

Rancang Bangun Multi Robot untuk Penentuan *Leader-Follower* dengan Komunikasi *Bluetooth* HC-05 dan Sensor Warna TCS34725

HAGI PRADANA, NIKEN SYAFITRI

Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : hagiprdana@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingkah laku semut dalam mencari makanan. Rancang bangun ini menggunakan modul infrared, sensor warna TCS34725, Arduino Nano, dua LED, driver motor L298N, dua motor dc dan Bluetooth HC-05. Pada penelitian ini dilakukan pengujian jarak komunikasi bluetooth didapat pairing time tercepat 3,7 detik dan terlama 10,51 detik. Mengatur potensiometer pada modul infrared agar mendeteksi obstacle pada jarak 10 cm. Sensor TCS34725 pada warna merah didapat nilai $158 \leq R \leq 243$, $46 \leq G \leq 69$, $42 \leq B \leq 55$ dan warna hijau didapat nilai $34 \leq R \leq 159$, $95 \leq G \leq 154$, $57 \leq B \leq 71$. Adapun fungsional robot dalam menentukan leader-follower hingga robot follower mencari posisi leader dengan membaca warna posisi leader (hijau) sebanyak 8 kali percobaan pada lima posisi (H, I, J, K dan L). Di mana pada posisi tercepat (I) didapat rata-rata 81,6 detik dan posisi terlama (K) dengan rata-rata 116,9 detik.

Kata kunci: bluetooth HC-05, inframerah, leader-follower, multi robot, TCS34725

ABSTRACT

This research is motivated by the behaviour of ants in finding food. This design uses an infrared module, TCS34725 colour sensor, Arduino Nano, two LEDs, L298N motor driver, two dc motors and Bluetooth HC-05. In this study, testing the distance of bluetooth communication obtained the fastest pairing time of 3.7 seconds and the longest of 10.51 seconds. Set the potentiometer on the infrared module to detect obstacles at a distance of 10 cm. TCS34725 sensor in red colour obtained value $158 \leq R \leq 243$, $46 \leq G \leq 69$, $42 \leq B \leq 55$ and green colour obtained value $34 \leq R \leq 159$, $95 \leq G \leq 154$, $57 \leq B \leq 71$. The functional of the robot in determining the leader-follower until the follower robot looks for the leader position by reading the colour of the leader position (green) for 8 trials in five positions (H, I, J, K and L). Where in the fastest position (I) an average of 81.6 seconds is obtained and the longest position (K) with an average of 116.9 seconds.

Keywords: bluetooth HC-05, infrared, leader-follower, multi robot, TCS34725

1. PENDAHULUAN

Swarm robot merupakan robot-robot yang saling bekerja sama seperti kumpulan serangga untuk mengerjakan sebuah pekerjaan (**Ariansyah & Sella, 2022**). *Swarm robot* dapat didefinisikan sebagai studi perancangan beberapa robot yang dapat bekerja secara kolektif untuk menyelesaikan suatu tugas tertentu (**Sahin, 2005**). Robot - robot ini harus dapat menentukan setidaknya satu informasi mengenai posisi relatif, orientasi, dan kecepatan robot lain (**Arvin, Samsudin, & Ramli, 2009**).

Ada beberapa kemungkinan aplikasi *swarm robot* seperti eksplorasi, pengawasan, pencarian, penyelamatan, pembersihan, inspeksi dan pengangkutan barang-barang. Inspirasi utama untuk *swarm robot* berasal dari pengamatan hewan yang hidup berkoloni. Di mana individu yang sederhana bisa mengerjakan pekerjaan kompleks ketika mereka berkumpul dan bekerja sama (**Brambilla, Ferrante, Birattari, & Dorigo, 2013**).

