

## Pengukuran Jarak Pada *Mobile Robot* Menggunakan Xbee Berdasarkan Nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI)

Sirojul Hadi<sup>1</sup>, Parama Diptya Widayaka<sup>2</sup>, Radimas Putra M.D.L<sup>3</sup>, Reza Diharja<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknologi Informasi, Universitas Bumigora

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas PGRI Adi Buana

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jayabaya

sirojulhadi@universitasbumigora.ac.id<sup>1</sup>, diptyawidayaka@unipasby.ac.id<sup>2</sup>, radimas@lecturer.itn.ac.id<sup>3</sup>, reza.diharja@jayabaya.ac.id<sup>4</sup>.

### Abstrak

Xbee merupakan modul *radio frequency transceiver*. Xbee yaitu modul *wireless* yang dapat berfungsi sebagai pengirim atau penerima data. Modul *wireless* Xbee memiliki frekuensi kerja sebesar 2,4 GHz. Modul *wireless* tersebut sering digunakan untuk melakukan komunikasi dan pengiriman data secara nirkabel. Selain digunakan untuk berkomunikasi, modul *wireless* Xbee juga dapat di manfaatkan untuk mengukur jarak antara *wireless* Xbee satu dengan *wireless* Xbee yang lainnya menggunakan nilai *receive signal strength indicator* (RSSI). Nilai RSSI diukur dari kekuatan sinyal ketika modul Xbee mengirimkan dan menerima data. Salah satu penerapan pengukuran jarak menggunakan nilai RSSI yaitu pada koloni *mobile robot* dengan metode *swarm intelligent* untuk membentuk formasi. Pada penelitian ini, Xbee digunakan untuk menghitung jarak antara dua *mobile robot*. Salah satu *mobile robot* berfungsi untuk mengirim data dan *mobile robot* lainnya berfungsi sebagai penerima data. Hasil dari penelitian ini yaitu modul Xbee dapat digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik dengan tingkat kesalahan dalam pengukuran jarak yaitu sebesar 1,695 meter.

**Kata Kunci :** Pengukuran jarak, *mobile robot*, Xbee, RSSI

### Abstract

Xbee is a radio frequency transceiver module. Xbee wireless module can be used as a data transmitter or data receiver. Xbee wireless module has work frequency 2.4 GHz. The wireless module widely used for communication and data transmission wirelessly. Besides used for communication, the module can be used to measure the distances of two xbee wireless points using receive signal strength indicator (RSSI) value. RSSI value measured from the signal strength while xbee module send or receive data. The application of distance measurement using RSSI value is mobile robot colony with a method called swarm intelligent to create formations. In this research, xbee is used for distance measurement between two mobile robots. A mobile robot operated as a data transmitter and the other is operated for data receiver. From the research given xbee can be used for distance measurement between two points with the error rate in the measurement by 1.695 meters.

**Keywords :** Distance measurements, Mobile robots, Xbee, RSSI

## I. PENDAHULUAN

*Mobile robot* dibangun agar meringankan beban pekerjaan manusia seperti melakukan pemetaan ruangan, memindahkan barang, melakukan pencarian dan lain sebagainya. *Mobile robot* juga dapat digunakan pada lingkungan yang berbahaya seperti pada lingkungan yang memiliki radiasi yang tinggi atau tempat terjadinya kebocoran gas. Sehingga akan berbahaya jika dilakukan oleh manusia[1].

Pengukuran jarak pada *mobile robot* merupakan aspek penting dari sistem operasi *mobile robot* ketika *mobile robot* di implementasikan pada beberapa

bidang seperti melakukan eksplorasi dan pemantauan lingkungan, melakukan manipulasi pada daerah yang berbahaya untuk manusia, operasi penyelamatan korban, manipulator industri secara otomatis, eksplorasi dan penyelidikan ruang[2]. Pengukuran jarak pada *mobile robot* dapat menggunakan modul *wireless* pada Xbee dengan memanfaatkan nilai *receive signal strength indicator* (RSSI) yang telah disediakan.

