

Indoor Positioning Based on ROS Using an Ultra-Wideband System

Article History:

Received
20 December 2024

Revised
5 January 2025

Accepted
20 January 2025

**TRASMA YUNITA¹, AFAF FADHIL RIFA'I^{2*}, MUHAMMAD
RIDWAN³, FITRIA SURYATINI⁴, ARIS BUDIYARTO⁵**

¹Universitas Telkom, Bandung, Indonesia
^{2*,3,4,5}Politeknik Manufaktur Bandung, Indonesia
Email : afaf@ae.polman-bandung.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pemosisian di dalam ruangan pada teknologi Ultra-wideband (UWB) menggunakan modul NodeMCU-UWB-BU01 dengan menggabungkan algoritma two way ranging, metode moving average dan trilaterasi. Jarak antara dua modul dapat ditentukan dengan menggunakan sinyal Time of Flight (ToF) pada algoritma two way ranging. Kemudian metode moving average digunakan untuk memfilter sinyal ToF dan digunakan dalam platform Robotic Operating System untuk pergerakan robot. Melalui penggunaan metode trilaterasi jarak tersebut diubah menjadi titik koordinat lokasi sebagai nilai akhir. Pada pengujian akurasi statis dan dinamis diperoleh hasil pengukuran dengan nilai kesalahan terbesar adalah 4,3% dalam rentang pengukuran dari 50 cm sampai dengan 600 cm. Pada pengujian akurasi pembacaan koordinat diperoleh kesalahan rata-rata sebesar 1,2% pada sumbu X dan 3,13% pada sumbu Y.

Kata kunci: *Pemosisian dalam ruangan, Two Way Ranging, Moving Average, Trilaterasi*

ABSTRACT

Numerous technologies employ indoor positioning applications, including Ultra-wideband (UWB) technology that requires excellent accuracy. This research aims to enhance indoor location accuracy in UWB technology with the NodeMCU-UWB-BU01 module by integrating a two-way ranging algorithm, moving average technique, and trilateration. The distance between two modules can be determined using the two-way ranging algorithm's Time of Flight (ToF) signal. The moving average approach filters the ToF signal processed on the Robotic Operating System platform for robot movement. The trilateration method converts the distance into position coordinates as the end output. In static and dynamic accuracy assessments, the maximum error in measurement findings is 4.3% within 50 cm to 600 cm. In evaluating coordinate reading accuracy, the mean error is 1.2% on the X-axis and 3.13% on the Y-axis.

Keywords: *Indoor Positioning, Two Way Ranging, Moving Average, Trilateralization*

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Saat ini, penentuan posisi secara luas menjadi konfigurasi yang paling penting untuk perangkat genggam seperti ponsel dan tablet komputer. Penentuan posisi ini diperlukan secara akurat pada pemetaan dalam ruangan (**Alarifi, dkk, 2016**). Namun, karena teknologi pemosisian dewasa ini sebagian besar berdasarkan satelit atau stasiun pangkalan di luar ruangan, begitu pemosisian digunakan pada lingkungan dalam ruangan, terdapat permasalahan dengan gangguan seperti *multipath* atau sinyal pantulan sehingga mengakibatkan sinyal sulit untuk memainkan peran karena adanya gangguan dan difraksi (**Wang, dkk, 2020**). Permasalahan pantulan dan jenis teknologi mempengaruhi akurasi pemosisian, sehingga perlu peningkatan akurasi pemosisian dalam ruangan. Teknologi pemosisian yang umum adalah teknologi pemosisian WiFi, pemosisian teknologi Bluetooth, teknologi lokasi Zig-Bee, serta teknologi *Ultra-wideband* (UWB). Secara teori, akurasi posisi UWB bisa dicapai dalam tingkat sentimeter atau bahkan lebih tinggi (**Che, dkk, 2023**). Pengaplikasian sinyal *Ultra-wideband* pada bidang robotik, sangat membantu dalam penentuan posisi dalam ruangan yang lebih akurat dari pada sistem penentuan posisi yang lain (**Cigánek, dkk, 2020**).

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan terhadap beberapa penelitian terdahulu, diperoleh berbagai informasi mengenai sistem yang telah dibuat. Pada penelitian sebelumnya, penggunaan sistem *Ultra-wideband* (UWB) dengan menggunakan chip DWM1000 pada NodeU BU01 dilakukan dengan penggunaan 2 modul yang bertindak sebagai *tag* dan *anchor* (**Hadipranoto, dkk, 2019**). Untuk penggunaan sinyal UWB ini diperlukan algoritma pemosisian yang akurat (**Cheng, 2012**) (**Yang & Yan, 2018**) (**Pan & Yu, 2019**). Hasil jarak yang didapatkan kemudian diperlukan proses filter untuk mengurangi noise pada hasil pengukuran, pada hal ini digunakan *moving average* seperti pada penelitian (**Prana, dkk, 2019**). Setelah didapatkan nilai jarak antara penggunaan 2 modul UWB, diperlukan teknik lokalisasi untuk menghasilkan posisi yang mana digunakan yaitu teknik lokalisasi trilaterasi (**Cotera, dkk, 2016**) (**Thinker, 2020**). Untuk menghubungkan NodeMCU BU01 (dilengkapi dengan STM32) dengan ROS dibutuhkan sebuah alat FTDI FT232 (**Patoliya, dkk, 2019**). *Robotic Operating System* (ROS) mempunyai fungsi untuk membuat perangkat lunak pada robot yang bisa bekerja di robot lain dengan melakukan perubahan kecil pada pembuatan program, dengan kata lain adalah untuk membuat fungsi pada robot yang dapat dibagi dan digunakan ulang pada robot lain tanpa harus membuat ulang fungsi tersebut dari awal agar sesuai dengan robot yang digunakan (**Bostanci, dkk, 2019**) (**Pinar, dkk, 2020**).

