkan dalam mengenali lingkungan yang telah terkontaminasi zat-zat berbahaya yang menyebabkan manusia tidak dapat melewatinya. Salah satu jenis *mobile sensor* yang saat ini sedang dikembangkan secara signifikan adalah TurteBot.

#### 2.1.1 TurtleBot 3

TurtleBot merupakan robot yang terbuat dari pelat modular yang memungkinkan penggunaannya untuk menyesuaikan bentuknya sesuai dengan keinginan. TurtleBot merupakan robot yang berbiaya rendah dimana *software* yang ada tersedia secara *open source*. TurtleBot dibuat di Willow Garage oleh Melonee Wise dan Tully Foote pada November 2010. Kit turtleBot terdiri dari bagian penggerak, sensor jarak 2D/3D, komputer laptop atau disebut SBC (Single Board Computer), dan kit perangkat keras untuk merakit turtleBot [4].

TurtleBot sendiri terdiri dari tiga jenis yaitu TurtleBot, TurtleBot 2, dan TurtleBot 3. Untuk TurtleBot pengembangan dan produksinya sudah dihentikan, sedangkan pada TurtleBot 2 terdapat empat tipe yang berbeda yaitu; TurtleBot 2, TurtleBot 2e, TurtleBot 2i, dan TurtleBot Euclid. Untuk tipe TurtleBot 3 yang merupakan tipe terbaru tersedia tiga tipe yang berbeda yaitu; TurtleBot Burger yang memiliki ukuran kecil, TurtleBot Waffle, dan TurtleBot Waffle Pi yang memiliki ukuran sedang.

Memanfaatkan SLAM sebagai teknologi utama dalam turtleBot, membuat robot ini cocok untuk menjadi robot penjelajah. TurtleBot bisa menjalankan algoritma SLAM dan membentuk peta untuk bergerak mengelilingi suatu ruangan. Selain itu, TurtleBot dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan laptop, joystick, atau smartphone berbasis Android. Pada turtleBot 3 terdiri dari beberapa komponen antara lain; Motor DC, OpenCR, Raspberry Pi 3, sensor LiDAR, dan baterai. Nantinya pada Raspberry Pi 3 akan

dipasang sistem operasi *Robot Operating System* (ROS) yang berfungsi sebagai pengolah data dan otak utama pada TurtleBot 3.



Gambar 1. TurtleBot 3

### 2.1.2 OpenCR

OpenCR merupakan papan pengontrol utama dari TurtleBot 3. OpenCR (Open source Control) modul yang dikembangkan untuk ROS, untuk sistem tertanam ROS yang memiliki perangkat keras dan perangkat lunak yang bersifat *open source* sepenuhnya. Seluruhnya mengenai *board, schematics, PCB Gerber, BOM, dan source code firmware* diberikan untuk user dan komunitas ROS sepenuhnya secara gratis. Pengembangan OpenCR secara terbuka bisa melalui Arduino IDE dan Scratch untuk siswa muda hingga pengembangan *firmware* untuk para ahli.

OpenCR menyediakan pin input / output digital dan analog yang dapat berinteraksi dengan *board* ekstensi atau berbagai jenis sensor. Memanfaatkan OpenCR yang kompatibel dengan Arduino IDE, program deteksi kebocoran gas menggunakan Bahasa C sebagai dasar untuk pemrogramannya. Dengan demikian, pemrosesan data tidak memerlukan terlalu banyak memori dan dapat mengurangi penggunaan daya baterai yang telah digunakan untuk memindahkan dan memproses data dari SLAM. Setelah data diperoleh oleh OpenCR, data mengenai kebocoran gas di kumpulkan pada Raspberry Pi 3 untuk diproses didalam ROS dan membentuk grafik sesuai dengan data yang ada.



Gambar 2. OpenCR

### 2.1.2 Sensor LiDAR

Teknologi *Laser Distance and Ranging* (LiDAR) adalah suatu metode pendeteksian objek yang menggunakan prinsip pantulan sinar laser untuk mengukur jarak objek yang ada di permukaan bumi. Metode ini merupakan metode yang paling efektif untuk mengumpulkan data tentang jarak ke objek di sekitarnya. Teknologi ini mendapatkan informasi lingkungan melalui sistem optik aktif. Perangkat LiDAR secara cepat menembakkan laser ke permukaan benda untuk mendapatkan jarak benda tersebut dengan sensor. Salah satu LiDAR yang berkembang saat ini adalah LDS-01. LDS-01 merupakan jenis sensor LiDAR bersifat 2D, dimana LDS-01 dapat berputar 360<sup>0</sup> untuk mengumpulkan data yang ada disekitar robot untuk nantinya digunakan pada SLAM. yang pemindai laser 2D yang mampu merasakan 360 derajat yang mengumpulkan satu set data di sekitar robot untuk digunakan untuk SLAM. Secara umum LiDAR memiliki beberapa komponen yang memiliki fungsi berbeda-beda dan membantu kinerjanya yaitu:

