

SISTEM PELACAKAN POSISI DALAM RUANGAN

Andreas Willyanto, Petrus Santoso

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto No. 121-131, Surabaya, 60236, Indonesia
E-Mail: C11190004@john.petra.ac.id, petrus@petra.ac.id

Abstrak - Sangat sulit untuk lansia agar dapat hidup mandiri. Kondisi lansia yang mudah sakit sangat berbahaya jika tidak ada yang mengawasi. Perlu adanya sistem yang dapat digunakan untuk mengawasi posisi lansia. Agar dapat mengetahui posisi lansia, perlu adanya alat yang dapat digunakan untuk melacak lansia tersebut. salah satu alat baru yang sedang dikembangkan untuk pelacakan dalam ruangan adalah UWB. UWB menggunakan gelombang radio untuk melakukan perhitungan lokasi. Dengan gelombang radio, proses penentuan jarak dapat dilakukan dengan mudah. proses pencarian lokasi dapat dilakukan walaupun berbeda ruangan, karena gelombang radio bergerak di udara. Sehingga proses pelacakan dapat dilakukan secara wireless.

Kata Kunci – pelacakan dalam ruangan, ultra-wide band, DW1000, IoT, ESP32

I. PENDAHULUAN

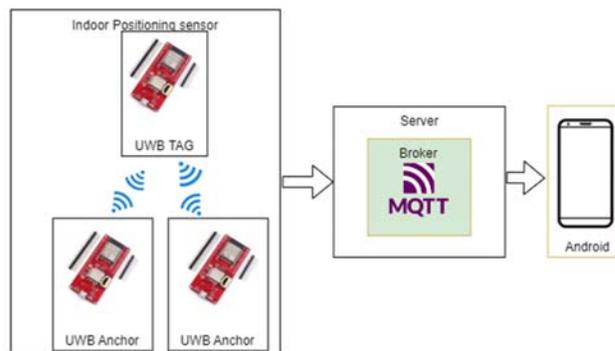
Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kalangan lansia yang cukup besar. Pada tahun 2021, proporsi lansia mencapai 10,82 persen atau sekitar 29,3 juta orang. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa Indonesia sudah memasuki fase struktur penduduk menua, yang ditandai dengan proporsi penduduk berusia 60 tahun ke atas di Indonesia yang sudah melebihi 10 persen dari total penduduk[1] Tentu hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa lansia tidak terhindar dari beban kesehatan yang membuat lansia memerlukan pendampingan.

Tidak semua lansia memiliki pendamping yang dapat membantu memenuhi kebutuhannya setiap saat. Banyak keluarga yang tidak memiliki waktu untuk merawat dan mendampingi lansia. Kesibukan dalam mencari penghasilan menjadi salah satu kendala keluarga untuk dapat merawat dan mendampingi lansia secara terus menerus. Sedangkan lansia yang memiliki kendala kesehatan memerlukan perawatan serta perhatian lebih[2]. Sehingga dibutuhkannya solusi yang dapat membantu keluarga dalam memonitor aktivitas dari lansia. Solusi tersebut dapat berupa sistem pemantauan kondisi lansia yang dapat dimonitor secara jarak jauh. Dengan solusi tersebut keluarga dapat memantau kondisi lansia tanpa perlu pendamping.

Sistem pemantauan aktivitas dari lansia merupakan sebuah sistem yang mampu memberikan informasi-informasi berupa aktivitas dari lansia. Informasi-informasi tersebut dapat digunakan oleh seseorang untuk memantau aktivitas lansia. Contoh sistem pemantauan kesehatan lansia yang dikembangkan oleh perusahaan bernama sensor. Sistem tersebut mampu melacak lokasi lansia dan mencatat langkah lansia. Untuk dapat menghasilkan data-data tersebut, tentu terdapat sensor-sensor yang berguna menghasilkan data tersebut. Beberapa sensor yang dapat digunakan untuk melakukan pelacakan adalah UWB, bluetooth, WIFI, dan RFID[3].

Sistem Pemantauan aktivitas lansia menggunakan yang mampu memberikan titik lokasi sedang diminati. Hal ini karena banyaknya teknologi baru yang dapat digabungkan dengan sistem pelacakan didalam ruangan. Salah satunya keuntungan mengetahui posisi adalah penggabungan pelacakan dengan telepresence robot. Ketika lansia terdeteksi dalam keadaan yang mengkhawatirkan, telepresence dapat mengetahui lokasi lansia dan menuju lokasi lansia. Telepresence akan dikendalikan oleh pengawas dan dapat berinteraksi dengan lansia untuk mengetahui keadaan lansia.