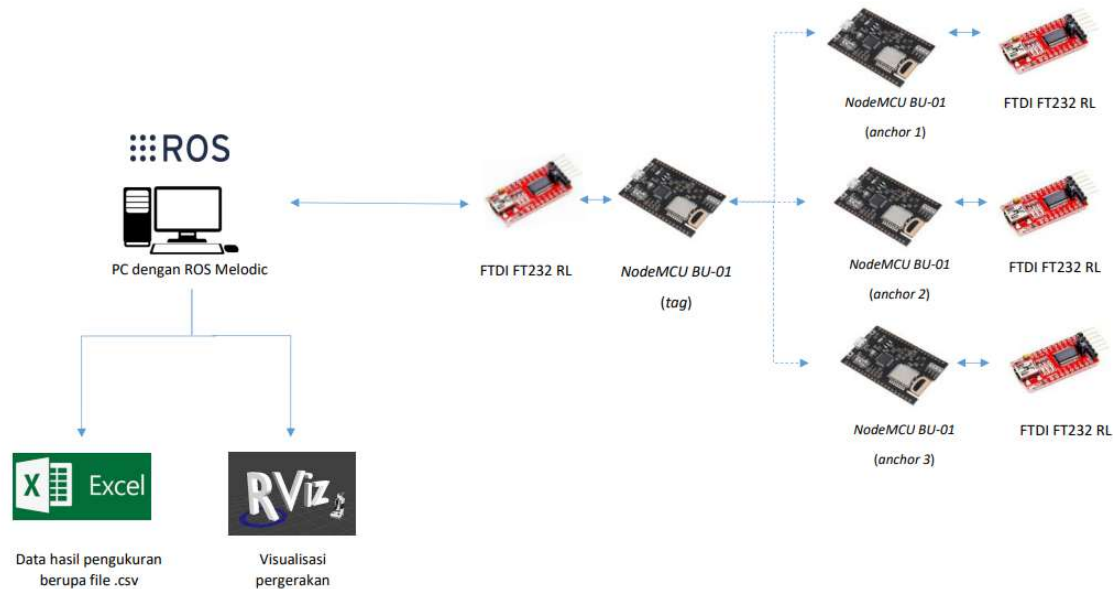
Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengukuran posisi dalam ruangan menggunakan NodeMCU BU01 dengan chip DWM1000 frekuensi *Ultra-wideband* antara 3,5 GHz – 6,5 GHz yang terkonfigurasi dengan ROS dengan menggabungkan penggunaan algoritma *Two Way Ranging*, metode trilaterasi dan metode *Moving Average*. Algoritma *Two Way Ranging* yang digunakan untuk proses penghitungan jarak antar 4 modul UWB DWM1000 dan metode *moving average* digunakan untuk mengurangi *noise* hasil pengukuran. Hasil dari pemosisian dapat dilihat secara visual pada RViz yang terhubung dengan ROS (*Robot Operating System*) agar dapat diolah pada sistem pendukung ROS, digunakan sebagai data pergerakan robot dalam ruangan dan dapat disimpan sebagai hasil perubahan posisi setiap waktu dalam file format csv.

2. METODA

2.1 Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Terdapat PC/Laptop yang terhubung secara komunikasi serial dengan menggunakan FTDI FT232 ke NodeMCU-

UWB-BU01 yang bertindak sebagai *tag*. Kemudian masing-masing NodeMCU-UWB-BU01 (terhubung dengan FTDI FT232) yang bertindak sebagai *anchor* yang terhubung secara nirkabel, akan diposisikan secara tetap, sedangkan NodeMCU-UWB-BU01 yang bertindak sebagai *tag* akan bergerak sesuai yang diinginkan.

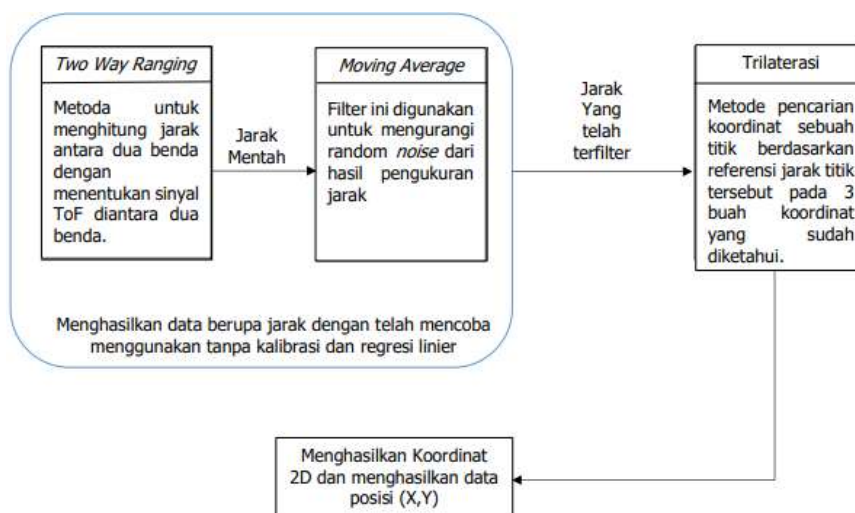


Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem

Dengan *anchor* diposisikan tetap, maka setiap perubahan posisi dari NodeMCU-UWB-BU01 yang bertindak sebagai *tag* dapat diketahui. Semua data perubahan posisi dapat dilihat dari PC/Laptop pengguna dan juga dapat disimpan dalam file .csv yang mana dapat dibuka dengan *Microsoft Excel*. Perubahan posisi yang berupa respon atau tanggapan dapat dilihat secara langsung di saat itu juga secara visual pada *RViz* yang berfungsi sebagai tampilan pada pengguna.

2.2 Penerapan Metode

Penelitian ini menggunakan tiga metode yaitu *Two Way Ranging*, *Moving Average Method* dan Trilaterasi. Gambar 2 menjelaskan fungsi dan alur kerja dari masing-masing metode yang digunakan.

