

Implementasi Sistem *Path Planning* dan *Routing* untuk *Mobile Robot* Berbasis *Visible Light Communication*

Implementation of Path Planning and Routing System Based-on Visible Light Communication for Mobile Robot

Rizki Amirullah¹, Angga Rusdina², Denny Darlis,³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹rizkiam@student.telkomuniversity.ac.id, ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

³denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi robot pada saat ini sangatlah berpengaruh bagi kehidupan masyarakat milenial sekarang. Terkhusus pada bidang robot yang berkembang dan selalu dimanfaatkan atas kontribusinya untuk menjadi solusi penyelesaian masalah, peran dan fungsi robot yang diharuskan untuk mempermudah pekerjaan manusia adalah hal yang penting, karena di zaman sekarang banyak pekerjaan manusia yang bisa digantikan oleh robot salah satunya yaitu *mobile robot* dengan sistem *autonomous*, robot yang bisa bergerak sendiri dengan sistem yang sudah ditetapkan dan diatur sedemikian rupa untuk menghemat waktu dan efisiensi. Tugas akhir ini mengimplementasikan sebuah sistem untuk *mobile robot* bergerak sesuai jalur yang sudah ditentukan dan pemilihan rute jalur terpendek. Proses pemanduannya menggunakan rangkaian lampu LED sebagai pengirim sinyal dan *photodiode* sebagai penerima data navigasi. Robot yang diterapkan pada tugas akhir ini dapat mendeteksi sinyal lampu yang dikirimkan oleh LED dan menerima data koordinat secara realtime dengan rata-rata 1,76 detik, robot bergerak dengan posisi dan tujuan yang diatur dari lampu dengan nilai error rata-rata 4,35% dan selisih jarak 2,98 cm dari jarak awal, pencarian rute terpendek dengan A* bekerja secara langsung pada saat ada rintangan dan tata letak jalur yang sudah ditentukan. Hasil Tugas Akhir ini bisa dilihat bahwa *path planning* dengan VLC ini dapat di implementasikan pada di *mobile robot* yang ada pada dunia indsutri, kesehatan dll.

Kata Kunci : *Visible Light Communication, Path planning, Algoritma A**

1. Abstract

The development of robot technology at this time is very influential for the life of millennial society today. Especially in the field of robots that are developing and are always being used for their contribution to be solutions to problem solving. Especially the roles and functions of robots that are required to facilitate human work are important, because in this day and age many human jobs can be replaced by robots, one of which is a mobile robot with an autonomous system, a robot that can move on its own with a system that has been set and regulated in such a way way to save time and efficiency.

This final project implements a system to make it easier for a mobile robot to move according to a predetermined path and the selection of the shortest path route. The guiding process uses a series of LED lights as a signal sender and a photodiode as a navigation data receiver. The robot that is applied in this final project can detect the light signal sent by the LED and receive realtime coordinate data with an average of 1.76 seconds, the robot moves with the position and purpose set from the lamp with an average error value of 4.35%. and the distance difference is 2.98 cm from the initial distance, the search for the shortest route can be done directly by using the VLC concept and the layout of the path that has been determined. Battery capacity is also very influential on the speed of the robot with the use of 16V to 14.5V. The results of this final project can be seen that path planning with VLC can be implemented in mobile robots in the world of industry, health, etc.

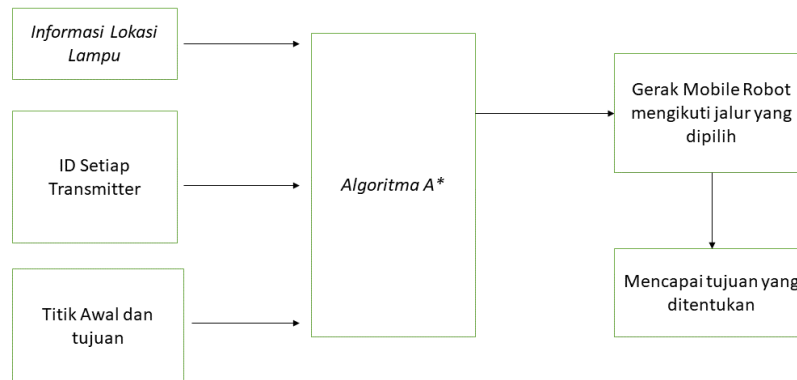
Keywords: *Visible Light Communication, Path Planning, Algorithm A**

2. Pendahuluan

Perkembangan Teknologi di bidang riset robot pada zaman modern seperti sekarang mulai menjadi sangat berkembang di kalangan milenial terutama fungsi dan peran robot yang sangat membantu pekerjaan manusia. Mobile Robot adalah salah satu contoh dari implementasi robot yang bisa membantu pekerjaan manusia. Berdasarkan permasalahan diatas, penulis merancang suatu sistem Path Planning yang ada pada sistem control Mobile Robot untuk menentukan arah pada pergerakan Mobile robot dan melakukan perancangan grid lintasan yang sesuai dengan tujuan dan perancangan lampu yang mendukung konsep VLC ini untuk menangkap objek cahaya yang ada di atas ruangan.