II. DESKRIPSI SISTEM

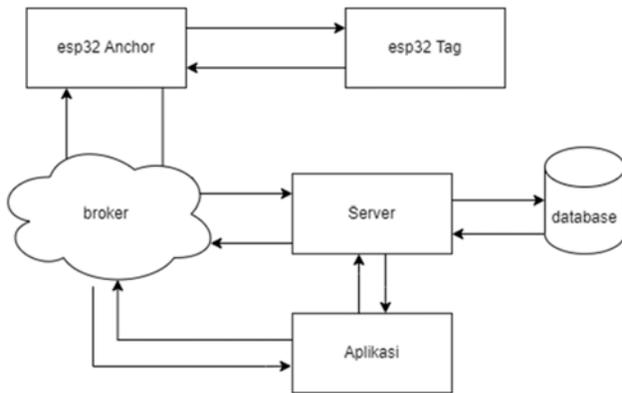


Gambar 1. Arsitektur Perangkat

Dapat dilihat pada Gambar 1 adalah kerangka dari sistem pendeteksi posisi di dalam ruangan. Melalui diagram arsitektur tersebut, dapat dilihat perangkat-perangkat yang digunakan dalam sistem ini. Perangkat-perangkat tersebut dapat dibagi menjadi 3 entitas yang berbeda. Setiap perangkat memiliki perannya masing-masing agar sistem dapat berjalan dengan baik. Pada sistem ini terdapat ESP32 ultra-wide band sebagai sensor pendeteksi posisi dan mengirimkan data kepada server melalui MQTT. Terdapat juga server yang berfungsi untuk menerima data dan mengolah data tersebut. terdapat juga android yang digunakan untuk visualisasi data. Android juga dapat terhubung dengan server menggunakan sistem REST API yang disediakan oleh server. Untuk diagram arsitektur sistem ini secara keseluruhan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

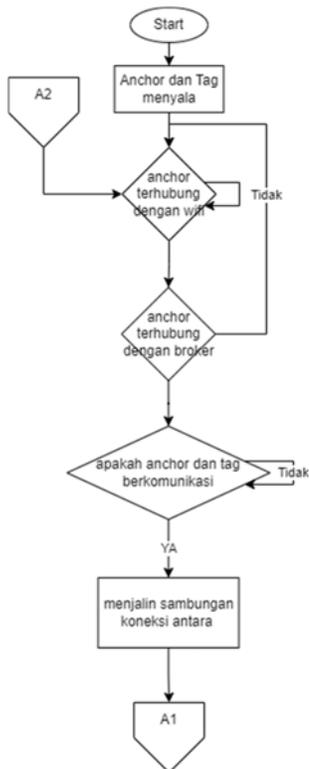
Dapat dilihat melalui Gambar 2, server tidak berkomunikasi dengan ke semua perangkat secara langsung. Proses dimulai dengan ESP32 UWB saling bertukar informasi untuk memperoleh jarak. ESP32 UWB akan dibagi menjadi 2 bagian yang terdiri dari anchor dan tag. Anchor adalah ESP32 yang diletakkan di dalam ruangan, sedangkan ESP32 tag adalah perangkat yang dibawa oleh orang yang dipantau. Kedua

perangkat akan berkomunikasi untuk memperkirakan jarak satu dengan yang lain. Data hasil perhitungan tersebut akan dikirimkan kepada server menggunakan MQTT broker.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

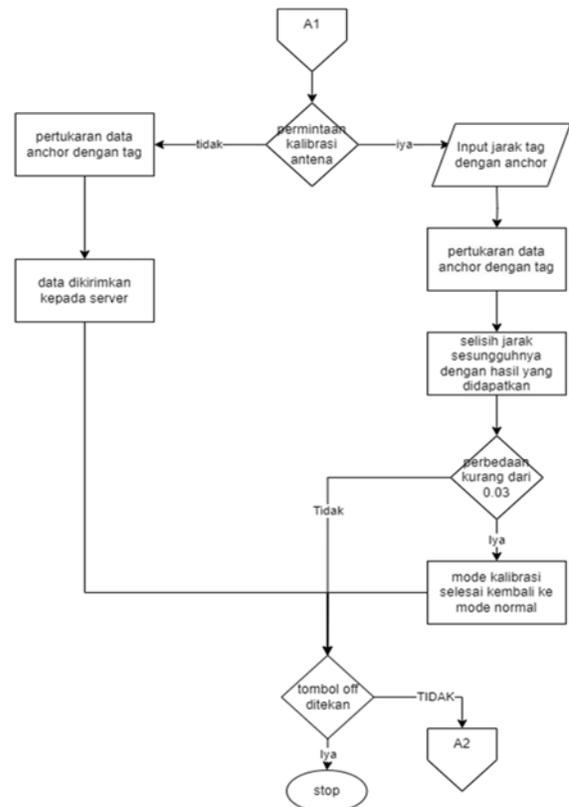
Proses selanjutnya adalah server menerima setiap data dari MQTT broker dan mengolah data tersebut. data yang diterima akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan titik koordinat. Titik koordinat tersebut akan dikirimkan kepada android agar dapat mempermudah melakukan pemantauan. Selain itu server dapat berkomunikasi dengan aplikasi di android menggunakan REST API. Metode ini digunakan untuk mengirimkan permintaan khusus seperti Log in dan permintaan data history dari lokasi lansia masa lampau yang tersimpan pada database.