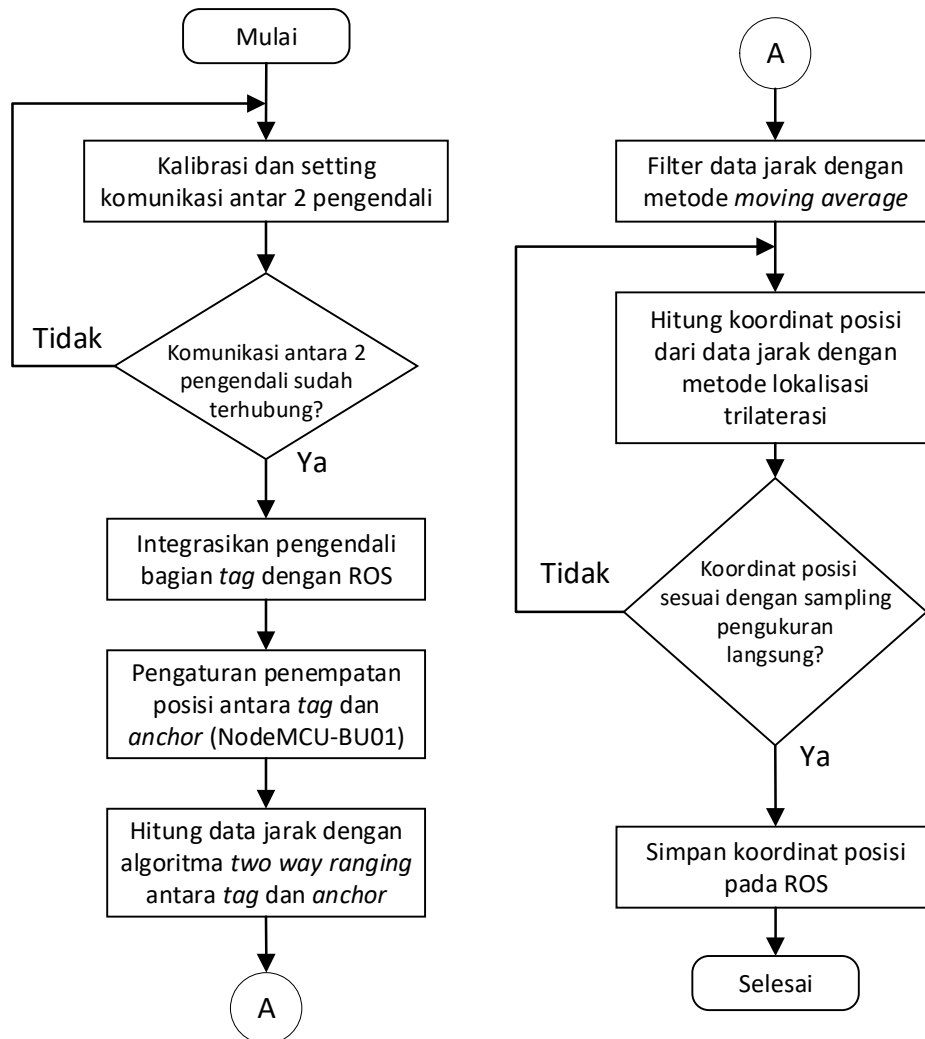


Gambar 2. Gabungan Algoritma dan Metode yang digunakan

Kotak berwarna biru pada Gambar 2 menjelaskan proses menghasilkan data jarak. Setelah mengalami beberapa proses kalibrasi didapatkan nilai jarak yang sesuai, mengacu pada sub bab 3.2. Proses selanjutnya adalah penggunaan metode trilaterasi untuk menghasilkan koordinat dua dimensi atau posisi.

2.3 Diagram Alir Sistem

Alur kerja sistem dibuat dalam diagram alir seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

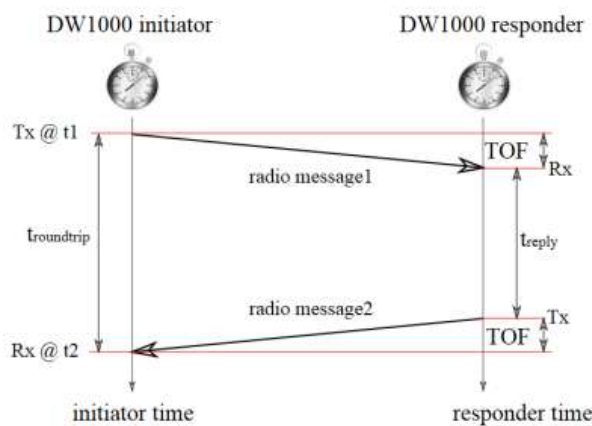
Tahapan alur kerja sistem telah dijabarkan pada Gambar 3, yang dimulai dengan kalibrasi dan menghubungkan dua NodeMCU BU01 secara nirkabel. Salah satu NodeMCU-UWB-BU01 bertindak sebagai *tag* yang kemudian diintegrasikan dengan ROS sebagai lokasi penyimpanan koordinat posisi. Selanjutnya, diatur penempatan antara *tag* dan *anchor* agar menghasilkan jarak antara keduanya. Setelah didapatkan jarak dari masing-masing perangkat yang bertindak sebagai *anchor* menggunakan metode *two way ranging*, data tersebut diubah menjadi koordinat posisi dengan menggunakan metode trilaterasi. Data koordinat dapat disimpan berupa file .csv pada ROS (*Robotic Operating System*) dan dapat dilihat perubahannya secara langsung pada *RViz*.

2.4 Metode Two Way Ranging pada *Ultra-wideband*

Two Way Ranging merupakan salah satu metode untuk menghitung jarak antara dua benda dengan menentukan sinyal ToF (*time of flight*) diantara dua benda tersebut. Jarak antara objek dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (1).

$$D = c \times \text{ToF} \quad (1)$$

Dimana, D merupakan jarak sensor terhadap objek (m), c merupakan kecepatan cahaya (m/s) dan ToF adalah waktu tempuh (s). *Initiator/Tag* memancarkan sebuah pesan radio ke *responder* dan akan mencatat waktu transmit (*timestamp*) t_1 . *Responder/Anchor* akan menerima pesan dan mengirimkan kembali sebuah respon (berupa pesan radio) kepada *tag* setelah *delay* tertentu (t_{reply}). *Tag* kemudian menerima respon tersebut dan mencatat dengan menerimanya berupa *timestamp* t_2 .