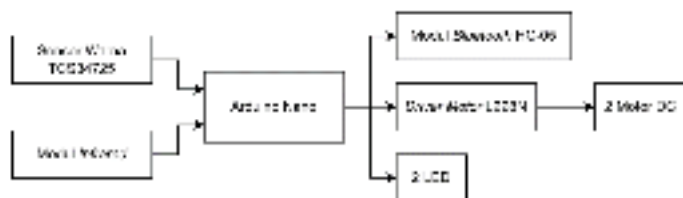
Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Putu Agus Antara Adiputra tahun 2017 yaitu "*Swarm Robot* menggunakan Sistem Koordinasi Suara untuk Mencari Sumber Gas" diaplikasikan untuk mempermudah manusia dalam mencari dan menentukan sumber gas yang bocor menggunakan komunikasi suara (**Adiputra, 2017**). Sementara itu, pada penelitian yang akan dilakukan diaplikasikan untuk mencari warna sebagai pemicu robot *leader* dan penentuan posisi robot *leader*.

Oleh karena itu untuk menuju ke aplikasi *swarm robot*, penelitian ini diajukan rancang bangun dua multi robot untuk penentuan *leader-follower* dengan komunikasi *bluetooth* HC-05 dan sensor warna TCS34725. Semua robot bergerak mencari warna sebagai pemicu (makanan pada semut) dan tidak mempunyai leader (pemimpin). Di mana robot akan bertindak sebagai *leader* ketika robot menemukan objek pemicu dan robot lainnya sebagai *follower* akan mencari posisi robot *leader*. Semua robot bergerak secara otomatis tanpa dikendalikan oleh manusia.

2. METODOLOGI

2.1 Gambaran Umum Sistem

Berdasarkan Gambar 1, sistem menggunakan satu modul *infrared* untuk mendeteksi *obstacle*, sensor warna TCS34725 sebagai pendeteksi warna, Arduino Nano sebagai mikrokontroler, dua LED untuk indikator robot *leader* dan *follower*, *driver motor* L298N untuk mengontrol putaran motor dc, dua motor dc sebagai penggerak robot dan *bluetooth* HC-05 sebagai komunikasi antar robot.