- Laser
- Pemindai Optik
- Photo Detector dan Receiver
- Navigasi dan system pemetaan

## 2.2. Sensor Gas

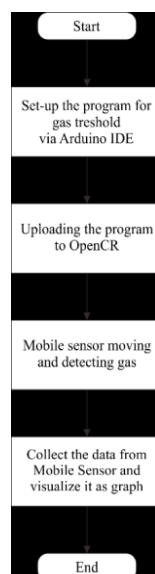
Sensor merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk mengubah sinyal fisik menjadi sinyal elektronik yang dibutuhkan komputer. Sensor gas merupakan komponen yang dapat mengukur kandungan gas pada suatu ruangan dan pada titik tertentu. Karakteristik dari sensor gas adalah menghasilkan nilai digital yang dikonversikan sesuai dengan tingkatan yang telah dibagi-bagi sesuai dengan kandungan gas tersebut. Sensor gas yang digunakan adalah sensor gas bertipe MQ-2. MQ-2 adalah sensor gas yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap jenis gas yang mudah terbakar seperti LPG, Propana, dan Hidrogen. Selain memiliki sensitivitas tinggi, MQ-2 dipilih karena harganya yang murah dan cocok untuk diaplikasikan pada objek yang berbeda-beda. Sensor gas MQ-2 Sensor nantinya dikonfigurasi melalui OpenCR. Dalam OpenCR, diatur sesuai dengan batas bawah dan batas atas gas yang akan dideteksi, sehingga menghindari pembacaan data yang menyesatkan. Karena sensitivitasnya yang tinggi dan waktu respons yang cepat, pengukuran dapat dilakukan sesegera mungkin. Dengan menempatkannya dalam tiga arah yang berbeda, nilai yang diperoleh akan lebih akurat dan tepat.



Gambar 3. Sensor Gas tipe MQ-2

## 3. Konfigurasi *Mobile Sensor*

Sebelum mengkonfigurasi *mobile sensor* agar siap digunakan, hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu adalah sensor gas. Sensor gas yang digunakan harus benar-benar berfungsi dan tidak salah dalam menghitung nilai kebocoran. Setelah sensor gas diidentifikasi sebagai baik dan tidak cacat, maka konfigurasi ambang batas untuk sensor gas dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya kebocoran gas. Gas yang akan dideteksi dalam penelitian ini adalah *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). LPG dipilih karena penggunaannya di hampir semua sektor industri. Konfigurasi menggunakan Bahasa C yang memanfaatkan platform Arduino IDE untuk mengatur ambang batas. Arduino IDE dipilih karena OpenCR pada *mobile sensor* mendukung platform Arduino IDE. Ambang LPG yang dikonfigurasi pada 1000 *part per million* (ppm) mengacu pada Standar Keselamatan di Indonesia di mana penelitian ini dilakukan [10]. Setelah itu, sensor dapat dihubungkan ke OpenCR untuk bersiap dikonfigurasi dengan *mobile sensor*. Cara kerja sensor gas dapat dilihat pada Gambar. 4