Gambar 4. Proses Two Way Ranging pada chip DW1000 (NodeMCU-BU01)

Penggunaan *timestamp* t_1 dan t_2 , memungkinkan tag untuk menghitung waktu $t_{\text{roundtrip}}$ serta mengetahui waktu balasan dari *tag* (t_{reply}). $t_{\text{roundtrip}}$ merupakan selisih waktu antara t_2 dengan t_1 , yang dapat dituliskan pada Persamaan (2).

$$t_{\text{roundtrip}} = t_2 - t_1 \quad (2)$$

Adapun t_{reply} merupakan selisih antara waktu penerimaan t_1 pada responder (Rx) dan waktu pengiriman balasan ke t_2 (Tx), yang dapat dituliskan pada Persamaan (3)

$$t_{\text{reply}} = R_x - T_x \quad (3)$$

sehingga ToF bisa ditentukan dengan Persamaan (4).

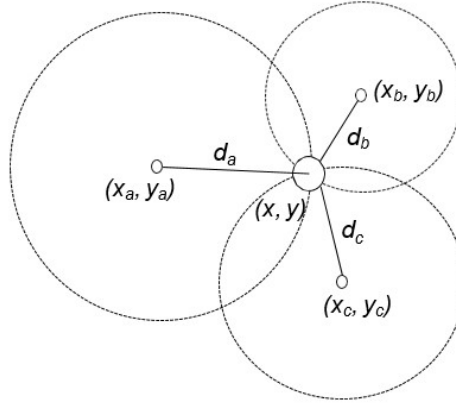
$$\text{ToF} = \frac{t_{\text{roundtrip}} - t_{\text{reply}}}{2} \quad (4)$$

Setelah itu, jarak antara *initiator/tag* dan *responder/anchor* dapat dihitung menggunakan Persamaan (5)

$$D = c \times \frac{t_{\text{roundtrip}} - t_{\text{reply}}}{2} \quad (5)$$

2.5 Metode Trilaterasi pada *Ultra-wideband*

Trilaterasi merupakan sebuah metode pencarian koordinat sebuah titik berdasarkan referensi jarak titik tersebut pada 3 buah koordinat yang sudah diketahui. Dalam aplikasinya, 3 buah koordinat digunakan *anchor* DW1000 pada NodeU-BU01 sebagai titik referensi pengukuran, dan 1 buah DW1000 pada NodeMCU-BU01 sebagai *tag* (Duru, dkk, 2018). Gambar 5 menunjukkan huruf d yang merupakan jarak antara *anchor* dan *tag*.



Gambar 5. Proses Trilaterasi pada chip DW1000 (NodeMCU-BU01)

Persamaan jarak antara 2 titik dinyatakan dalam Persamaan (6), (7), dan (8).

$$d_a^2 = (x - x_a)^2 + (y - y_a)^2 \quad (6)$$

$$d_b^2 = (x - x_b)^2 + (y - y_b)^2 \quad (7)$$

$$d_c^2 = (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 \quad (8)$$

Setelah didapatkan persamaan jarak masing-masing *anchor* dengan *tag*, kemudian substitusikan masing-masing persamaan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (9) sampai (12).

$$\begin{aligned} d_b^2 - d_a^2 &= \{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2\} - \{(x - x_a)^2 + (y - y_a)^2\} \\ d_b^2 - d_a^2 &= \{2x(x_a - x_b) + x_b^2 - x_a^2 + 2y(y_a - y_b) + y_b^2 - y_a^2\} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} d_b^2 - d_c^2 &= \{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2\} - \{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2\} \\ d_b^2 - d_c^2 &= \{2x(x_c - x_b) + x_b^2 - x_c^2 + 2y(y_c - y_b) + y_b^2 - y_c^2\} \end{aligned} \quad (10)$$

$$x(x_a - x_b) + y(y_a - y_b) = \frac{(x_a^2 - x_b^2) + (y_a^2 - y_b^2) + (d_b^2 - d_a^2)}{2} = V_b \quad (11)$$

$$x(x_c - x_b) + y(y_c - y_b) = \frac{(x_c^2 - x_b^2) + (y_c^2 - y_b^2) + (d_b^2 - d_c^2)}{2} = V_a \quad (12)$$

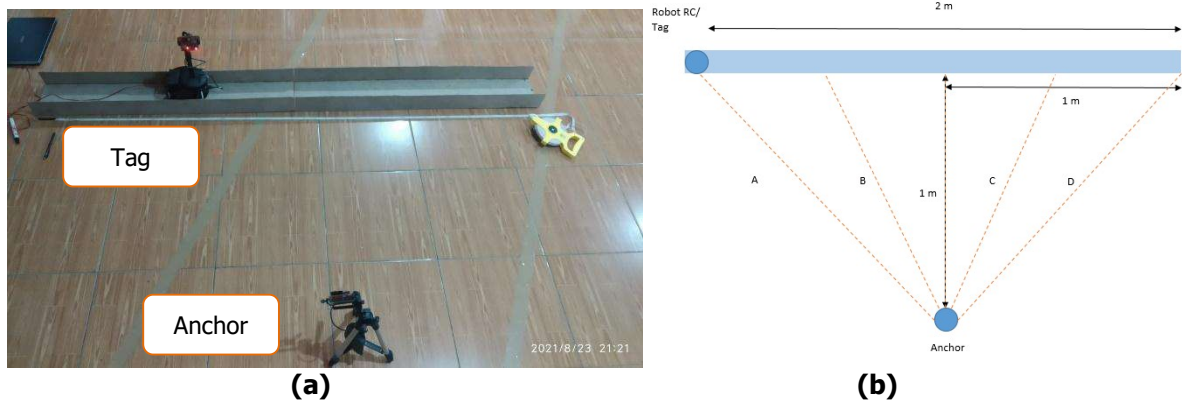
Selanjutnya didapatkan koordinat estimasi (x,y) dari titik potong dibawah, nilai ini yang dimasukkan ke dalam NodeMCU sebagai program trilaterasi sistem *Ultra-wideband* .

$$x = \frac{V_b(y_c - y_b) - V_a(y_a - y_b)}{(x_a - x_b)(y_c - y_b) - (x_c - x_b)(y_a - y_b)} \quad (13)$$

$$y = \frac{V_b(x_c - x_b) - V_a(x_a - x_b)}{(x_c - x_b)(y_a - y_b) - (x_a - x_b)(y_c - y_b)} \quad (14)$$

2.6 Metode Pengumpulan Data

Data koordinat yang diambil merupakan hasil pengukuran posisi dengan menggunakan 4 buah NodeMCU-BU01 yang masing-masing bertindak sebagai 3 buah *anchor* dan 1 buah *tag*, dengan menggunakan metode trilaterasi. Beberapa langkah pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menyiapkan perangkat dan alat ukur, memposisikan NodeMCU-BU01 yang bertindak sebagai *anchor*, menjalankan pada *roslaunch*, melakukan kalibrasi jarak pada sudut yang berbeda, mendapatkan data posisi secara visual pada RViz, dan kemudian mendapatkan data posisi yang telah disimpan pada file format csv.