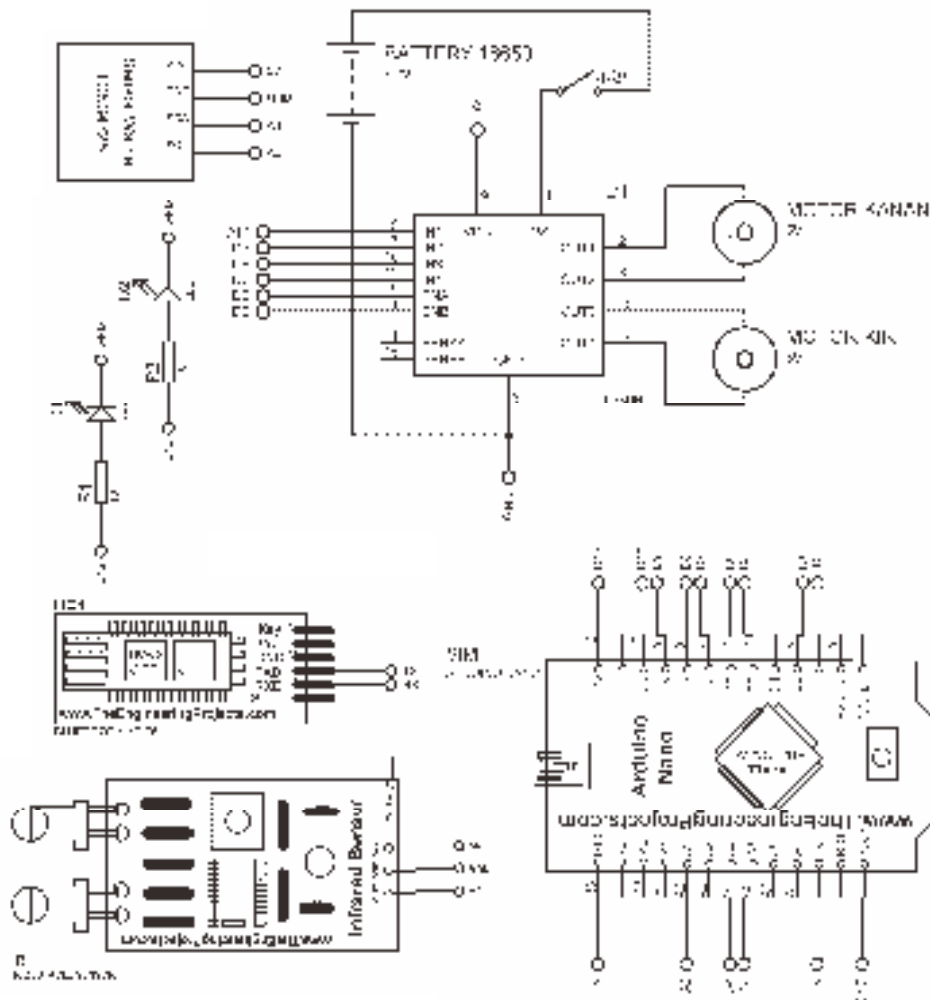


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

2.2 Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 2, sistem terdiri dari perangkat keras meliputi mikrokontroler Arduino Nano, *driver motor* L298N dengan dua motor DC, sensor warna TCS34725, sensor *infrared*, sakelar dan dua LED sebagai indikator. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan sebagai

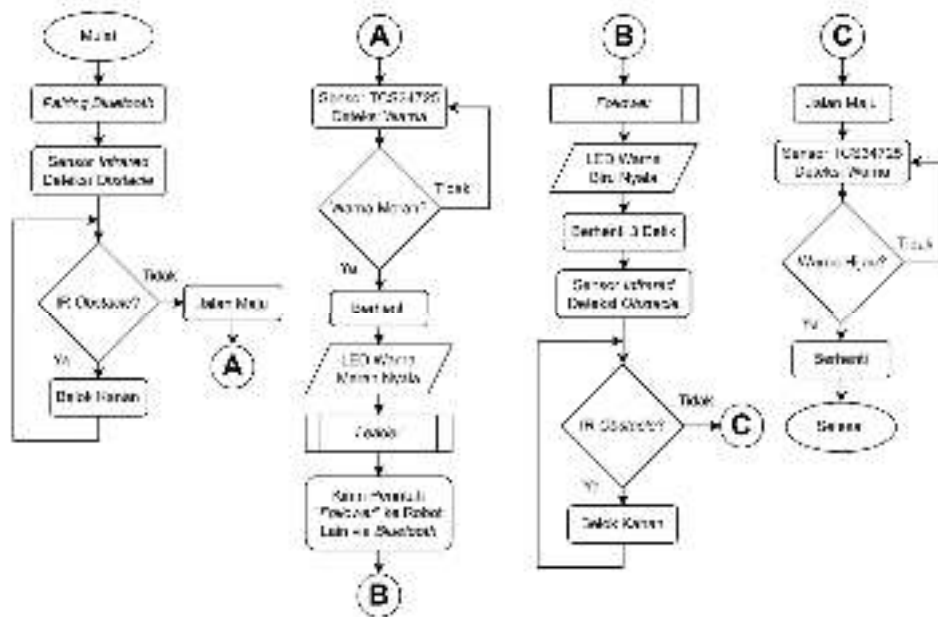
pemroses data utama. Pada Arduino Nano digunakan 10 pin digital dan 3 pin analog untuk diintegrasikan dengan perangkat lainnya. Di mana 6 pin digital pada pin D5, D6, D7, D8, D9 dan D10 tersambung pada *driver motor* L298N, 2 pin digital dari pin D12 dan D13 tersambung ke LED indikator, satu modul *infrared* terhubung pada pin A2, 2 pin analog A4 dan A5 terhubung secara I2C dengan sensor warna TCS34725, 2 pin digital D2 dan D3 terhubung pada TXD/RXD modul *bluetooth* HC-05.