Gambar 4. Cara kerja pendeteksian gas

#### A. Menghubungkan Sensor Gas dan *Mobile Sensor*

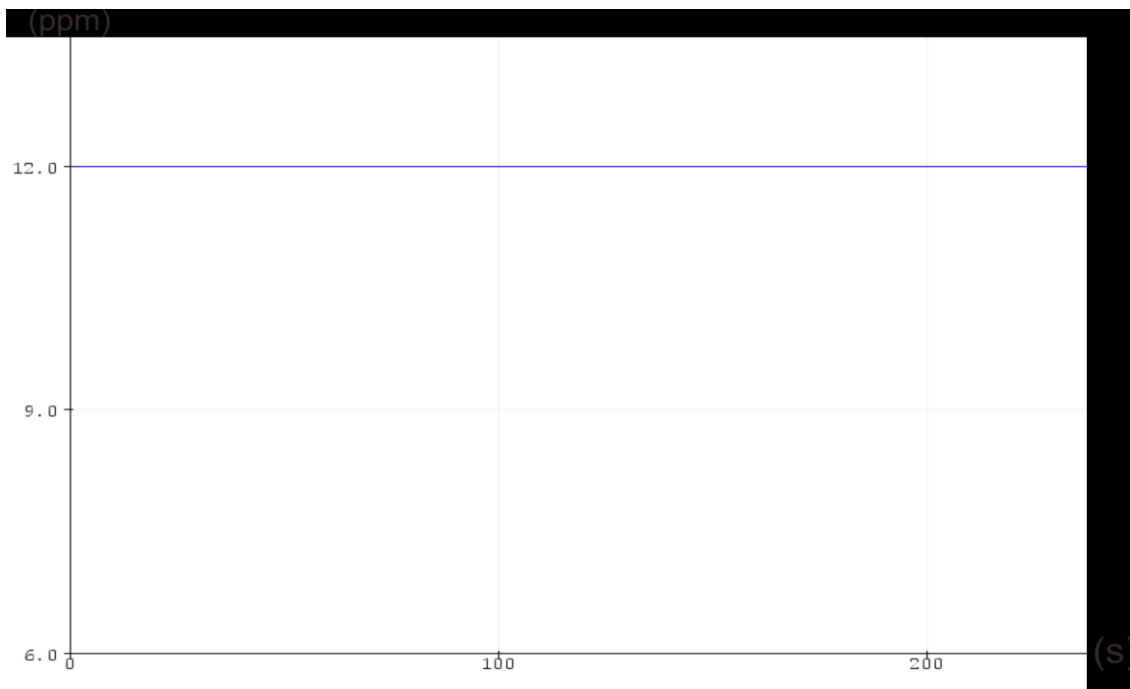
Menghubungkan sensor gas dengan *mobile sensor* adalah langkah paling penting agar sensor seluler berfungsi dengan baik. Pada tahap ini, sensor gas akan terhubung ke OpenCR dan program pendeteksian kebocoran gas akan diunggah ke OpenCR untuk memastikan sensor gas berfungsi dengan baik dan dapat dideteksi. Program dibuat menggunakan bahasa C yang diimplementasikan pada Arduino IDE.

#### B. Menggerakkan *Mobile Sensor*

Setelah sensor gas dipasang dan berfungsi dengan baik, langkah selanjutnya adalah menggerakkan *mobile sensor*. Menggunakan metode SLAM sebagai metode untuk pergerakan *mobile sensor* sehingga pergerakan robot dapat secara otomatis. Saat bergerak, sensor gas juga bekerja secara bersamaan untuk merekam nilai pada titik-titik yang ditunjukkan sebagai kebocoran gas. Nilai yang diperoleh sebelumnya, kemudian dikirim ke OpenCR untuk disimpan dan diproses menjadi grafik.

#### C. Visualisasi Nilai Kebocoran Gas menjadi Grafik

Setelah nilai yang didapatkan disimpan dan diolah pada OpenCR, langkah terakhir adalah membuat visualisasi berupa grafik agar nilai yang didapatkan lebih mudah dibaca. Grafik dapat dibentuk melalui platform Arduino IDE dengan mengklik Tools → Serial Plotter maka akan muncul grafik seperti gambar dibawah dimana menunjukkan nilai yang didapatkan masih normal yaitu 12 ppm.



Gambar 5. Grafik nilai kebocoran gas saat normal

#### 4. Pengujian

Percobaan dilakukan di ruang tertutup 4x3 meter yang telah dibuat dan disiapkan sebelumnya. Bentuk ruangan itu sendiri dibuat menyerupai ruang kantor dengan beberapa penghalang dan rintangan. Ruangan yang digunakan sengaja ditutup, untuk menghindari kesalahan pengukuran dengan LiDAR, dan area itu dibersihkan dari kehadiran manusia. Selain itu, juga untuk menghindari penyebaran gas eksperimental yang tidak diharapkan dan membahayakan lingkungan. Eksperimen pertama yang dilakukan adalah untuk memeriksa efektivitas prosedur eksplorasi dan pemetaan. Jadi, *mobile sensor* pertama kali ditempatkan secara acak, untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk eksplorasi dan pemetaan. Selain itu, hal ini untuk mengukur keakuratan *mobile sensor* dalam memindai ruangan. *Mobile sensor* berhasil mengikuti dinding bagian kanan, menghindari rintangan, menyelesaikan putaran, dan kembali ke titik awal dan menyelesaikan eksplorasi tanpa ada masalah. Setelah peta virtual lingkungan dibuat dengan benar, *mobile sensor* disiapkan untuk percobaan lain.

Eksperimen berikutnya didasarkan pada pengujian yang sebelumnya, namun yang membedakan adalah sensor gas mengambil sampel bersamaan dengan *mobile sensor* yang menjelajahi ruangan. Ketika *mobile sensor* bergerak secara acak, secara simultan nilai yang diperoleh oleh sensor gas diproses dan kemudian membentuk grafik yang nilai minimum dan maksimumnya telah ditentukan.