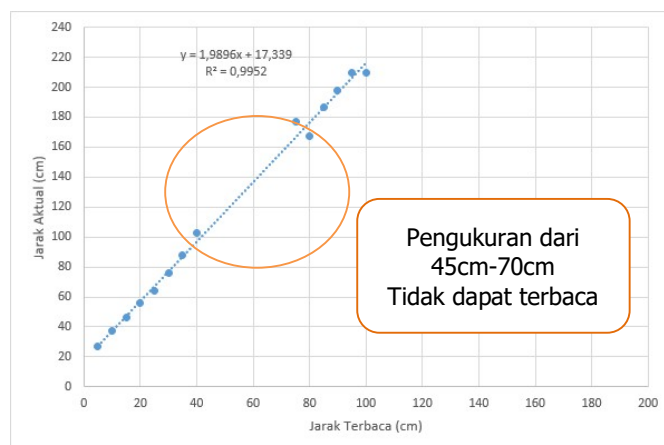
Gambar 6 (a). Pengujian Kalibrasi Jarak dengan Robot Radio Control (b). Skema Pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran Jarak

3.1.1 Pengukuran Langsung

Metode pengujian langsung yang dilakukan yaitu dengan mengukur jarak antara *tag* dan *anchor*. Terdapat 20 sampel data hasil pengukuran untuk perubahan jarak setiap 5 cm. Berikut hasil pengukuran jarak tanpa menggunakan metode pengukuran langsung dapat terlihat pada Gambar 7.

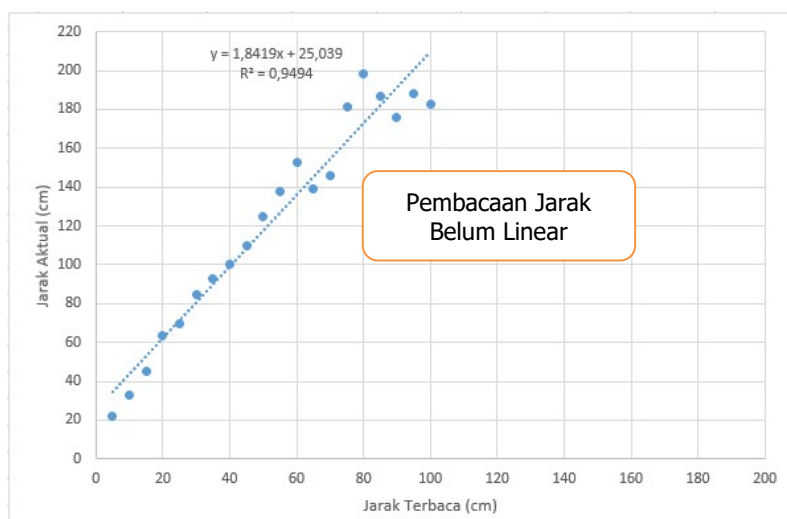


Gambar 7. Pengukuran Langsung menggunakan Robot Radio Kontrol

Dari 20 sampel data di atas dapat diketahui hasil pengukuran jarak dari 5 cm sampai 100 cm. Hasil pengukuran yang ditunjukkan dari Tabel 1 di bawah memiliki nilai kesalahan rata-rata sebesar 61,05 % dengan nilai kesalahan terbesar yaitu 81.48 % dan nilai kesalahan terkecilnya yaitu 52,09 %. Hasil kesalahan pengukuran jarak tersebut masih besar. Pada pengukuran di atas juga terdapat jarak yang tidak dapat terbaca dari 45 cm – 70 cm, maka akan dilakukan metode kalibrasi dengan regresi linear untuk menghasilkan jarak mendekati antara jarak yang terbaca dengan jarak aktual.

3.1.2 Pengukuran dengan Metode Regresi Linear

Metode yang akan digunakan untuk kalibrasi adalah dengan menggunakan regresi linear. Dengan menggunakan Tabel 1, kita akan mendapatkan formula regresi linear yang akan digunakan dengan bantuan *Microsoft Excel*. Terdapat 20 sampel data hasil pengukuran untuk perubahan jarak setiap 5 cm. Berikut hasil pengukuran jarak menggunakan metode kalibrasi dengan formula $y = 1,8419 \cdot x + 25,039$ yang ditunjukkan pada Gambar 8.



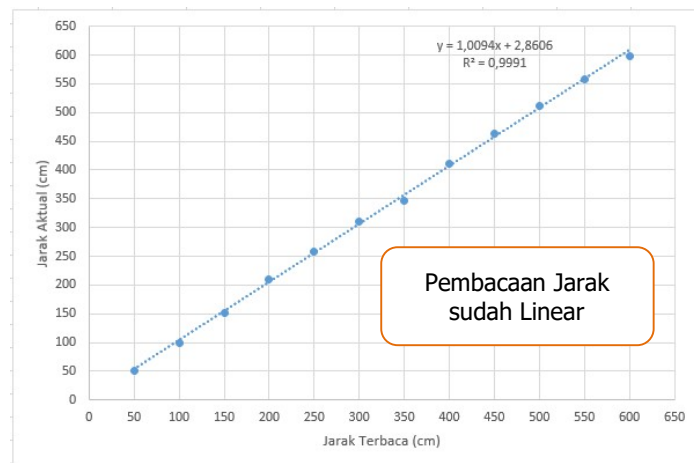
Gambar 8. Pengukuran Jarak dengan Regresi Linear

Dari 20 sampel data di atas dapat diketahui hasil pengukuran jarak dari 5 cm sampai 100 cm. Pada Tabel 1, terdapat nilai kesalahan rata-rata sebesar 59,7 % dengan nilai kesalahan terbesar yaitu 77,41 % dan nilai kesalahan terkecilnya yaitu 45,35 %. Dari hasil pengujian, kesalahan pengukuran jarak tersebut yang masih besar akan tetapi sudah dapat membaca seluruh percobaan data.