Modul *wireless* Xbee menggunakan frekuensi radio sebesar 2,4 GHz untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data. Pada modul Xbee menyediakan

pin RSSI yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal dari *wireless* xbee ketika melakukan komunikasi. Nilai RSSI tersebut juga dapat digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik *wireless* atau lebih.

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran jarak antara dua *mobile robot* ketika melakukan komunikasi menggunakan modul *wireless* Xbee. Sistem kendali utama yang digunakan yaitu mikrokontroler Arduino Mega 2596. Untuk menampilkan data hasil pengukuran jarak menggunakan komputer dan LCD16x2.

## II. METODOLOGI

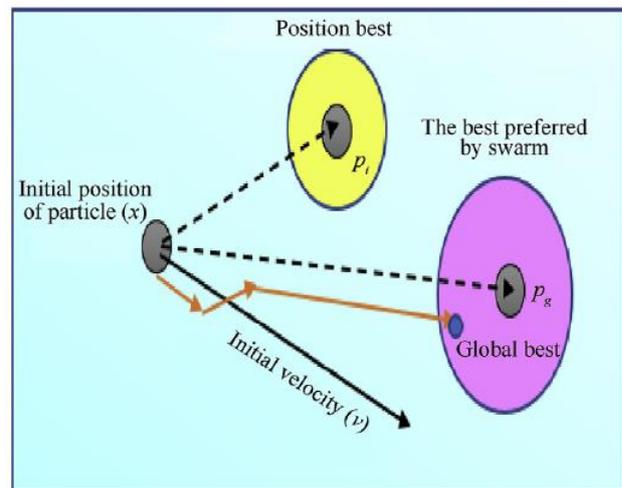
### 2.1. Mobile Robot

Pada awalnya, aplikasi *mobile robot* hanya terbatas pada industri manufaktur. Tetapi pada saat ini, *mobile robot* umumnya digunakan pada hiburan, kedokteran, pertambangan, penyelamatan, pendidikan, militer, ruang angkasa, pertanian dan lain sebagainya. Saat melakukan tugas navigasi, *mobile robot* dilengkapi dengan banyak peralatan cerdas yang diperlukan untuk memodelkan lingkungan dan melokalisasi posisinya, mengontrol gerakan, mendeteksi rintangan, dan menghindari rintangan dengan menggunakan teknik navigasi. Perencanaan jalur yang aman dari posisi awal ke posisi target adalah fungsi yang paling penting dari setiap teknik navigasi [3]. Oleh karena itu, pemilihan teknik navigasi yang tepat adalah langkah paling penting dalam perencanaan jalur *mobile robot* ketika bekerja di lingkungan yang sederhana atau kompleks. Salah satu metode navigasi pada kelompok *mobile robot* yaitu *Particle Swarm Optimization* (PSO).

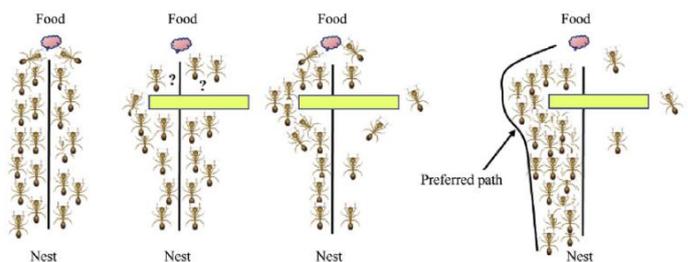
*Particle swarm optimization* adalah algoritma metaheuristik berbasis alam dengan mengadopsi perilaku sosial makhluk hidup seperti segerobolan ikan dan kawanannya burung[3]. PSO merupakan bagian dari *swarm intelligence* yang didefinisikan sebagai algoritma berbasis populasi di mana setiap solusi adalah individu itu sendiri yang bergerak di ruang pencarian. Setiap individu dapat menentukan gerakan mereka sendiri dengan mempertimbangkan beberapa aspek dari posisi terbaik sebelumnya[1]. *Particle swarm optimization* pertama kali diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart yang merupakan metode optimisasi yang berkembang pesat untuk memecahkan berbagai masalah di bidang teknik dan sains. PSO meniru perilaku sosial pada hewan tetapi tidak memerlukan pemimpin dalam kelompok untuk mencapai target [3]. Ketika kawanannya burung pergi mencari makanan, mereka tidak memerlukan pemimpin. Mereka pergi dengan salah satu anggota

yang berada pada posisi terdekat dengan makanan seperti ditunjukkan pada gambar 1. Penerapan algoritma PSO pada *mobile robot* yaitu dengan mengoptimalkan posisi dan kecepatan untuk mencapai target dengan jalur terpendek.