Gambar 2. Diagram Perangkat Keras

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

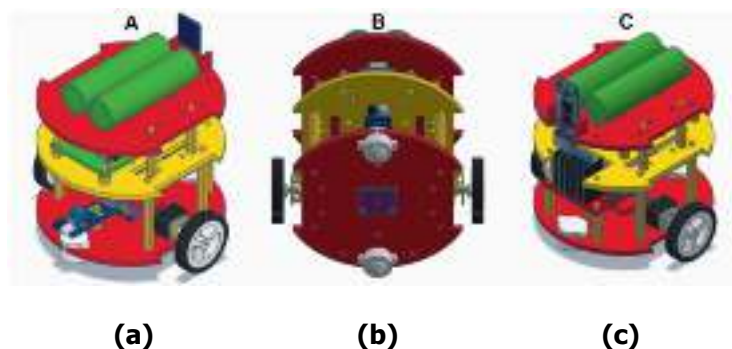
Berdasarkan Gambar 3, kedua robot saat dinyalakan langsung melakukan *pairing bluetooth*, lalu robot bergerak maju. Setiap robot akan mendeteksi *obstacle* dan warna. Ketika sensor *infrared* mendeteksi *obstacle*, robot belok ke kanan untuk menghindari *obstacle* dan kembali jalan maju saat tidak ada *obstacle*. Di saat bersamaan, sensor warna TCS34725 melakukan deteksi warna. Ketika sensor warna TCS34725 pada salah satu robot mendeteksi warna merah, maka robot tersebut akan berhenti kemudian menyalakan indikator LED merah dan menjadi *leader*. Setelah itu, robot *leader* mengirimkan perintah melalui *bluetooth* kepada robot lain agar menjadi *follower*. Robot *follower* menyalakan indikator LED biru dan berhenti selama 3 detik, lalu bergerak kembali mencari posisi robot *leader* yang posisinya ditandai dengan daerah warna hijau. Ketika sensor warna pada robot *follower* mendeteksi warna hijau, maka robot berhenti bergerak.



Gambar 3. Diagram Alir Multi Robot

2.4 Desain Robot

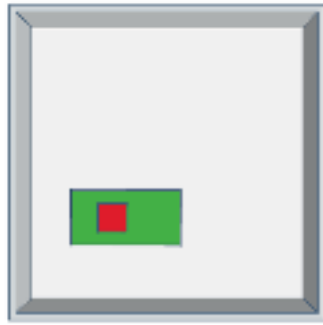
Berdasarkan Gambar 4, terdapat tiga tampak bagian dari desain robot yaitu pada bagian depan, terdapat modul sensor *infrared* dan PCB sebagaiudukan mikrokontroler Arduino Nano. Pada bagian bawah, terpasang sensor warna TCS34725, dua motor DC yang terhubung dengan roda dan roda tambahan untuk penyeimbang robot. Pada bagian belakang, terdapat *motor driver* L298N yang menempel pada penampang bawah, lalu penyimpanan dua baterai 18650 dan modul *bluetooth* yang menempel pada penampang paling atas.



Gambar 4. (a) Tampak Depan Robot; (b) Tampak Bawah Robot; (c) Tampak Belakang Robot

2.5 Arena Pengujian

Berdasarkan Gambar 5, pengujian dilakukan pada arena permukaan datar dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 100 cm dan tinggi 10 cm. Pada arena tersebut diletakkan sebuah kertas warna yang digunakan sebagai pemicu untuk menjadi *leader*. Di mana semua robot akan mulai bergerak secara acak dengan pembacaan *obstacle* dan mencari warna pemicu (merah) untuk menjadi *leader*. Kemudian robot yang telah menjadi *leader* akan mengirimkan perintah kepada robot lain untuk menjadi *follower*, lalu robot *follower* mencari posisi robot *leader* yang ditandai dengan daerah warna hijau. Pada arena tersebut juga *obstacle* yang dimaksud berupa dinding arena.



