

Implementasi Sistem Notifikasi untuk Pengawasan Pasien Alzheimer Berbasis *Bluetooth Low Energy* (BLE)

Aries Pratiarso¹, Trisna Agung Mahendra², Mike Yuliana³, Prima Kristalina⁴, I Gede Pujana Astawa⁵, Arifin⁶

Abstract— Alzheimer's patients need attention and special treatment due to their inability to remember something. One technology that is widely used for tracking objects or people in an indoor environment is a Bluetooth Low Energy (BLE). In this paper, a surveillance notification system for Alzheimer's patients is proposed using Beacon technology to prevent the loss of patients. Improvement in accuracy of the estimated position of the patient were calculated using a Kalman filter. The reason for using this method was the difficulty of determining the location of objects due to noise and inaccuracy of measurement data. From the results of the tests performed, it can be seen that the system made is able to provide notifications to nurses if the patient exceeds the specified distance with an average success of up to 90%. The use of the Kalman method is also able to increase the accuracy of the estimation of patient position with an estimated error reduction of 69.7%.

Intisari—Pasien Alzheimer merupakan pasien yang memerlukan perhatian dan perawatan khusus dikarenakan ketidakmampuannya dalam mengingat sesuatu. Salah satu teknologi yang sering digunakan untuk *tracking* objek atau orang dalam ruangan adalah *Bluetooth Low Energy* (BLE). Pada makalah ini diusulkan sebuah sistem notifikasi pengawasan pasien Alzheimer pada rumah sakit menggunakan teknologi *beacon* untuk mencegah hilangnya pasien. Peningkatan keakuratan estimasi posisi pasien dilakukan dengan menggunakan metode filter Kalman. Hal ini dilakukan karena sulitnya penentuan lokasi objek yang diakibatkan adanya derau (*noise*) maupun tidak akuratnya data pengukuran. Dari hasil pengujian yang dilakukan terlihat bahwa sistem yang dibuat telah mampu memberikan notifikasi pada perawat jika pasien telah melebihi jarak yang ditentukan dengan rata-rata keberhasilan hingga 90%. Penggunaan metode Kalman juga mampu meningkatkan keakuratan estimasi posisi pasien dengan penurunan *error* estimasi hingga 69,7%.

Kata Kunci—Alzheimer, BLE, notifikasi, estimasi posisi, filter Kalman.

I. PENDAHULUAN

Penyakit Alzheimer adalah gangguan otak progresif yang tidak reversibel, yang secara perlahan merusak memori,

kemampuan berpikir, serta mengurangi kemampuan untuk melakukan tugas yang paling sederhana [1], [2]. Pada fase awal, pasien Alzheimer akan mudah lupa, baik nama benda, tempat, kejadian yang baru dilalui, serta isi percakapan yang belum lama dibicarakan dengan orang lain. Seiring dengan perkembangan waktu, pasien akan sulit untuk melakukan perencanaan, sulit membuat keputusan, bingung, serta sering tersesat di tempat yang tidak asing. Di Indonesia, terdapat beberapa rumah sakit paliatif yang dapat menangani pasien Alzheimer. Pengawasan terhadap pasien Alzheimer masih menggunakan pengawasan secara manual sehingga menyebabkan kurangnya pengawasan terhadap pasien.

Seiring dengan berkembangnya waktu, maka berkembang pula teknologi *tracking* objek di lingkungan dalam ruangan yang bertujuan untuk menemukan objek atau orang dengan menggunakan perangkat *wireless* [3]. Salah satu teknologi yang sering digunakan untuk menentukan posisi dalam ruangan adalah *Bluetooth Low Energy* (BLE) [4]-[6]. Teknologi ini merupakan salah satu teknologi terbaru yang berkembang dengan pesat dan telah menjadi standar dari kebanyakan perangkat. Perangkat yang digunakan adalah *BLE beacon* atau dikenal juga dengan *beacon*. Perangkat ini memiliki kelebihan yaitu murah, ringan, serta tidak membutuhkan daya dari luar. Perangkat memperkirakan jarak dari *beacon* dengan menggunakan kuat sinyal yang diterima.