Salah satu metode yang populer pada optimisasi navigasi *mobile robot* yaitu metode *Ant colony optimization* (ACO). ACO adalah algoritma kecerdasan kelompok yang dikembangkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1992 pada Ph.D. tesisnya[4]. Ini adalah pendekatan berbasis populasi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial. Algoritma ACO berasal dari perilaku semut dan kemampuannya untuk menemukan jalur terpendek dari sarangnya ke sumber makanan seperti ditunjukkan pada gambar 2. Algoritma ACO sudah diterapkan pada berbagai bidang seperti di bidang Teknik dan sains seperti penjadwalan pekerjaan-toko, rute kendaraan, masalah tugas kuadrat, masalah salesman keliling, pewarnaan grafik dan banyak lagi. Saat ini, ACO digunakan untuk menangani masalah navigasi robot *mobile* untuk menghindari rintangan dan perencanaan jalur yang efektif[3].



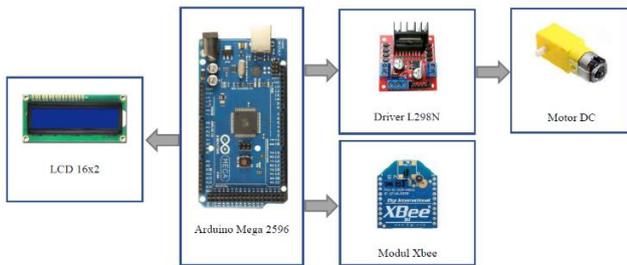
Gambar 1 Dasar dari PSO[3]



Gambar 2 Perilaku semut pada saat mencari makanan[3]

Dua metode yang telah dijelaskan sebelumnya merupakan metode optimasi pada navigasi kelompok *mobile robot*. Penerapan kelompok *mobile robot* membutuhkan pengetahuan tentang jarak masing-masing *mobile robot* untuk melakukan kerjasama dan mencapai target dengan lebih optimal.

*Mobile robot* dibangun dengan menggunakan Arduino mega sebagai pusat kendali *mobile robot*. Untuk mengukur jarak antar *mobile robot* menggunakan modul *wireless* Xbee berdasarkan nilai *receive signal strength indicator*. Diagram blok hardware dari *mobile robot* dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram blok hardware *mobile robot*.

## 2.2. Modul Wireless Xbee

Xbee merupakan modul *wireless* yang mendukung protokol IEEE 802.15.4 dan Zigbee. Xbee memiliki dua seri yaitu seri 1 dan seri 2 dengan komunikasi *point to point* dan *point to multipoint*[5]. Zigbee adalah protokol *Radio Frequency* (RF) yang dimiliki oleh Zigbee Alliance. Zigbee dikembangkan dengan standar IEEE 802.15.4. Zigbee menyediakan fungsi *routing* dan *multi-hop* ke protokol radio berbasis paket. Jangkauan maksimal dari Zigbee yaitu 100 meter. Dasar dari ZigBee yaitu IEEE 802.15.4 yang merupakan dasar dari ZigBee dengan frekuensi komunikasi sebesar 2,4 GHz.