Gambar 5. Arena Pengujian Robot

2.6 Metode Pengujian

Dalam penelitian ini terdapat tiga tahap pengujian untuk mendapatkan data yang akan dianalisis dan evaluasi.

2.6.1 Pengujian Jarak Komunikasi *Bluetooth*

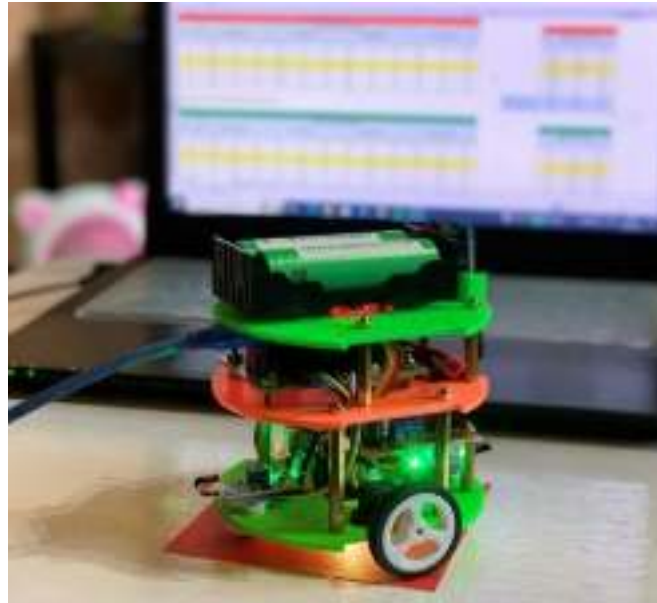
Tahap pengujian jarak komunikasi dilakukan dengan menghitung *pairing time* menggunakan *stopwatch* saat robot dinyalakan dari 0 cm hingga 100 cm dengan penambahan jarak antar robot setiap 10 cm dan menguji konektivitas *bluetooth* antara kedua robot seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian *Pairing Time* dan Konektivitas *Bluetooth*

2.6.2 Pengujian Warna

Berdasarkan Gambar 7, pengujian warna dilakukan dengan memperhatikan nilai RGB untuk mengkalibrasi alat agar bisa membaca warna pemicu (merah) dan warna posisi (hijau) dengan menggunakan kertas warna. Pembacaan setiap warna dilakukan dengan menempatkan posisi sensor tepat berada di atas warna yang akan dibaca dengan jarak tertentu. Awal pembacaan warna dilakukan dengan merapatkan sensor TCS34725 dengan kertas warna, kemudian dilakukan penambahan jarak setiap 0,5 cm antara kertas dengan sensor TCS34725 hingga jarak 2,5 cm. Tujuannya untuk mengetahui nilai minimum dan maksimum RGB yang diambil pada setiap warnanya. Nilai RGB yang dibaca pada setiap warna akan tampil pada serial monitor yang tersedia.



Gambar 7. Pengujian Warna Sensor TCS34725

2.6.3 Pengujian Fungsional

Tahap pengujian fungsional dilakukan dengan mengambil data fungsi keseluruhan sistem untuk menguji hasil akhir dari implementasi sistem dan memastikan robot berjalan sesuai rencana. Setiap robot akan diuji mulai dari *pairing bluetooth* antar robot, berjalan dengan melakukan pembacaan pada setiap *obstacle*, pembacaan warna pemicu (merah), komunikasi antar robot dan pembacaan warna posisi *leader* (hijau).

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Data Jarak Komunikasi *Bluetooth*

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 hasil pengujian jarak komunikasi *bluetooth* didapat nilai *pairing time* terlama pada percobaan ke-1 jarak 10 cm dan tercepat pada percobaan ke-6 jarak 40 cm. Adapun konektivitas antar robot dari semua percobaan bisa terhubung dengan baik.