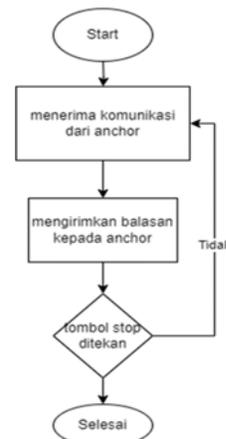
Gambar 3. Flowchart ESP32 UWB Anchor

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan flowchart dari sistem ESP32 UWB dalam sistem pendeteksi lokasi. Cara kerja dari ESP32 dimulai dari Ketika perangkat menyala. Setelah perangkat menyala, ESP32 akan menyambun dengan wifi dan

broker. Setelah perangkat berhasil terhubung, perangkat siap digunakan untuk proses perhitungan. Pada Gambar 4, ESP32 akan melakukan pemeriksaan jika diminta melakukan proses kalibrasi antenna. Jika perangkat tidak menerima permintaan kalibrasi, perangkat akan berusaha berkomunikasi. Jika perangkat menerima pesan Dari tag, perangkat akan melakukan pengukuran jarak dengan tag. Sedangkan jika perangkat menerima pesan untuk melakukan kalibrasi, perangkat akan meminta jarak anchor dengan tag terdekat. Setelah menerima pesan tersebut, perangkat akan mencari tag tersebut dan melakukan proses perhitungan dengan tag agar hasil pengukuran sesuai dengan jarak yang dikirimkan oleh pengguna. Setelah perhitungan selesai, anchor akan memasuki mode pengukuran jarak dengan tag seperti semula.



Gambar 4. Flowchart ESP32 UWB Anchor



Gambar 5. Flowchart ESP32 Tag

Dapat dilihat pada Gambar 5, tag hanya bekerja Ketika menerima permintaan dari anchor. Tugas dari tag hanyalah memberikan balasan kepada anchor ketika tag menerima pesan dan mengirimkan balasan kepada anchor waktu dari tag untuk menerima pesan dan pengirim pesan. Setelah pesan dikirimkan kepada anchor, anchor yang menerima akan menghitung jarak dengan membandingkan perbedaan waktu tersebut.

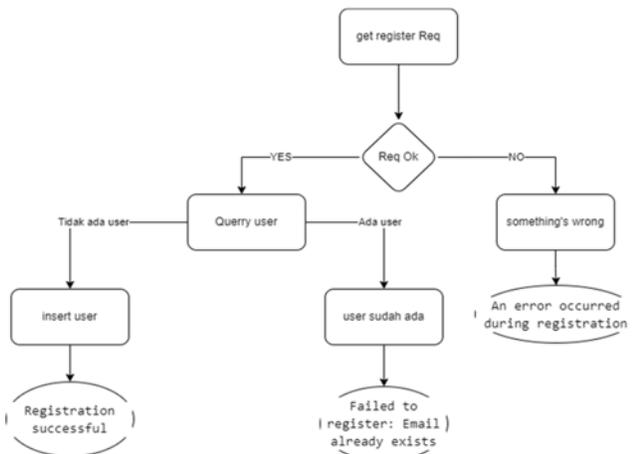
$$Tof = \frac{(tt-ak)+(at-tk)}{2} * C \quad (1)$$



Gambar 6. Flowchart Trilaterasi Server

Dari Gambar 6, server yang menerima data lokasi akan melakukan filter terhadap data yang diterima menggunakan proses Bernama Kalman filter. Kalman filter berfungsi untuk mengurangi pengaruh data yang distorsi terhadap data sebenarnya. setelah data di proses, jarak *anchor* dari *tag* akan di kumpulkan dan dilakukan perhitungan dengan rumus

$$(x - x_{anchor})^2 + (y - y_{anchor})^2 + (z - z_{anchor})^2 = r^2 \quad (2)$$



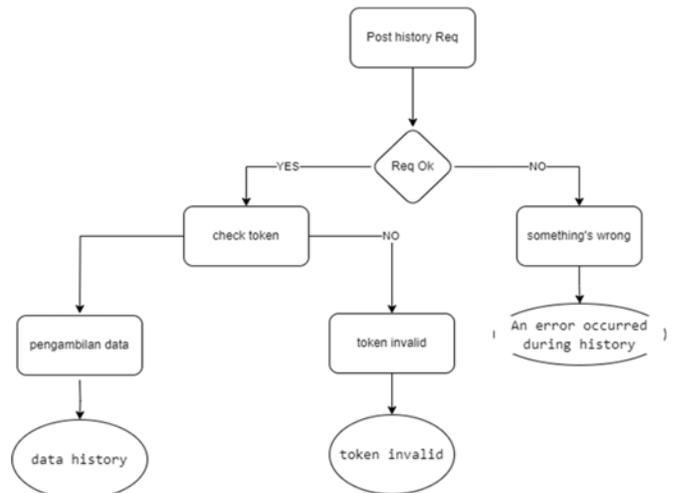
Gambar 7. Flowchart REST API Register

Gambar 7 adalah *flowchart* dari respon yang diberikan REST API ketika pengguna mengakses *path register*. Pengguna akan mendapatkan tiga respon yang berbeda sesuai dari informasi yang diberikan pengguna. Tujuan utama dari layanan ini adalah mendaftarkan akun agar identitas pengguna dapat disimpan sebelum pengguna menggunakan layanan yang lainnya.