Tabel 1 Pinout modul *wireless* Xbee

Pin	Name	Direction	Default State	Description
1	Vcc	-	-	Power supply
2	Dout	Output	Output	UART data out
3	Din	Input	Input	UART data in
4	Dio12	Both	Disabled	Digital IO
5	Reset	Both	Open-collector with pull-up	Modul reset
6	Rssi PWM	Both	Output	RSSI

7	Dio11	Both	Input	Digital IO
8	reserved	-	Disabled	Do not connect
9	Dio8	Both	Input	Pin sleep control
10	Gnd	-	-	Ground
11	Dio4	Both	Disabled	Digital IO 4
12	Dio7	Both	Output	Clear to send flow control
13	On	Output	Output	Modul status indicator
14	Vref	Input	-	Not used for em250
15	Dio5	Both	Output	Associated indicator
16	Dio6	Both	Input	Reset to send flow control
17	Ad3/dio3	Both	Disabled	Analog input 3
18	Ad2/dio2	Both	Disabled	Analog input 2
19	Ad1/dio1	Both	Disabled	Analog input 1
20	Ad0/dio0	Both	Disabled	Analog input 0

### 2.2.1. Receive Signal Strength Indicator (RSSI)

*Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) adalah salah satu teknologi *wireless* yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat *wireless* [6]. Kekuatan sinyal dapat diwakili oleh nilai RSSI dalam satuan negatif *decibel-milliwatts* (-dBm). Di ruang bebas, kekuatan sinyal berbanding lurus dengan jarak antara *transceiver*. Ada beberapa model yang digunakan untuk memperkirakan jarak berdasarkan kekuatan sinyal. Model yang paling umum adalah model propagasi pada ruang bebas dan model *log-distance*. Untuk sebagian besar aplikasi praktis, model *log-distance* lebih dapat diandalkan, karena model ruang bebas tidak memperhitungkan segala jenis *offset*. Model *log-distance* sangat baik digunakan ketika berada di dalam ruangan[7].

Model *log-distance* adalah model propagasi umum. Dapat digunakan di lingkungan *indoor* dan *outdoor*. Model *log-distance* menyediakan model logaritmik yang memiliki beberapa parameter yang dapat diatur agar sesuai dengan hampir semua lingkungan[7]. Untuk mendapatkan nilai RSSI (-dBm) dapat menggunakan persamaan 1.

$$\text{Nilai RSSI} = 10n \text{Log}_{10}(d) + A \quad (1)$$

Dimana  $n$  merupakan nilai *path loss exponent*,  $d$  merupakan jarak ketika melakukan komunikasi dalam satuan meter, dan  $A$  merupakan nilai referensi ketika nilai RSSI berada pada jarak 1 meter. Persamaan 1 dapat disederhanakan untuk mencari jarak antara pengirim dan penerima seperti ditunjukkan pada persamaan 2.

$$d = 10^{\frac{RSSI-A}{10n}} \quad (2)$$

Persamaan 2 digunakan untuk mencari nilai jarak antara pengirim dan penerima. Nilai *path loss* ( $n$ ) dapat dipilih pada tabel 2 sesuai dengan keadaan lingkungan tempat dilakukan pengujian.

Tabel 2 Log-distance path loss exponent

Lingkungan	Path Loss Exponent
Ruang terbuka	2
Dalam gedung	1,6 – 1,8

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari pengujian jarak menggunakan Xbee berdasarkan nilai RSSI yaitu untuk mengetahui jarak masing-masing robot terhadap robot yang lain ketika melakukan pengiriman data. Prosedur pengujian jarak berdasarkan nilai RSSI yaitu dengan mengambil data nilai RSSI pada jarak 1 meter yang di definisikan sebagai nilai  $A$  dan *index path loss* ( $n$ ) sebesar 1.74. Pengukuran jarak dilakukan dengan menempatkan robot dengan robot lainnya pada kelipatan jarak 2 meter kemudian dilakukan pengiriman data dari salah satu robot ke robot yang lainnya. Ketika proses pengiriman data, mikrokontroler mengambil data RSSI dengan cara merubah nilai keluaran PWM dari pin RSSI Xbee menjadi data dalam satuan -dBm. Data dalam satuan -dBm kemudian diubah menjadi data jarak pada mikrokontroler menggunakan persamaan 2.