3. Dasar Teori

3.1 Prinsip Kerja Sistem



Gambar 3-1 Prinsip Kerja sistem

Gambar II-1 Dalam mencapai tujuan dari penerapan sistem *Path planning* dengan menggunakan VLC. Mobile Robot mampu mengidentifikasi posisi dengan konsep *visible light communication*, yang dapat memanfaatkan cahaya yang bersumber dari LED pada jalur tersebut. Robot dapat membedakan identitas data yang dikirimkan oleh lampu di setiap node. . Setiap lampu oleh node dapat saling mengirim posisi dan menerima robot dengan sensor cahaya, sehingga selain informasi yang menunjukkan posisi lampu LED Dalam implementasi perancangan Algoritma A* Search, terdapat beberapa data yang dibutuhkan agar algoritma ini dapat diimplementasikan agar robot dapat digunakan, data yang dibutuhkan antara lain:

1. Skema lintasan yang dirancang khusus sebagai lintasan robot
2. Track yang terdiri dari grid, yang membentuk beberapa node yang merepresentasikan sumbu x dan y
3. Node berupa grid yang merepresentasikan area pencarian untuk rute terpendek
4. Node yang menentukan posisi awal dan arah robot
5. Tujuan yang ditetapkan sebagai koordinat target robot
6. Robot hanya bisa bergerak maju, berhenti, kanan, kiri, dan tidak bisa bergerak secara diagonal.

a. Path Planning

Path Planning adalah metode untuk menemukan kan jalur yang akan menjadi sebuah tujuan dari sebuah mobile robot tersebut, *path planning* juga mampu menemukan jalur terpendek atau optimal antara dua titik. *Path* yang optimal belum tentu yang terpendek, ada hal yang perlu dipertimbangkan seperti jumlah belok dan berhenti untuk robot itu melakukan pergerakan [4].

Path Planning adalah suatu metode yang digunakan untuk memetakan atau membuat jalur pada suatu perjalanan dari titik A ke C.

3 asumsi dasar *path planning* pada robot adalah :

1. Robot mengenali daerah sekitarnya seperti indera yang terdapat pada manusia.
2. Adanya obstacle (hambatan) dapat mengganggu indera pengenalan pada robot
3. Robot mengetahui koordinat dan orientasinya (seperti menggunakan gps). [5]

b. Visible light Communication

Arti dari Komunikasi cahaya tampak (*Visible light communication / VLC*) adalah teknologi komunikasi yang berkembang untuk aplikasi jarak pendek. Memanfaatkan kemajuan terkini dalam pengembangan *LED* yang memancarkan cahaya tampak berdaya tinggi. Pemanfaatan menggunakan *VLC* ini juga merupakan terobosan karena mampu memanfaatkan cahaya untuk mengirimkan data yang diterima robot atau device dengan panjang gelombang 400Hz (780 nm) dan 800 THz (375 nm) [10].

c. Algoritma A*

Algoritma A* merupakan algoritma *best first search* yang melakukan traversal satu per satu pada setiap simpul untuk memperoleh lintasan terpendek pada suatu graf. [6].

Algoritma A* mencari estimasi jalur dengan nilai terkecil dari titik awal ke selanjutnya sampai titik akhir. Algoritma A* memiliki suatu fungsi yang disimbolkan dengan $f(n)$ untuk menetapkan jarak terpendek yang ditempuh dengan rumus sebagai berikut :

$$f(n) = g(n) + h(n) \dots \dots \dots$$

Dengan keterangan :

n = node

$g(n)$ = nilai node awal ke n

$h(n)$ = nilai n ke node akhir

$f(n)$ = nilai untuk menentukan node selanjutnya dalam lintasan

Untuk Lintasan berbentuk grid, menggunakan koordinat untuk menentukan posisi node, kemudian grid untuk memudahkan ketepatan posisi sehingga dapat di implementasikan Algoritma A*[7].