Gambar 8. flowchart REST API Login

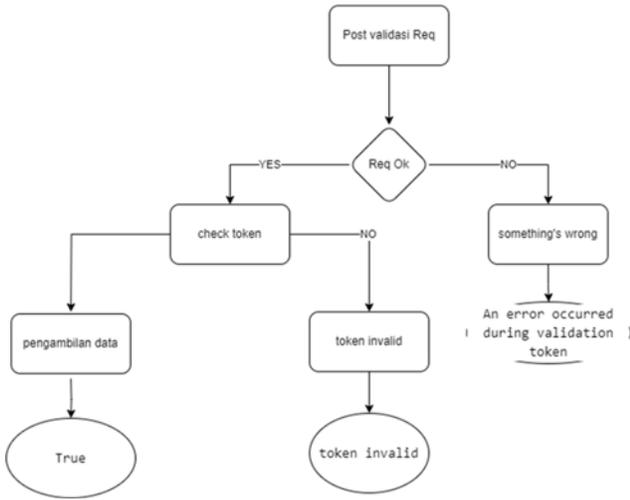
Gambar 8 adalah flowchart dari layanan REST API ketika pengguna ingin melakukan proses login/authentikasi. Pengguna akan mengirimkan nama dan password untuk identifikasi pengguna. Server akan melihat, apakah nama dan password tersebut dikenali oleh database. Server akan memberikan empat jawaban kepada pengguna. Jawaban tersebut terdiri dari ketika ada error pada pengiriman, ketika nama atau password gagal, ketika user pertamakali melakukan autentifikasi, dan ketika user sudah pernah melakukan autentifikasi. Jika identifikasi berhasil, pengguna akan mendapatkan sebuah pengenal berupa token. Jika pengguna ingin mengakses layanan yang lain, pengguna akan diminta untuk mengirimkan token tersebut sebagai pengenal.



Gambar 9. Flowchart REST API History

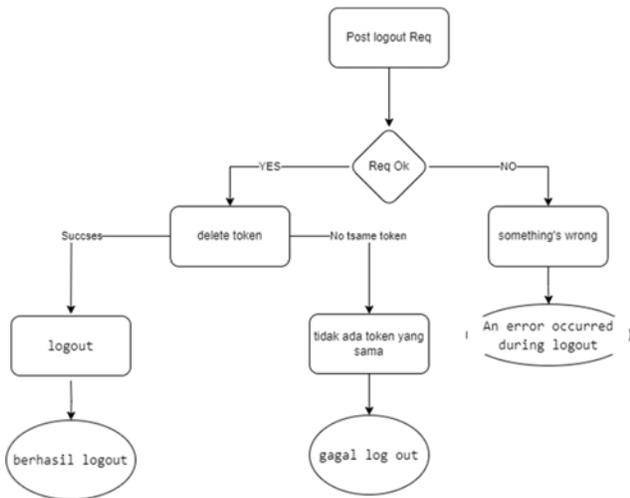
Gambar 9 merupakan flowchart sistem dari layanan REST API untuk history. Layanan ini memberikan data hasil perhitungan trilaterasi yang disimpan di database dalam kurung waktu

tertentu. Layanan ini berguna untuk melihat kebiasaan dari lansia sehari-hari dan aktifitas apa saja yang dilakukan. Pada layanan ini pengguna akan diminta mengirimkan identifikasi dan jarak waktu yang diminta. Jika data ditemukan, data akan dikirimkan kepada pengguna.



Gambar 10. Flowchart REST API Validasi

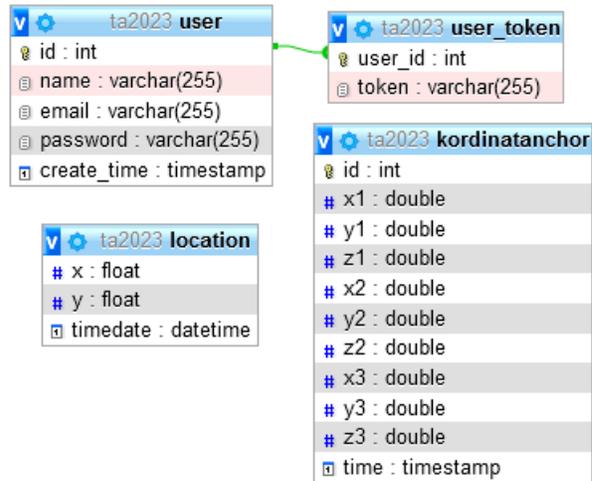
Layanan pada gambar 10 adalah proses validasi sistem pengenalan yang dikirimkan kepada pengguna. Jika pengguna ingin memeriksa apakah token belum kadaluarsa, pengguna dapat mengirimkan token tersebut pada layanan ini. Layanan ini akan melihat apakah token tersebut dapat digunakan atau tidak. Jika token tersebut dapat digunakan, pengguna dapat melanjutkan layanan yang lainnya. Jika pengguna memiliki token yang tidak valid, pengguna akan diminta untuk melakukan proses login/authentifikasi ulang sebelum menggunakan layanan yang lainnya.