Tabel 1. Pengujian *Pairing Time* dan Konektivitas *Bluetooth* (Percobaan 1-4)

No.	Jarak (CM)	Percobaan ke-1		Percobaan ke-2	
		Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)	Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)
1	10	Terhubung	10,51	Terhubung	8,32
2	20	Terhubung	7,65	Terhubung	6,52
3	30	Terhubung	8	Terhubung	8,63
4	40	Terhubung	6,82	Terhubung	4,31
5	50	Terhubung	6,5	Terhubung	8
6	60	Terhubung	7,07	Terhubung	8,84
7	70	Terhubung	6,55	Terhubung	6,8
8	80	Terhubung	5,19	Terhubung	5,74
9	90	Terhubung	4,84	Terhubung	5,6
10	100	Terhubung	5,41	Terhubung	5,77
Rata-Rata <i>Pairing Time</i> (Detik)			6,85		6,85

No.	Jarak (CM)	Percobaan ke-3		Percobaan ke-4	
		Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)	Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)
1	10	Terhubung	5,47	Terhubung	5,83
2	20	Terhubung	5,21	Terhubung	8,82
3	30	Terhubung	6,54	Terhubung	5,17
4	40	Terhubung	6,44	Terhubung	5,28
5	50	Terhubung	4,47	Terhubung	5
6	60	Terhubung	5,27	Terhubung	5,04
7	70	Terhubung	4	Terhubung	8,45
8	80	Terhubung	4,21	Terhubung	6,41
9	90	Terhubung	6,64	Terhubung	6,7
10	100	Terhubung	5,37	Terhubung	6,4
Rata-Rata <i>Pairing Time</i> (Detik)			5,36		6,31

Tabel 2. Pengujian *Pairing Time* dan Konektivitas *Bluetooth* (Percobaan 5-8)

No.	Jarak (CM)	Percobaan ke-5		Percobaan ke-6	
		Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)	Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)
1	10	Terhubung	5,54	Terhubung	4,94
2	20	Terhubung	4,93	Terhubung	6,83
3	30	Terhubung	6,54	Terhubung	8,63
4	40	Terhubung	4,89	Terhubung	3,7
5	50	Terhubung	4,14	Terhubung	3,84
6	60	Terhubung	5,19	Terhubung	6,35
7	70	Terhubung	5,23	Terhubung	5,13
8	80	Terhubung	5,35	Terhubung	4,23
9	90	Terhubung	5,23	Terhubung	5,48
10	100	Terhubung	6,45	Terhubung	7,9
Rata-Rata <i>Pairing Time</i> (Detik)			5,35		5,70

No.	Jarak (CM)	Percobaan ke-7		Percobaan ke-8	
		Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)	Status <i>Bluetooth</i>	<i>Pairing Time</i> (Detik)
1	10	Terhubung	4,1	Terhubung	4,44
2	20	Terhubung	4,3	Terhubung	8,42
3	30	Terhubung	6,24	Terhubung	6,51
4	40	Terhubung	4,17	Terhubung	4,13
5	50	Terhubung	4,65	Terhubung	4,08
6	60	Terhubung	5,25	Terhubung	6,7
7	70	Terhubung	6,49	Terhubung	4,36
8	80	Terhubung	4,9	Terhubung	3,9
9	90	Terhubung	5,39	Terhubung	4,1
10	100	Terhubung	6,41	Terhubung	6,64
Rata-Rata <i>Pairing Time</i> (Detik)			5,19		5,33

3.2 Data Pengujian Warna

Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali percobaan, kemudian didapat nilai rata-rata, nilai minimum dan nilai maksimum. Diawali dengan pengujian warna merah pada robot A didapat nilai minimum R = 158, G = 46, B = 42 dan nilai maksimum R = 243, G = 58, B = 47. Pengujian warna hijau pada robot A didapat nilai minimum R = 34, G = 95, B = 63 dan nilai maksimum R = 159, G = 151, B = 70 yang bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Nilai RGB pada Robot A