Hasil pengukuran jarak, baik menggunakan metode kalibrasi (regresi linear) maupun tanpa kalibrasi, menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat tinggi, yaitu lebih dari 50%. Nilai kesalahan sebesar ini tidak efisien untuk digunakan dalam *indoor* positioning. Oleh karena itu, akan digunakan metode kalibrasi jarak yang lain untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

3.1.3 Pengukuran dengan Metode *Moving Average*

Metode yang akan digunakan untuk kalibrasi adalah dengan menggunakan *Moving Average*. Terdapat 20 sampel data hasil pengukuran untuk perubahan jarak setiap 50 cm. Berikut hasil pengukuran jarak tanpa menggunakan metode kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran dengan metode *Moving Average*

Dari 12 sampel data di atas dapat diketahui hasil pengukuran jarak dari 50 cm sampai 600 cm. Pada Tabel 1, terdapat nilai kesalahan rata-rata sebesar 2,02 % dengan nilai kesalahan terbesar yaitu 4,3 % dan nilai kesalahan terkecilnya yaitu 0 %. Dari hasil kesalahan pengukuran jarak tersebut, metode *moving average* memiliki hasil yang lebih halus rata-ratanya daripada pengukuran langsung dan pengukuran dengan regresi linear.

3.2 Perkembangan Pengambilan Data Jarak

Pada sub bab 3.1, telah dipaparkan data pengambilan jarak dengan beberapa perkembangan sehingga mendapatkan nilai jarak terbaca yang mendekati dengan nilai jarak aktual. Berikut beberapa perbandingan yang didapatkan di dalam perkembangan pengambilan data jarak, yang terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Perkembangan Pengambilan Data Jarak

Pembanding	Pengukuran Langsung	Kalibrasi dengan Regresi Linear	Kalibrasi dengan <i>Moving Average</i>
Jarak yang dapat terbaca (Dari 0 cm -100 cm)	Tidak dapat membaca beberapa data jarak (Dari 45cm - 70cm)	Dapat terbaca seluruh data jarak	Dapat terbaca seluruh data jarak
Nilai kesalahan paling besar	81,48 %	77,41%	4,3 %
Nilai kesalahan rata-rata	61,5 %	59,7 %	2,02 %

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa penggunaan kalibrasi dengan metode *moving average* memiliki nilai kesalahan yang paling kecil. Untuk selanjutnya pengukuran jarak akan digunakan metode *moving average*.

3.3 Pengujian Jarak Menggunakan Robot RC

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sebuah Robot *Radio Control* (RC) yang bergerak pada lintasan lurus yang mempunyai panjang 2 meter dengan kecepatan yang sama. Berikut hasil pengukuran jarak secara dinamis ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Jarak dengan Robot RC

Kecepatan	Jumlah Percobaan	Jarak Aktual (m)	Jarak yang terbaca (m)	Nilai Kesalahan (%)
18 cm/s	1	1,41	1,43	1,40
		1,11	1,19	6,72
		1	1,05	4,76
		1,11	1,1	0,91
		1,41	1,44	2,08
	2	1,41	1,45	2,76
		1,11	1,08	2,78
		1	1,05	4,76
		1,11	1,13	1,77
		1,41	1,45	2,76
	3	1,41	1,41	0,00
		1,11	1,13	1,77
		1	1	0,00
		1,11	1,16	4,31
		1,41	1,47	4,08
	4	1,41	1,44	2,08
		1,11	1,15	3,48
		1	1	0,00
		1,11	1,15	3,48
		1,41	1,42	0,70
Nilai Kesalahan Rata-rata (%)				2,53

Dari empat percobaan diatas dapat diketahui Pada Tabel 2, terdapat nilai kesalahan rata-rata sebesar 2,53 % dengan nilai kesalahan terbesar yaitu 4,76 % dan nilai kesalahan terkecilnya yaitu 0 % dari hasil kesalahan pengukuran jarak tersebut.

3.4 Pengujian *Repeatability* pada Pengukuran Jarak

Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa baik hasil pembacaan jarak oleh kedua NodeMCU BU-01 apabila diukur berkali-kali dengan nilai jarak aktual yang sama. Pada pengujian ini dilakukan terhadap tiga nilai jarak aktual yang berbeda, yaitu dengan nilai aktual 100 cm, 150 cm dan 200 cm. Berikut hasil pengujian *repeatability* dari sepuluh kali pengulangan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian *repeatability* pada jarak

No	Pengujian <i>Repeatability</i> (cm)	Ketelitian Rata-rata (%)	Standar Deviasi
1	100	99	0,2
2	150	151,7	0,37
3	200	208,4	0,74

Tabel 3 menunjukkan nilai deviasi yang sangat kecil artinya hasil pengukuran jarak telah mampu mengukur jarak dengan tingkat kepresisian yang cukup tinggi.

3.5 Pengujian Pembacaan Posisi

Pengujian ini dilakukan dengan menentukan posisi yang akan diukur dengan meletakkan salah satu NodeMCU BU01 yang bertindak sebagai *tag* pada koordinat yang diinginkan di dalam bidang 3 m x 3 m. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan masing *anchor* ditempatkan secara tetap, dan menempatkan *tag* sesuai yang diinginkan. Berikut hasil pembacaan posisi dengan menggunakan metode yang ditunjukkan pada Tabel 4.