Gambar 11. Flowchart REST API Logout

Layanan REST API pada gambar 11 berfungsi untuk melayani pengguna ketika ingin melakukan proses logout. Proses logout/menghapus token yang digunakan. Jika pengguna ingin mengganti akun, atau keluar dari server, pengguna dapat mengirimkan token yang ingin dihapus pada layanan ini. Server akan melihat token tersebut dan menghapusnya dari database. Semisal token diambil oleh orang lain, pengguna dapat menghapusnya dan membuat token yang baru. Setelah

pengguna menghapus token tersebut, pengguna harus mengulangi proses autentifikasi dari awal lagi dengan mengirimkan password dan nama kepada server menggunakan layanan login.



Gambar 12. ERD Database

Gambar 12 merupakan ERD (entity relation diagram) dari database yang berada di dalam server. database terdiri dari empat tabel dengan dua tabel yang saling tidak berhubungan dan dua tabel yang memiliki relasi. Tabel lokasi dan kordinatananchor digunakan untuk kepentingan sistem dalam trilaterasi. Sedangkan tabel user dan user_token digunakan server dalam memberikan layanan API.

Dalam kepentingan trilaterasi tabel kordinatananchor berguna untuk menyimpan titik titik lokasi dari anchor. penyimpanan berupa jarak anchor dari titik tengah (0,0,0). Setelah server melakukan trilaterasi, data tersebut akan disimpan kedalam tabel lokasi. Data pada tabel lokasi ini akan dikirimkan kepada client menggunakan REST API. Data tersebut digunakan sebagai sistem pemantauan lokasi lansia pada waktu waktu lalu. Tabel user akan digunakan untuk dalam API dalam layanan login. Ketika pengguna mengirimkan username dan password, tabel inilah sebagai indikator identitas pengguna. pengguna dapat melakukan proses pendaftaran menggunakan REST API. Jika identitas user diketahui, maka server akan membuatkan id token sebagai bukti identitas pengguna. Token akan disimpan ke dalam tabel user_token. Ketika pengguna masuk token yang ada akan dilakukan validasi. Sehingga ketika pengguna ingin melakukan aktivitas dengan REST API, identitas pengguna dapat dilacak dan diketahui.

III. PERCOBAAN DAN ANALISA

A. Pengukuran Daya Perangkat

Pada percobaan pengukuran ketika daya rendah didapati arus yang digunakan adalah 0,19 Ampere dan tegangan 5v. Sedangkan pada percobaan mode frekuensi tinggi ampere yang didapatkan hingga 0,25A dengan tegangan 5v. Arus yang diambil adalah arus tertinggi selama percobaan dilakukan. Berdasarkan data tersebut kita dapat menggunakan rumus dari persamaan 3 untuk memperoleh daya perangkat.

$$\text{Daya} = \text{ arus } \times \text{ tegangan} \tag{3}$$

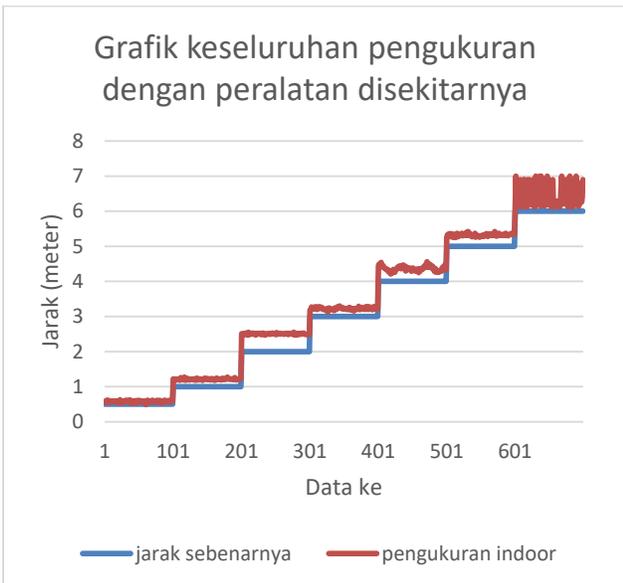
$$\text{Energi} = \text{ daya } \times \text{ waktu(detik)} \tag{4}$$

Pada mode hemat daya, daya yang dibutuhkan adalah 0.95W. Sedangkan pada mode frekuensi tinggi daya yang dibutuhkan adalah 1,25 W. pada percobaan menggunakan baterai sebagai sumber, baterai hanya bertahan selama kurang lebih 100 detik untuk menyalakan perangkat. Dengan persamaan 4 energi yang digunakan sebesar 95W dalam kurung waktu 100 detik.