Eksperimen terakhir adalah menguji keakuratan sensor gas dalam mendeteksi kebocoran berdasarkan indikator jarak yang telah ditentukan. Jarak yang digunakan adalah 0,10, dan 20 cm menggunakan korek api sebagai pengganti kebocoran gas. Korek api dipilih karena kandungan gasnya sama, yaitu LPG. Setiap jarak diuji 10 kali dan rata-rata dihitung sebagai nilai akhir. Pada jarak 0 cm, terlihat bahwa sensor gas menangkap nilai kebocoran gas dengan akurasi tinggi. Sedangkan pada jarak 10 cm nilai yang terdeteksi tidak mencapai 200 ppm dan pada jarak 20 cm nilai yang terdeteksi tidak mencapai 100 ppm. Nilai hasil eksperimen dapat dilihat pada tabel 1 mulai dari percobaan pertama hingga rata-rata akhir.

Tabel 1. Hasil pengujian akurasi sensor gas berdasarkan jaraknya.

Jarak	Percobaan (in ppm)										Rata-rata (ppm)
	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7	Ke-8	Ke-9	Ke-10	
0 cm	596	598	600	602	604	606	608	610	611	613	604,8
10 cm	107	106	105	103	101	99	98	97	96	95	100,7
20 cm	47	47	46	46	46	46	45	45	45	45	45,8

#### 5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, disajikan sebuah metodologi untuk mendeteksi kebocoran gas di dalam ruangan dan pada lingkungan yang tertutup menggunakan *mobile robot*. Tujuan utama dari *mobile robot* adalah mendeteksi kebocoran gas yang terjadi disuatu ruangan yang tertutup. *Mobile sensor* mampu menjelajahi lingkungan tertutup secara otomatis dengan memanfaatkan metode SLAM yang berbasis sensor LiDAR. Selain itu, *mobile sensor* juga berhasil memetakan titik-titik yang terindikasi ada kebocoran gas dengan memanfaatkan sensor gas tipe MQ-2 dan membentuk nilai tadi pada sebuah grafik. Dari hasil percobaan yang disajikan pada Tabel 1, dapat dianalisa bahwa jarak dari sensor dengan titik kebocoran gas berbanding terbalik dimana semakin kecil jarak diantara keduanya semakin akurat dan baik kinerja dari sensor gas MQ-2. Hal ini disebabkan oleh sifat alami dari gas yang memenuhi ruangan sehingga semakin jauh jarak sensor gas dengan gasnya, semakin kecil nilai yang akan terdeteksi. Seiring dengan pekerjaan di masa depan, diharapkan berbagai jenis sensor gas akan diimplementasikan dalam *mobile sensor* untuk menyesuaikan dan meningkatkan akurasi dan efisiensi *mobile sensor* di jenis lingkungan yang lebih ekstrim atau tidak dikenali sebelumnya.

**Daftar Pustaka:**

- [1] G. Bonow, A. Kroll, "Gas leak localization in industrial environments using a TDLAS based remote gas sensor and autonomous mobile robot with the Tri-Max method", 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 987-991, 2013.
- [2] D. Martinez, et al., "Preliminary results on measuring gas and wind intensity with a mobile robot in an indoor area", Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), 2014.
- [3] T. Data, "MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas," *Pololu*, p. 2, 2016.
- [4] Diksha Singh, Esha Trivedi, Yukti Sharma, and Vandana Virajan. "TurtleBot: Design and Hardware Component Selection", 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), 2018.
- [5] Liu Cheng, Wang Junping, Zhang Zhaohui, Bian Xu, and Mei Xuesong, "SLAM for Planar Mobile Robot". 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic, and Automation Control Conference (IMCEC), 2018.
- [6] Sang Young Park, Gui Hyung Lee, "Mapping and Localization of Cooperative Robots by ROS and SLAM in Unknown Working Area", Proceedings of the SICE Annual Conference 2017, pp. 858-861, 2017.
- [7] "ROBOTIS e-Manual", *ROBOTIS e-Manual*. [Online]. Available: <http://emanual.robotis.com/docs/en/parts/controller/opencr10/>. [Accessed: 14- Jun- 2019].
- [8] Ahmad Adamu G., "Arduino as learning tool", 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014.
- [9] Pavlo Denysyuk, Vasyl Teslyuk, and Iryna Chorna, "Development of mobile robot using LIDAR technology based on Arduino controller". 2018 XIV-Th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018.
- [10] Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi, "Permenakertrans No. Per.13/MEN/X 2011,"2011.