Karena lintasan berbentuk grid, $g(n)$ adalah *movecost* dan tiap koordinat antara node dengan node berikutnya bernilai 1 (satu) satuan grid. Lalu untuk nilai $h(n)$ dapat dicari dengan fungsi berikut :

$$x(n) = \text{abs}(\text{node}.x(n) - \text{goal}.x(n))$$

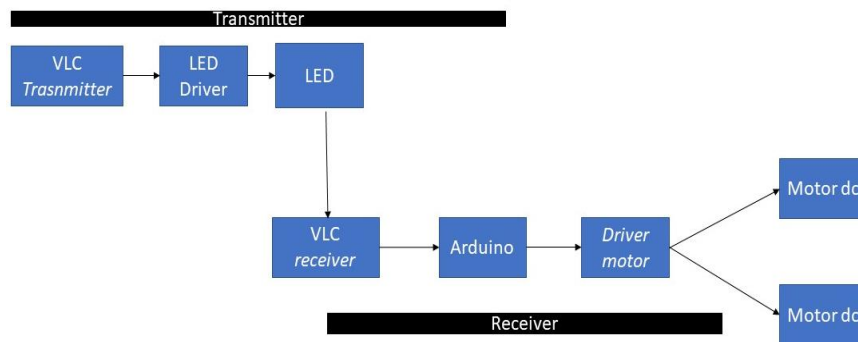
$$y(n) = \text{abs}(\text{node}.y(n) - \text{goal}.y(n))$$

$$h(n) = (x(n)+y(n)) \dots \dots \dots (2)$$

$$h(n) = \sqrt{(Xn - Xgoal)^2 + (Yn - Ygoal)^2} \text{Fuzzy Logic}$$

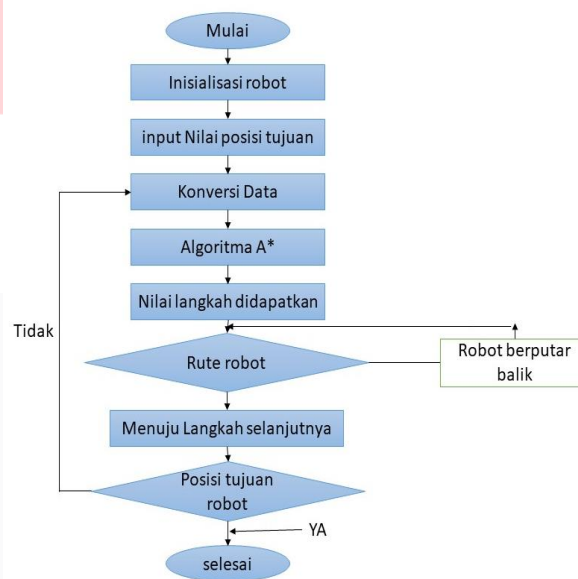
2 Perancangan Sistem

a. Desain Sistem



Gambar 2-1 Desain Sistem

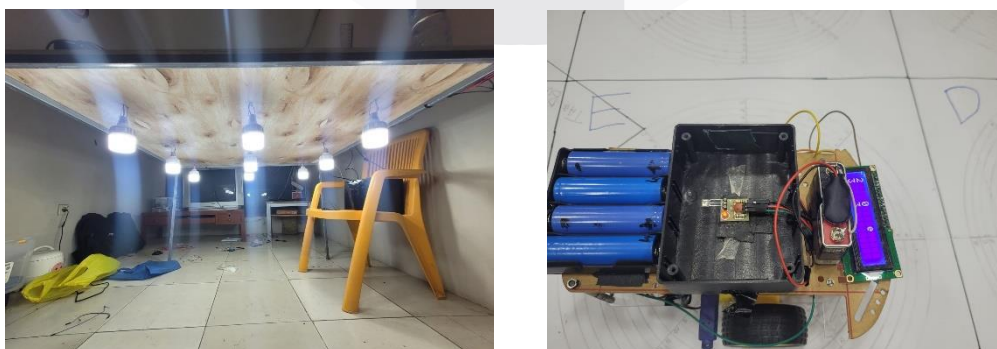
b. Diagram Alir (Flowchart) Sistem



Gambar 2-2 Diagram Alir Sistem.