Jarak (cm)	Warna Merah			Warna Hijau		
	Nilai Rata - Rata			Nilai Rata - Rata		
	R	G	B	R	G	B
0	243	46	47	159	95	63
0,5	163	57	42	34	151	69
1	165	55	42	37	150	69
1,5	165	56	43	39	148	69
2	162	57	44	41	145	70
2,5	158	58	46	44	143	70
Nilai Minimum	158	46	42	34	95	63
Nilai Maksimum	243	58	47	159	151	70

Berdasarkan Tabel 4 pengujian warna merah pada robot B didapat nilai minimum R = 160, G = 53, B = 42 dan nilai maksimum R = 234, G = 69, B = 55. Pengujian warna hijau pada robot B didapat nilai minimum R = 35, G = 127, B = 57 dan nilai maksimum R = 127, G = 154, B = 71.

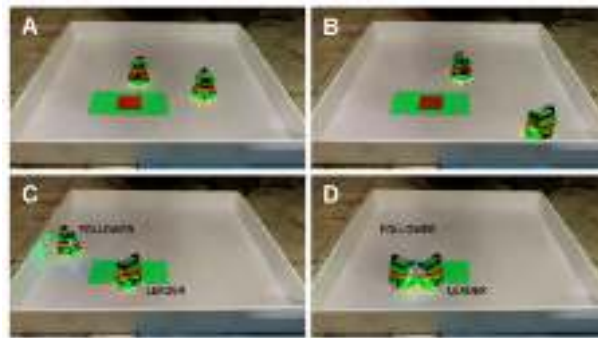
Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai RGB pada Robot B

Jarak (cm)	Warna Merah			Warna Hijau		
	Nilai Rata - Rata			Nilai Rata - Rata		
	R	G	B	R	G	B
0	234	54	55	127	127	57
0,5	162	57	43	35	151	67
1	167	53	42	38	150	68
1,5	168	56	44	41	154	69
2	166	61	48	46	148	71
2,5	160	69	52	50	147	71
Nilai Minimum	160	53	42	35	127	57
Nilai Maksimum	234	69	55	127	154	71

Data nilai minimum dan nilai maksimum RGB tersebut digunakan sebagai kalibrasi warna yang akan dimasukkan ke program sehingga sensor TCS34725 pada robot dapat mengenali warna merah dan hijau untuk menentukan kondisi dan posisi robot.

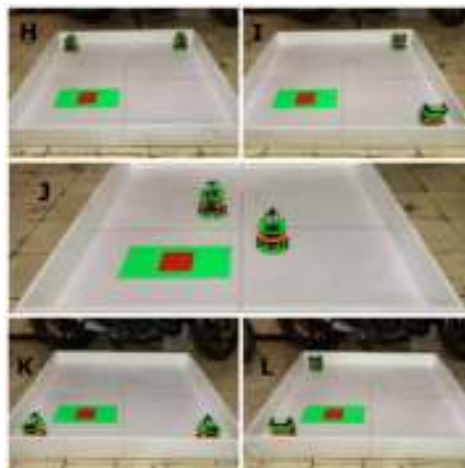
3.3 Data Fungsional

Berdasarkan Gambar 8, setiap robot bisa berjalan sesuai rencana, mulai dari *pairing bluetooth* antar robot, berjalan acak untuk mencari warna merah sebagai pemicu *leader* dengan melakukan pembacaan pada setiap *obstacle*, salah satu robot mendeteksi warna pemicu (merah) lalu menjadi *leader*, robot *leader* mengirimkan perintah kepada robot *follower* untuk mencari posisi *leader* dengan melakukan pembacaan warna posisi *leader* (hijau).



Gambar 8. *Pairing Bluetooth* (A); Robot Berjalan Acak (B); Robot menjadi *Leader* dan *Follower* (C); Robot *Follower* Menemukan Posisi Robot *Leader* (D)

Berdasarkan Gambar 9, terdapat lima posisi pengujian waktu dari robot dinyalakan sampai penentuan *leader-follower*. Posisi H, I, J, K, L dimaksudkan untuk mencari posisi mana yang tercepat dan terlama robot dalam menentukan *leader-follower*.