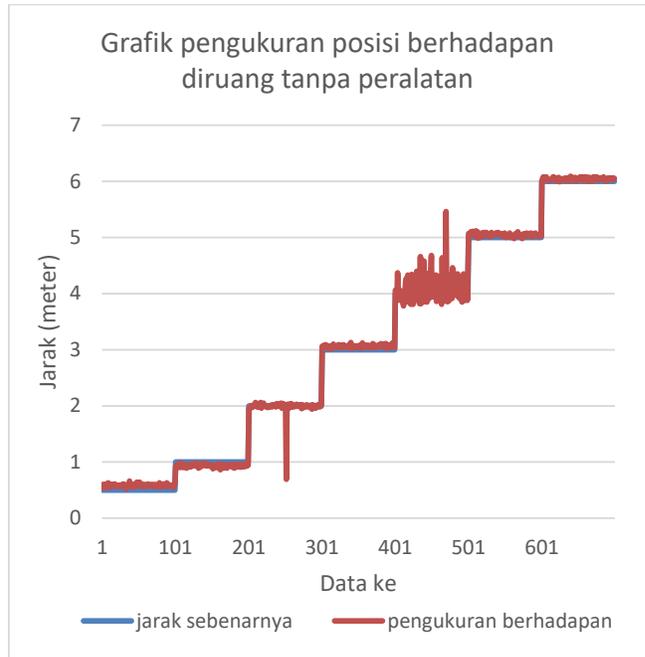


Gambar 13. Hasil Pengukuran Penggunaan Daya Perangkat

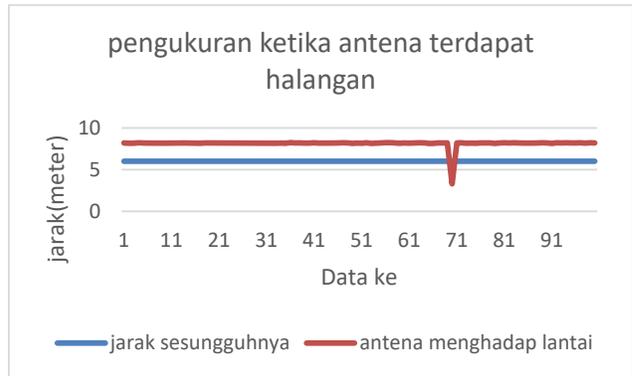
B. Pengujian Kemampuan Alat Dalam Ketika Ada Peralatan
 Dapat diperhatikan pada dari Gambar 14 dan Gambar 15, perangkat memperoleh hasil yang lebih mendekati jarak sesungguhnya pada Gambar 15. Hal ini disebabkan oleh peralatan yang ada disekitar ruangan dapat mempengaruhi proses pengukuran dari perangkat. Pada Gambar 15, dapat dilihat terkadang muncul gangguan pada proses perhitungan jarak sehingga terdapat pengukuran yang memiliki kesalahan yang besar. Penyebab munculnya error ini dapat diakibatkan dari data yang rusak selama proses komunikasi antara anchor dan tag, terdapat sesuatu yang mengganggu proses perhitungan tag dan anchor. pada gambar 15, hasil pengukuran pada 4 meter dapat dilihat bergerak naik turun. Hal ini disebabkan karena adanya rumah lampu yang terbuat dari bahan metal mengganggu pengukuran. Pada gambar 14 dapat dilihat juga pada 6 meter, data mengalami gangguan yang serupa dengan gambar 15 pada pengukuran 4 meter



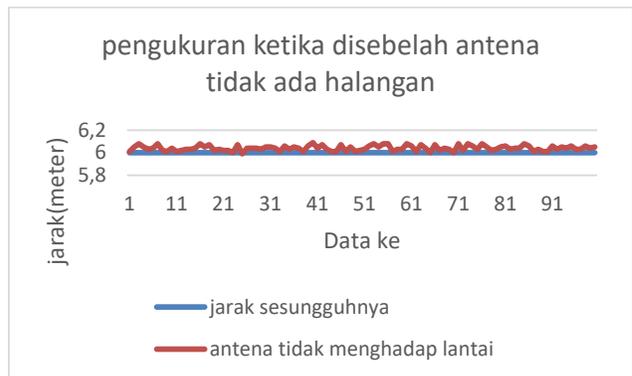
Gambar 14. Grafik Pengukuran dengan Peralatan di Ruangan



Gambar 15. Grafik Pengukuran Tanpa Peralatan di Sekitarnya



Gambar 16. Pengukuran dengan Antena Terdapat Halangan Dinding



Gambar 17. Pengukuran Ketika Antena Tidak Ada Halangan

Dapat diperhatikan dari Gambar 16 dan Gambar 17, hasil pengukuran jauh lebih baik pada gambar 17. Pada gambar 16 anchor diposisikan dekat dengan dinding hingga menempel dengan dinding. Hasil yang diberikan dari perhitungan perangkat kurang lebih 8 meter. Sedangkan jarak sesungguhnya kedua alat adalah 6 meter. Kesalahan perangkat kurang lebih sebesar 2 meter. Kesalahan 2 meter dapat dikatakan cukup besar. Sedangkan pada gambar 17, dapat dilihat hasil pengukuran bernilai 6 meter hingga 6,1 meter.

Hasil perolehan ini jauh lebih baik dari pada gambar 16. Sehingga dapat disimpulkan, peletakan anchor tidak boleh diujung ruangan hingga antenna menghadap ke arah dinding. Jika ingin meletakkan pada dinding perlu memperhatikan arah antenna mengirimkan gelombang radio tidak terdapat gangguan seperti dinding.