Berdasarkan hasil pengujian nilai RSSI terhadap jarak, didapatkan hasil bahwa semakin jauh jarak antara robot pengirim dengan robot penerima maka nilai RSSI (-dBm) yang di dapatkan akan semakin kecil karena kekuatan sinyal yang didapatkan oleh robot penerima akan semakin kecil begitupun sebaliknya jika *mobile robot* pengirim memiliki jarak yang dekat dengan *mobile robot* penerima maka sinyal yang di dapatkan akan semakin kuat sehingga nilai RSSI akan semakin besar. Berdasarkan tabel 3, didapatkan hasil bahwa pengukuran jarak antara *mobile robot* pengirim dan

*mobile robot* penerima memiliki *error* pengukuran jarak yang relatif kecil. Rata-rata *error* pengukuran jarak yaitu sebesar 1,695 meter. Pengukuran jarak menggunakan nilai RSSI memiliki jarak minimal yang bisa diukur yaitu 1 meter. Jarak dibawah 1 meter antara pengirim dan penerima akan dianggap memiliki jarak 1 meter.

Tabel 3 Hasil pengukuran jarak menggunakan Xbee berdasarkan nilai RSSI

Jarak Sebenarnya (m)	RSSI (-dBm)	Jarak Pengukuran Sensor (m)	Error Pengukuran Jarak (m)
1	50	1,00	0,00
2	53	1,55	0,45
4	56	2,40	1,60
6	59	3,71	2,29
8	61	4,97	3,03
10	64	7,69	2,31
12	65	8,90	3,10
14	66	10,30	3,70
16	68	13,78	2,22
18	70	18,44	0,44
20	71	21,34	1,34
22	71	21,34	0,66
24	71	21,34	2,66
26	72	24,68	1,32
28	73	28,56	0,56
30	73	28,56	1,44

### IV. KESIMPULAN

Pengukuran jarak antara *mobile robot* pengirim dan *mobile robot* penerima dilakukan dengan maksimal jarak yang diukur yaitu 30 meter. Pengambilan data dilakukan setiap kelipatan dua meter. Nilai RSSI pada saat *mobile robot* melakukan komunikasi pada jarak 1 meter yaitu -50 dBm dan pada jarak 30 meter sebesar -73 dBm. Hasil pengujian pengukuran jarak ketika *mobile robot* melakukan komunikasi yaitu memiliki rata-rata *error* pengukuran sebesar 1,695 meter. Jadi penggunaan modul wireless pada *mobile robot* tidak cukup baik digunakan jika ruang pencariannya kecil. Modul wireless akan baik digunakan apabila dilakukan pengukuran jarak yang relatif jauh.

## REFERENSI

- [1] S. Hadi, M. Rivai, and D. Purwanto, "Leader-Follower Formation System of Multi-Mobile Robots for Gas Source Searching," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1201, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012002.
- [2] M. V. Micea, A. Stancovici, D. Chiciudean, and C. Filote, "Indoor inter-robot distance measurement in collaborative systems," *Adv. Electr. Comput. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 21–26, 2010, doi: 10.4316/aece.2010.03004.
- [3] B. K. Patle, G. Babu L, A. Pandey, D. R. K. Parhi, and A. Jagadeesh, "A review: On path planning strategies for navigation of mobile robot," *Def. Technol.*, vol. 15, no. 4, pp. 582–606, 2019, doi: 10.1016/j.dt.2019.04.011.
- [4] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem," *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 1, no. 1, pp. 53–66, 1997, doi: 10.1109/4235.585892.
- [5] K. Joni, R. Hidayat, S. Sumaryono, and K. Kunci, "Pengujian Jarak dan Waktu Gabung Protokol IEEE 802.15.4 / ZigBee di Lingkungan Indoor," *J. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [6] N. F. Puspitasari, "Analisis RSSI (Receive Signal Strength Indicator) Terhadap Ketinggian Perangkat WI-FI di Lingkungan Indoor," *J. Ilm. Dasi*, vol. 15, no. 4, pp. 32–38.
- [7] S. Shue, L. E. Johnson, and J. M. Conrad, "Utilization of XBee ZigBee Modules and MATLAB for RSSI Localization Applications," *IEEE*, 2017, doi: 10.1109/secon.2017.7925305.