Robot mulai dengan insialisasi secara manual untuk menentukan posisi awal robot, titik awal robot dan titik tujuan dari robot kemudian di compile dan konversi perhitungan A* kemudain nilai pergerakan langkah diperoleh dan robot bergerak menuju titik yang akan dilewati menuju tujuan yang sudah ditentukan

c. Implementasi Tranmitter dan receiver



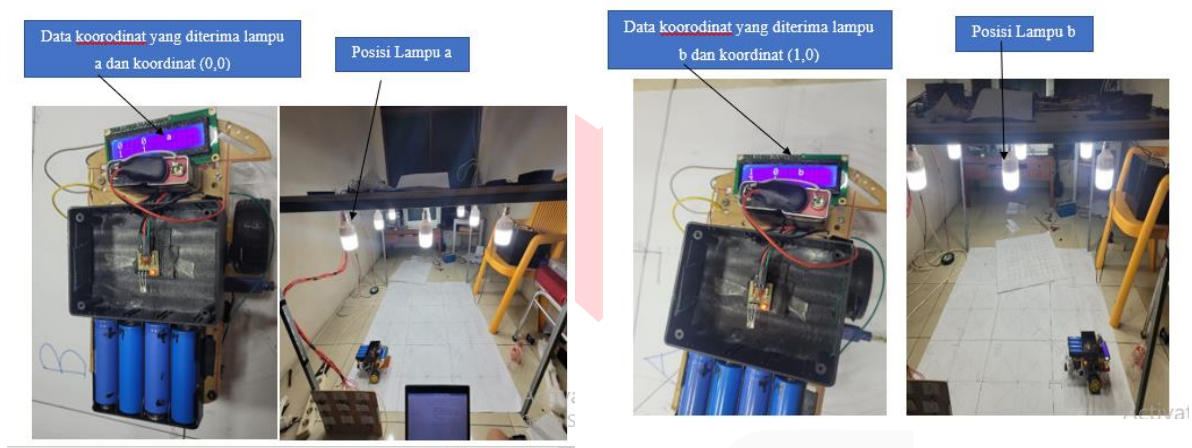
Gambar 2-3 Desain Perangkat Keras.

Gambar 3-3 adalah desain perangkat keras atau implementasi transmitter berupa 9 led dan receiver berupa mobile robot dengan sensor laser untuk menangkap cahaya yang dikirimkan oleh transmitter

3 Hasil dan Analisis

a. Pengujian Pembacaan Data id lampu berdasarkan posisi robot

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pada saat *receiver* dengan menggunakan Sensor laser di robot menerima data dengan tepat dengan waktu menangkap data dan menampilkan data id lampu di LCD dengan jarak dari lampu ke sensor yaitu 80 cm dengan 5 kali percobaan pada setiap lampu saat sensor menerima data



Gambar 3-1 Koordinat lampu a dan b dengan posisi robot

a. Pengujian nilai lux dan sinyal osiloskop

Pengujian yang dilakukan pada parameter nilai lux pada jarak lampu dengan 2 meter dan bertujuan mengetahui hubungan terhadap sensor laser apakah *receiver* bisa menerima pancaran cahaya lampu yang sudah ditentukan dengan robot mencapai titik tujuan.

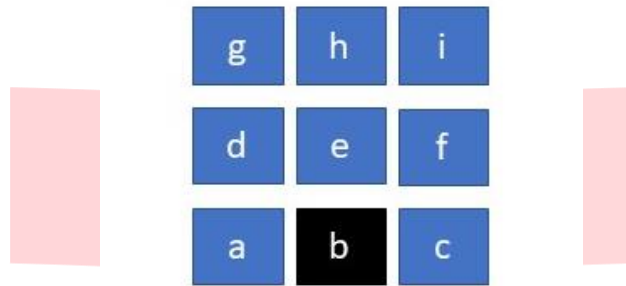


Grafik 3-1 Hasil Pengujian nilai lux

Berdasarkan gambar 4.5 diatas bisa dilihat bahwa semakin jauh pembacaan jarak sensor ke lampu, semakin mengecil juga nilai dari lux meter jadi pembacaan sensor juga semakin akurat jika dengan jarak semakin dekat dan sebaliknya, dan jika pembacaan sensor semakin jauh maka tegangan yang diterima juga akan semakin mengecil yang diterima ke *receiver*.