C. Pengukuran Ruang Jangkauan Perangkat

Tabel 1. Pengukuran Jangkauan Perangkat

	Berhadapan	Membelakangi	ke atas
Jarak terjauh (meter)	101,03	78,89	24,46

Dari Tabel 1 dapat dilihat arah posisi anchor dan tag dapat mempengaruhi jarak pengukuran. Ketika antenna dari anchor dan tag saling berhadapan, pengukuran dapat dilakukan hingga jarak 101,03 meter sebelum perangkat putus. Dapat disimpulkan posisi antenna dari anchor dan tag saling berhadapan adalah kondisi yang ideal. Sedangkan kondisi yang paling tidak ideal adalah antenna dari anchor dan tag menghadap keatas. Karena dengan pemosisian seperti itu, jarak yang dihasilkan menjadi tidak akurat dan sangat mudah putus. Karena sinyal yang dikirimkan dari anchor akan dipantulkan ke atas ruangan sebelum diterima oleh tag. Jika jarak atap sangatlah jauh, hal ini dapat mempengaruhi hasil pengukuran dari perangkat. Jika pada bagian atas terdapat sesuatu seperti lampu, barang tersebut dapat mengganggu pengukuran dari perangkat. Oleh karena itu, posisi dimana antenna anchor dan tag mengarah keatas sangat tidak dianjurkan.

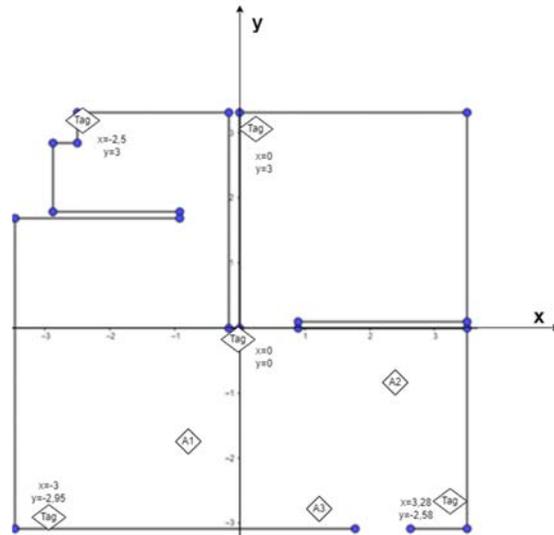
D. Percobaan trilaterasi pada indoor dan outdoor

Error! Not a valid bookmark self-reference. adalah hasil dari percobaan trilaterasi tag yang ada didalam ruangan dengan peletakan seperti gambar 18. A1,A2, dan A3 adalah posisi dimana anchor diletakan pada percobaan tersebut. Dapat dilihat dari tabel 2, pengukuran ketika berbeda ruangan dari anchor masih mengalami kegagalan. Sedangkan pengukuran dimana anchor dan tag berada dalam satu ruangan yang sama berhasil dilakukan. Dapat disimpulkan perangkat masih belum berhasil mengatasi halangan seperti tembok dalam melakukan pengukuran. Tetapi perangkat mampu mengatasi halangan berupa peralatan dengan baik. Walaupun dapat dilihat posisi kordinat seharusnya dan hasil pengukurat tidak akurat seratus persen. Masih terdapat gangguan dimana kesalahan sebesar 0,5 meter. Hal ini terjadi karena pengaruh peralatan disekitar dan keakurasian dari perangkat.

Tabel 2. Percobaan Dalam Ruangan

Hasil pengukuran (meter)		Seharusnya (meter)		
x	y	x	y	z
-0,01	0,02	0	0	0
0,00	0,02	0	0	0
-0,01	0,01	0	0	0
0,00	0,00	0	0	0
-0,03	0,00	0	0	0
2,30	-2,59	3,28	-2,58	0
2,30	-2,67	3,28	-2,58	0
2,32	-2,69	3,28	-2,58	0

Hasil pengukuran (meter)		Seharusnya (meter)		
2,36	-2,72	3,28	-2,58	0
2,22	-2,57	3,28	-2,58	0
-2,90	-3,39	-3	-2,95	0,86
-3,73	-2,96	-3	-2,95	0,86
-3,73	-2,99	-3	-2,95	0,86
-3,74	-2,95	-3	-2,95	0,86
-3,65	-3,11	-3	-2,95	0,86
gagal	Gagal	0	3	0
gagal	Gagal	0	3	0
gagal	Gagal	0	3	0
gagal	Gagal	0	3	0
gagal	Gagal	0	3	0
gagal	Gagal	0	3	0
gagal	Gagal	-2,5	3	0
gagal	Gagal	-2,5	3	0
gagal	Gagal	-2,5	3	0
gagal	Gagal	-2,5	3	0
gagal	Gagal	-2,5	3	0