Gambar 9. Posisi Awal pada Pengujian Waktu Penentuan *Leader-Follower*

Adapun pada Tabel 5 hasil pengujian sebanyak 8 kali percobaan pada lima posisi (H, I, J, K dan L). Di mana pada posisi I adalah posisi tercepat didapat rata-rata 81,6 detik dan posisi K yang terlama dengan rata-rata 116,9 detik.

Tabel 5. Hasil Pengujian Waktu dalam Penentuan *Leader-Follower*

Percobaan	Posisi (Detik)				
	H	I	J	K	L
1	129	91	40	116	146
2	69	66	87	36	154
3	63	121	135	124	70
4	52	91	85	186	74
5	55	40	37	86	36
6	96	103	134	64	190
7	175	98	50	261	132
8	142	43	117	62	54
Rata-rata	97,6	81,6	85,6	116,9	107,0

Adapun robot yang menjadi *leader* pada tiap posisi (H, I, J, K, L) didapatkan dari pengujian Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa robot manapun bisa menjadi *leader* dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Robot yang menjadi *Leader*

Percobaan	Posisi				
	H	I	J	K	L
1	Robot A	Robot A	Robot A	Robot A	Robot A
2	Robot A	Robot B	Robot B	Robot A	Robot B
3	Robot A	Robot B	Robot B	Robot B	Robot B
4	Robot A	Robot B	Robot B	Robot A	Robot A
5	Robot A	Robot B	Robot A	Robot A	Robot A
6	Robot B	Robot B	Robot B	Robot A	Robot A
7	Robot B	Robot B	Robot A	Robot A	Robot B
8	Robot A	Robot B	Robot A	Robot B	Robot B

4. KESIMPULAN

Pertama, komunikasi antar robot menggunakan *bluetooth* didapat *pairing time* terlama selama 10,51 detik dan tercepat 3,7 detik. Adapun konektivitas *bluetooth* antar robot tetap terhubung selama dalam arena pengujian sebesar 100 cm x 100 cm. Kedua, untuk menentukan robot *leader* menggunakan kertas warna merah, di mana sensor TCS34725 pada warna merah didapat nilai $158 \leq R \leq 243$, $46 \leq G \leq 69$, $42 \leq B \leq 55$. Kemudian, robot *leader* mengirimkan perintahnya melalui *bluetooth* kepada robot lain untuk menjadi *follower*. Ketiga, robot *follower* mencari posisi robot *leader* dengan melakukan pembacaan kertas warna hijau. Di mana sensor TCS34725 pada warna hijau didapat nilai $34 \leq R \leq 159$, $95 \leq G \leq 154$, $57 \leq B \leq 71$. Keempat, berdasarkan pengujian fungsional sebanyak 8 kali percobaan pada lima posisi (H, I, J, K dan L). Di mana pada posisi I adalah posisi tercepat didapat rata-rata 81,6 detik dan posisi K yang terlama dengan rata-rata 116,9 detik. Kelima, robot manapun (robot A dan robot B) bisa menjadi *leader*.

DAFTAR RUJUKAN

- Adiputra, P. A. (2017). Swarm robot menggunakan sistem koordinasi suara untuk mencari sumber gas. *Doctoral dissertation*.
- Ariansyah, & Sella. (2022). SWARM ROBOT: FOLLOWING THE LEADER.
- Arvin, F., Samsudin, K., & Ramli, A. (2009). Development of a miniature robot for swarm robotic application. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 1(4), 436-442. doi:10.7763/ijcee.2009.v1.67
- Brambilla, M., Ferrante, E., Birattari, M., & Dorigo, M. (2013). Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective. *Swarm Intelligence*, 7(1), 1-41. doi:10.1007/s11721-012-0075-2
- Sahin, E. (2005). *Swarm Robotics: From Sources of Inspiration to Domains of Application*. Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-30552-1_2