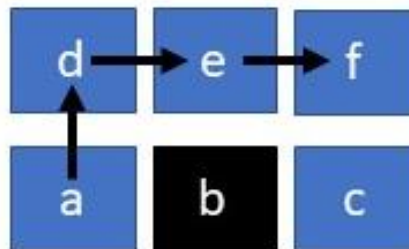
b. Pengujian *Path planning* dan *routing* menggunakan Algoritma A* dengan rintangan pada 6 grid lampu

Pengujian Algoritma A* dengan posisi titik awal di lampu a menuju titik f dan titik b sebagai rintangan dilakukan sebanyak 30 kali. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membuktikan apakah algoritma A* dapat diimplementasikan pada kondisi dimana terdapat titik rintangan pada lampu dan dapatkah robot memilih rute tercepat lainnya menuju titik tujuan. Hasil pergerakan yang dilakukan robot untuk mencapai **led f** dengan rintangan pada **led b**. Robot akan berubah arah menghadap **led d** lalu lurus lagi ke **led d**, lalu lurus lagi ke **led e**, lalu lurus lagi ke **led f**.



Gambar 3-2 Skema Pengujian

Pengujian pada tahap ini dilakukan percobaan yang dilakukan robot yang bergerak menuju posisi destinasi tujuan berbeda. Bentuk skema 3x2 yang artinya terdapat 6 rute lintasan yang dapat dilewati robot ditambahkan berupa satu rute yang tidak dapat dilewati sebagai rintangan. Setelah memilih set point rute start, sebagai posisi awal robot pada lintasan kemudian menentukan led posisi destinasi yang menjadi tujuan robot



Ke	LED d			LED e			LED f		
	Jarak tempuh (cm)	Selisih jarak (cm)	Error (%)	Jarak tempuh (cm)	Selisih jarak (cm)	Error (%)	Jarak tempuh (cm)	Selisih jarak (cm)	Error (%)
1	40	41	0,025	80	84	0,05	120	120	0
2	40	41	0,025	80	82	0,025	120	120	0
3	40	40,5	0,0125	80	83	0,0375	120	124	0,03333333
4	40	40	0	80	82	0,025	120	120	0
5	40	40,1	0,0025	80	83	0,0375	120	123	0,025

6	40	42	0,05	80	80	0	120	120	0
7	40	43	0,075	80	85	0,0625	120	125	0,04166667
8	40	44	0,1	80	80	0	120	120	0
9	40	44	0,1	80	86	0,075	120	120	0
10	40	45	0,125	80	80	0	120	120	0
11	40	44	0,1	80	87	0,0875	120	127	0,05833333
12	40	43,5	0,0875	80	80	0	120	120	0
13	40	40	0	80	84	0,05	120	124	0,03333333
14	40	40,5	0,0125	80	82	0,025	120	122	0,01666667
15	40	40	0	80	88	0,1	120	128	0,06666667
16	40	40	0	80	86	0,075	120	126	0,05
17	40	42	0,05	80	82	0,025	120	122	0,01666667
18	40	41	0,025	80	82	0,025	120	120	0
19	40	40,5	0,0125	80	81	0,0125	120	121	0,00833333
20	40	41,5	0,0375	80	83	0,0375	120	123	0,025
21	40	42	0,05	80	80	0	120	120	0
22	40	44	0,1	80	82,5	0,03125	120	120,5	0,00416667
23	40	40	0	80	82	0,025	120	122	0,01666667
24	40	42	0,05	80	84	0,05	120	124	0,03333333
25	40	41	0,025	80	86	0,075	120	126	0,05
26	40	41	0,025	80	84	0,05	120	124	0,03333333
27	40	43	0,075	80	82	0,025	120	122	0,01666667
28	40	41	0,025	80	85	0,0625	120	125	0,04166667
29	40	42	0,05	80	81	0,0125	120	121	0,00833333
30	40	42,5	0,0625	80	83	0,0375	120	123	0,025

Dengan adanya LED yang diberi rintangan didalam program pada lintasan membuktikan bahwa algoritma A* dapat diimplementasikan untuk dapat menentukan rute terpendek pada robot dan semakin membuktikan juga bahwa dapat digunakan untuk menentukan rute terpendek dan *path planning* dengan kondisi lintasan dengan atau tanpa rintangan. Bisa dibandingkan dengan lintasan tanpa rintangan, rute yang dilalui robot akan berbeda dengan yang tanpa halangan.

4 Kesimpulan

Setelah dilakukan tahap perancangan dan pembuatan alat serta dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisis, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma A* pada *mobile robot* berdasarkan pengujian dapat diimplementasikan dan bekerja pada saat robot mendeteksi rintangan dan mencari rute lainya untuk menuju posisi awal ke tujuan.
2. *Mobile robot* dapat bergerak berdasarkan posisi yang dikirim oleh data ID lampu dan Algoritma A* pada saat posisi sensor menangkap data dengan jarak 80cm ke robot .
3. Pengaturan nilai PWM mempengaruhi pergerakan robot hal ini digunakan untuk menghasilkan belokan yang sempurna.