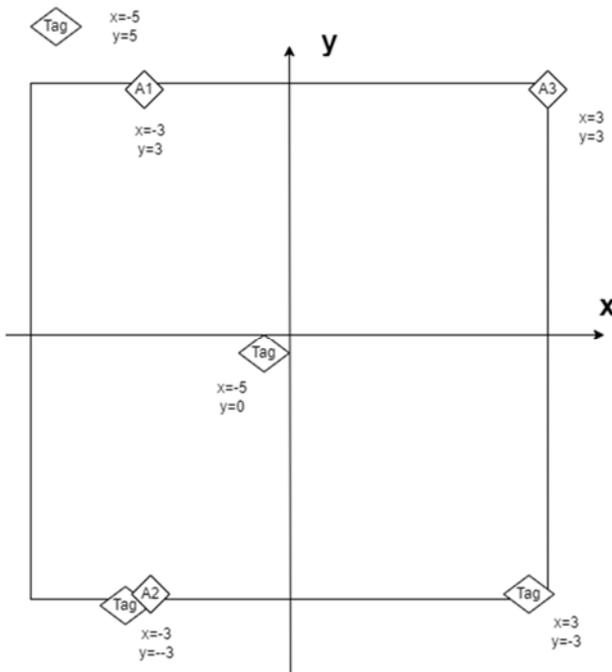


Gambar 18. Skema Percobaan dari Tabel 2

Tabel 3. Hasil Pengukuran pada Ruangan Terbuka

Hasil pengukuran (meter)			Seharusnya (meter)		
x	Y	z	x	y	z
-2,99	-3,11	2,21	-3	-3	2,2
-2,99	-3,10	2,23	-3	-3	2,2
-3,01	-3,10	2,15	-3	-3	2,2
-3,01	-3,08	2,21	-3	-3	2,2
-2,99	-3,08	2,18	-3	-3	2,2
0,03	-0,50	1,99	0	-0,5	2,2
0,03	-0,50	1,99	0	-0,5	2,2
0,02	-0,48	2,04	0	-0,5	2,2
0,00	-0,52	1,98	0	-0,5	2,2

Hasil pengukuran (meter)			Seharusnya (meter)		
x	y	z	x	y	z
-0,01	-0,46	2,06	0	-0,5	2,2
3,12	-2,97	1,72	3	-3	1,75
3,13	-2,94	1,73	3	-3	1,75
3,15	-3,01	1,78	3	-3	1,75
3,14	-2,99	1,77	3	-3	1,75
3,13	-3,02	1,76	3	-3	1,75
-5,07	4,83	2,47	-5	5	2,2
-5,05	4,87	2,48	-5	5	2,2
-5,07	4,83	2,47	-5	5	2,2
-5,08	4,81	2,44	-5	5	2,2
-5,15	4,79	2,33	-5	5	2,2



Gambar 19. Skema Percobaan dari Tabel 3

Dapat dilihat dari tabel 3, pengukuran yang dilakukan ketika di ruangan terbuka lebih baik dari pada tabel 2. Hal ini disebabkan karena halangan dari peralatan jauh lebih rendah dari pada di dalam ruangan dengan banyak peralatan. Gambar 19 merupakan scenario pemosisian titik-titik yang diukur. Hasil yang diberikan hampir semuanya akurat kecuali pada titik dimana $x=-5$ dan $y=5$. Ketidak akuratan tersebut disebabkan oleh tag membelakangi anchor. Dengan pemosisian tersebut, hasil yang dikerluarkan anchor menjadi kurang akurat dan mengalami kesalahan. Kesalahan yang diberikanpun besar pada sumbu z kurang lebih sebesar 0.2 meter. Dapat disimpulkan jika membandingkan hasil percobaan dari tabel 2 dan tabel 3 bahwa sistem sudah mampu melakukan pengukuran dengan hasil yang cukup akurat. Namun perangkat belum mampu mengatasi peralatan yang menyebabkan pengukuran kacau.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, perangkat mampu melakukan pengukuran secara wireless. Namun perangkat belum mampu menghasilkan pengukuran yang akurat 100% pada lingkungan yang cukup sempit. Hal ini dikarenakan halangan seperti tembok atau beberapa material pada peralatan yang ada. Selain itu gelombang yang dipancarkan oleh perangkat mengarah keatas antenna. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1 dimana posisi terakurat adalah kedua antenna posisi berhadapan. Ketika perangkat diarahkan keatas atap, sinyal yang dikirimkan antenna akan di pantulkan terlebih dahulu pada tembok sebelum menuju kepada tag. Hal tersebut membuat pengukuran sedikit terganggu. tipe dw1000 sangat memerlukan daya yang besar agar dapat berjalan dengan normal. Hal ini dapat diliaht dari daya yang digunakan untuk berjalan normal kurang lebih 0.1 A. dengan daya yang besar, perangkat tidak akan mungkin dapat bergerak dengan baik jika menggunakan sumber batterai. Agar dw1000 bergerak dengan baik, paling tidak memerlukan powerbank sebagai sumber tenaga dari perangkat. Sedangkan untuk esp32 anchor dapat menggunakan daya listrik langsung dari pln. Tetapi peletakan anchor menjadi terbatas karena harus dekat dengan stopkontak terdekat agar perangkat dapat berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan pusat statistik. *Statistik Penduduk Lanjut Usia 2021.*, 2021. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2021/12/21/c3fd9f27372f6ddcf7462006/statistik-penduduk-lanjut-usia-2021.html>. Accessed 14 Maret. 2022
- [2] Kholifah, S. N., *Keperawatan Gerontik : modul bahan ajar cetak keperawatan.*
- [3] Kolakowski, J., Djaja-Josko, V., Kolakowski, M., & Broczek, K., "UWB/BLE tracking system for elderly people monitoring", *Sensors (Switzerland)*, 20(6), 2020. Available: <https://doi.org/10.3390/s20061574>