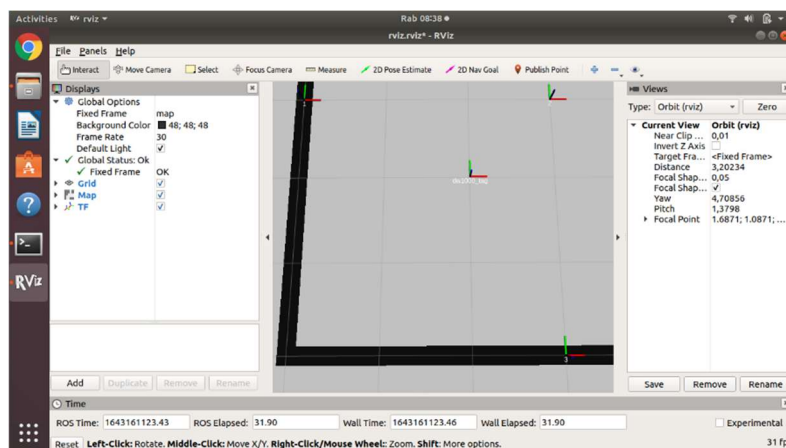
Tabel 4. Pengujian Akurasi Posisi

No	Posisi Aktual (cm)		Posisi Terbaca (cm)		Nilai Kesalahan (%)	
	x	y	x	y	x	y
1	1	1	1	1,01	0	1
2	1	2	1,02	1,95	2	2,5
3	2	1	2,07	1,07	3,5	7
4	2	2	1,99	2,09	0,5	4,5
5	1,5	1,5	1,5	1,49	0	0,67
Nilai Kesalahan Rata-Rata (%)					1,2	3,13

Dari 5 sampel data di atas dapat diketahui hasil pengukuran posisi. Pada Tabel 4, pada pembacaan posisi pada sumbu X didapatkan hasil kesalahan rata-rata sebesar 1,2 % dan untuk pembacaan posisi pada sumbu Y didapatkan hasil kesalahan rata-rata sebesar 3,13 %.

3.6 Pengujian Pembacaan Posisi

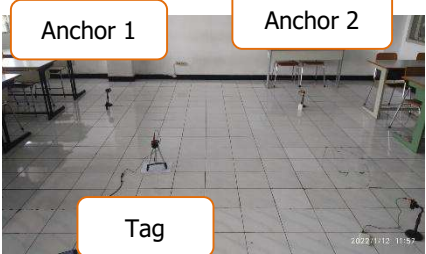
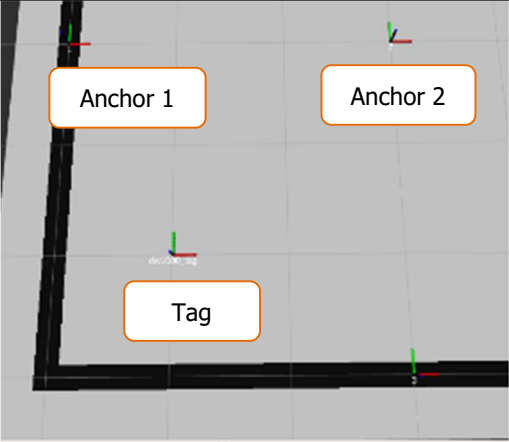
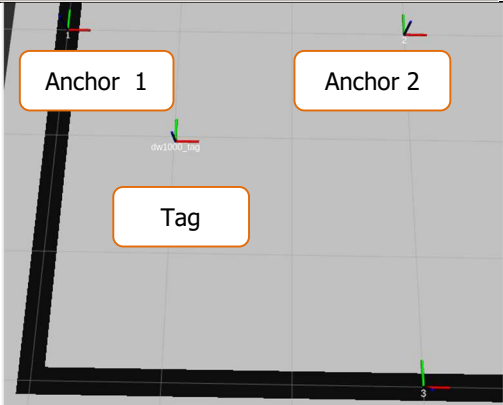
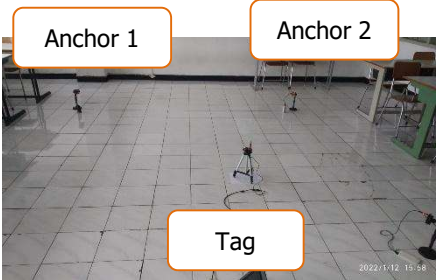
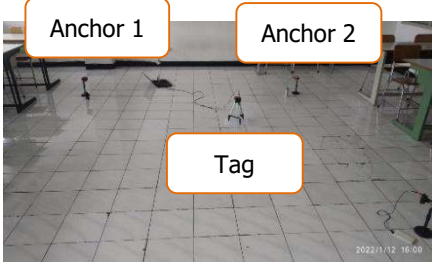
Untuk memanfaatkan hasil pengujian ini, digunakan *Robotic Operating System* sebagai aplikasi penggunaan. Dalam penggunaan tersebut digunakan syntax "\$ ros launch dw1000 dw1000.launch" sebagai kode untuk melakukan visualisasi menggunakan RViz. Rviz merupakan bagian dari *Robotic Operating System* (ROS) yang ditunjukkan pada Gambar 10.

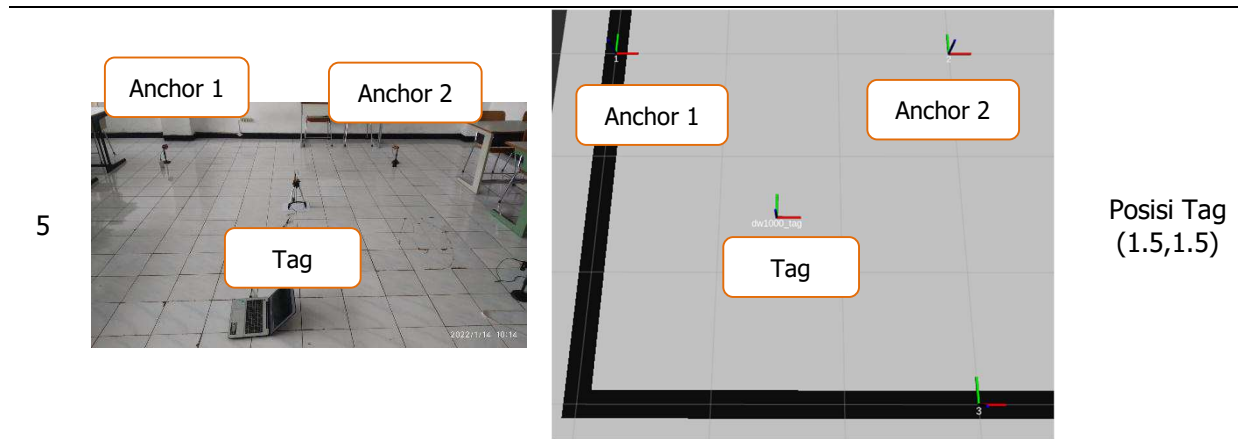


Gambar 10. Aplikasi *Ultra-wideband* pada ROS

Pengujian pada RViz dilakukan dengan menentukan posisi secara aplikatif dengan meletakkan salah satu NodeMCU sebagai *tag* dan NodeMCU lain sebagai *anchor*, kemudian juga ditampilkan tampilan pengambilan data secara langsung dan juga secara visualisasi yang akan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tampilan secara Visual dengan RViz