REFERENSI

- [1] S. C. Yun, S. Parasuraman, and V. Ganapathy, "Dynamic path planning algorithm in mobile robot navigation," *2011 IEEE Symp. Ind. Electron. Appl. ISIEA 2011*, pp. 364–369, 2011, doi: 10.1109/ISIEA.2011.6108732.
- [2] A. P. Ardi, I. S. Aulia, R. A. Priramadhi, and D. Darlis, "VLC-Based Car-to-Car Communication," *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 20, no. 1, p. 16, 2020, doi: 10.14203/jet.v20.16-22.
- [3] M. Fakhruddin, R. A. P. B. S. Aprillia, S. Si, and M. Si, "IMPLEMENTASI ALGORITME A * PADA SISTEM PERGERAKAN ROBOT DI GUDANG A * ALGORITHM IMPLEMENTATION ON MOVEMENT SYSTEM ROBOT IN THE WAREHOUSE."
- [4] J. Susanto, "Navigasi Mobile Robot Menggunakan Dynamic Path Planning Algorithm Berbasis Genetic Algorithm," 2017.
- [5] T. Ersson and X. Hu, "Path planning and navigation of mobile robots in unknown environments," *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, vol. 2, no. November 2014, pp. 858–864, 2001, doi: 10.1109/iros.2001.976276.
- [6] A. I. Fuad and M. Ahsan, "Penerapan Metode a * Pada Game Mobile Learning Pemilihan Sampah Organik Dan Anorganik Berbasis," pp. 1–6, 2014, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/185176/penerapan-metode-a-pada-game-mobile-learning-pemilihan-sampah-organik-dan-anorga>.
- [7] J. Matematika, U. N. Semarang, P. Hart, and N. Nilsson, "Penerapan Algoritma a* Dalam Penyelesaian Rute Terpendek Pendistribusian Barang," *Unnes J. Math.*, vol. 4, no. 1, 2015, doi: 10.15294/ujm.v4i1.7413.
- [8] M. Kom, M. Kom, S. I. Komputer, and U. Pakuan, "Di Kota Bogor Dengan Menggunakan Algoritma a *," vol. 16, no. 1, pp. 245–253, 2019.
- [9] S. Arnon and C. Engineering, *Visible-Light-Communication-Shlomi-Arnon*. 2015.
- [10] I. S. Aulia, R. A. Priramadhi, and D. Darlis, "CAR TO CAR COMMUNICATION BERBASIS VLC : PERANCANGAN PEMBACA DATA ENGINE CONTROL UNIT (ECU) PADA MOBIL (CAR TO CAR COMMUNICATION BASED ON VLC : DESIGNING A DATA ENGINE CONTROL UNIT (ECU) READER ON CARS)."
- [11] J. Armstrong, Y. Sekercioglu Ahmet, and A. Neild, "Visible light positioning: A roadmap for international standardization," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 51, no. 12, pp. 68–73, 2013, doi: 10.1109/MCOM.2013.6685759.
- [12] J. Luo, L. Fan, and H. Li, "Indoor Positioning Systems Based on Visible Light Communication: State of the Art," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2871–2893, 2017, doi: 10.1109/COMST.2017.2743228.
- [13] I. N. K. Wardana, "Penerapan Laptop-based Robot Sebagai Pramusaji Restoran," pp. 9–10, 2015.
- [14] Y. Ichikawa and N. Ozaki, "AUTONOMOUS MOBILE ROBOT.," *J. Robot. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 135–144, 1985, doi: 10.1016/s1474-6670(17)54619-4.
- [15] R. I. S. and H. Hartono, "Rancang Bangun Pulse Width Modulation (PWM) Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Penelit.*, vol. 3, no. 1, pp. 50–58, 2018, doi: 10.46491/jp.v3e1.31.50-58.
- [16] "Kendali Gerak robot pada sistem navigasi dengan VLC."
- [17] T. Do, K. Ho, and C. Minh, "Survei Mendalam Sistem Pemosisian Berbasis Komunikasi Cahaya Terlihat," 2016.
- [18] V. Mutiana, F. Amastini, and N. Mutiara, "Optimasi Pencarian Jalur dengan Metode A-Star Studi Kasus: Area Gading Serpong, Tangerang," *Ultimatics*, vol. V, no. 2, pp. 42–47, 2013.