No	Pengukuran Langsung	Visualisasi pada RViz	Deskripsi
1			Posisi Tag (1,1)
2			Posisi Tag (1,2)
3			Posisi Tag (2,1)
4			Posisi Tag (2,2)



4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap penggunaan sistem *Ultra-wideband* untuk pemosisian dalam ruang selama proses penyusunan penelitian ini, sudah dapat dilakukan pengukuran posisi di dalam ruangan dengan penggunaan sinyal UWB. Sebelum mendapatkan data berupa posisi, dihasilkan data jarak antara masing-masing NodeMCU BU01 yang bertindak sebagai *anchor* dan *tag* dengan penggunaan algoritma *two way ranging*. Untuk menghaluskan data hasil algoritma *two way ranging* pada pengukuran jarak, digunakan metode *moving average filter*. Penggunaan metode *moving average* mendapatkan nilai kesalahan yang paling kecil dan peningkatan akurasi pengukuran daripada penggunaan metode penghalusan data dengan regresi linear maupun pengukuran langsung. Pengujian akurasi secara statis dan dinamis dengan *moving average* didapatkan hasil pengukuran akurasi dengan nilai kesalahan terbesar 4,3% dalam rentang pengukuran dari 50 cm sampai dengan 600 cm. Setelah didapatkan hasil data jarak, kemudian dibutuhkan teknik penentuan posisi dengan menggunakan metode trilaterasi. Pada pengujian akurasi posisi dengan metode trilaterasi, pada sumbu X didapatkan hasil kesalahan rata-rata sebesar 1,2 % dan untuk pembacaan posisi pada sumbu Y didapatkan hasil kesalahan rata-rata sebesar 3,13 %. Pada penelitian ini juga sudah dilakukan penyimpanan atau pencatatan hasil perubahan posisi yang terjadi antara *tag* dan *anchor* pada sistem berbasis ROS dan semua perubahan data posisi dapat dilihat pada tampilan *RViz* secara langsung dan semua perubahan data posisi disimpan pada file .csv.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada P4M - Politeknik Manufaktur Bandung melalui hibah penelitian mandiri dan Universitas Telkom sebagai mitra dalam penelitian bersama. Penelitian dilakukan di Politeknik Manufaktur Bandung dan kerjasama dengan peneliti dari Universitas Telkom.

DAFTAR RUJUKAN

Alarifi, A., Al-Salman, A., Alsaleh, M., Alnafessah, A., Al-Hadhrani, S., Al-Ammar, M. A., & Al-Khalifa, H. S. (2016). Ultra wideband indoor positioning technologies: Analysis and recent advances. *Sensors (Switzerland)*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/s16050707>

- Bostanci, B., Soyunmez, E., & Oguz-Ekim, P. (2019). The LiDAR and UWB based Source Localization and Initialization Algorithms for Autonomous Robotic Systems. *11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*.
- Che, F., Ahmed, Q. Z., Lazaridis, P. I., Sureephong, P., & Alade, T. (2023). Indoor Positioning System (IPS) Using Ultra-Wide Bandwidth (UWB)—For Industrial Internet of Things (IIoT). *Sensors*, 23(12). <https://doi.org/10.3390/s23125710>
- Cheng, G. (2012). Accurate TOA-Based UWB Localization System in Coal Mine Based on WSN. *Physics Procedia*, 24, 534–540. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.02.078>
- Cigánek, J., Kozák, S. (Štefan), Kozáková, A., IEEE Czechoslovakia Section. Control Systems Society Chapter, Slovenská spoločnosť pre kybernetiku a informatiku, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2020). Navigation of the mobile robots using the RTLS technology implemented in the ROS. *Cybernetics & Informatics (K&I)*.
- Cotera, P., Velazquez, M., Cruz, D., Medina, L., & Bandala, M. (2016). Indoor Robot Positioning Using an Enhanced Trilateration Algorithm. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 13(3). <https://doi.org/10.5772/63246>
- Duru, A., Sehirli, E., & Kabalci, I. (2018, June 19). Ultra-Wideband positioning system using TWR and lateration methods. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3234698.3234756>
- Hadipranoto, A. A., Kuantama, E., & Uranus, H. P. (2019). UWB Communication Module Design for User Tracking and Following System for Hovercrafts. *Prosiding Seminar Nasional Sains, Rekayasa & Teknologi (SNSRT)*. <https://www.researchgate.net/publication/335188960>
- Pan, D., & Yu, Y. (2019). Indoor Position System Based on Improved TDOA Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 585(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/585/1/012075>
- Patoliya, J., Rajai, P. T., Kaur Saini, J. S., Khatwani, K., Professor, A., & Patel, V. T. (2019). Brief Review On Wireless Ros Master-Slave Communication Using Embedded IoT Device: NodeMCU. *International Journal of Research and Analytical Reviews(IJRAR)*, 6(2). <http://ijrar.com/>
- Pinar, O.-E., Bostanci, B., & Söyünmez, S. Ç. T. ve E. (2020). The EKF based Localization and Initialization Algorithms with UWB and Odometry for Indoor Applications and ROS Ecosystem. *28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*.
- Prana, T. A., Hannats, M., Ichsan, H., & Setyawan, G. E. (2019). Monitoring Daya Menggunakan Algoritma Shortest Job First Pada Wireless Sensor Network. *Jurnal*

Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 3(1), 593–602. <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Thinker, A. (2020). *NodeMCU-BU01 Specification V 1.1*.

Wang, N., Yuan, X., Ma, L., & Tian, X. (2020). Research on Indoor Positioning Technology Based on UWB. *Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*.

Yang, J., & Yan, M. (2018). Implementation of UWB indoor location and distance measurement based on TOF algorithm. *MATEC Web Conf.* 173, 03018. <https://doi.org/10.1051/matecconf/2018173>