Proses penentuan lokasi target di lingkungan dalam ruangan dengan berbagai halangan propagasi menyebabkan terjadinya banyak derau yang mengganggu data [7]. Ketidakakuratan data pengukuran dan adanya derau dalam pengukuran dapat berakibat fatal dalam suatu proses yang kompleks. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penggunaan metode filter Kalman. Metode ini merupakan jenis filter yang andal untuk mengatasi derau hasil pengukuran dengan sistem secara linear [8]. Sebagai estimator yang handal, filter Kalman memiliki komputasi yang cepat, dan membutuhkan memori yang rendah, sehingga dapat digunakan sebagai estimator tanpa perlu memperhitungkan derau yang terjadi pada sistem secara detail.

Pada makalah ini diusulkan sebuah sistem notifikasi pengawasan pasien Alzheimer pada rumah sakit menggunakan teknologi *beacon* untuk mencegah hilangnya pasien. Sistem ini menggunakan teknologi *beacon* dan mini PC, yaitu Raspberry Pi. Dengan *beacon* dapat diketahui beberapa parameter, salah satunya *received signal strength indicator* (RSSI) yang dapat digunakan untuk mengetahui jarak antara pasien dengan mini PC yang berfungsi sebagai penerima. Data yang didapat dikirimkan ke server dan diubah menjadi jarak. Peningkatan keakuratan konversi data RSSI ke jarak dilakukan dengan menggunakan metode filter Kalman. Jika

¹ Staf Pengajar, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Raya ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111 (telp: 031-5947280; fax: 031-5946111; e-mail: aries@pens.ac.id)

² Mahasiswa, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Raya ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111 (telp: 031-5947280; fax: 031-5946111; e-mail: trisnaagung666@gmail.com)

^{3,4,5,6} Staf Pengajar, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Raya ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111(telp: 031-5947280; fax:0315946111;email:mieke@pens.ac.id,prima@pens.ac.id,pujana@pens.ac.id,arifin@pens.ac.id)

data melebihi jarak yang ditentukan, maka server akan mengirimkan informasi kepada *smartphone* perawat berupa peringatan untuk segera melakukan penanganan pada pasien.

Sisa bagian dari makalah ini diatur sebagai berikut. Bagian II membahas tentang skema lokalisasi *range-based* dan metode filter Kalman. Bagian III mendiskusikan tentang desain sistem yang berisi tentang desain sistem yang diusulkan. Bagian IV berisi implementasi sistem dan evaluasi unjuk kerja, sedangkan kesimpulan ada pada bagian V.

II. SKEMA LOKALISASI *RANGE-BASED* DAN METODE FILTER KALMAN

Pada bagian ini dijelaskan salah satu pendekatan dari lokalisasi *range-based* dengan menggunakan RSSI serta metode filter Kalman yang digunakan untuk meningkatkan keakuratan dari estimasi posisi pasien.

A. Pendekatan RSSI

Penggunaan RSSI adalah salah satu pendekatan yang paling sering dipelajari untuk tujuan *tracking* karena hampir setiap *node* yang ada di pasaran memiliki kemampuan untuk menganalisis kuat sinyal dari pesan yang diterima. Penggunaan model propagasi radio *path loss log-distance* menganggap daya yang diterima (P_{RX}) sebagai fungsi dari jarak pemancar ke penerima dengan kenaikan beberapa pangkat. Karena model ini adalah model propagasi deterministik dan hanya memberikan nilai rata-rata, untuk model propagasi lain, yaitu model *log-normal shadowing* diperkenalkan untuk menggambarkan ketidakteraturan RSSI [9].

Kuat sinyal yang diterima (P_{RX}) diubah ke dalam bentuk RSSI yang didefinisikan sebagai rasio daya yang diterima terhadap daya referensi P_{ref} (d_0), sedangkan P_{RX} pada sebuah tempat di permukaan bumi yang bulat dengan jari-jari d terhadap pemancarnya ditunjukkan oleh (1) [3]. P_{RX} adalah daya yang diterima pada penerima, P_{TX} adalah daya yang dikirim oleh pemancar, G_{TX} adalah perolehan (*gain*) pemancar, G_{RX} adalah perolehan penerima, λ adalah panjang gelombang, d adalah jarak pemancar dan penerima, sedangkan n adalah *path loss exponent*. Daya dan jarak berbanding terbalik terhadap jarak kuadrat, sehingga fungsi jarak dengan menggunakan eksponen *pathloss* terlihat pada (2). P_{RX0} adalah daya terima pada jarak acuan 1 meter, sedangkan d_0 adalah jarak acuan 1 meter.

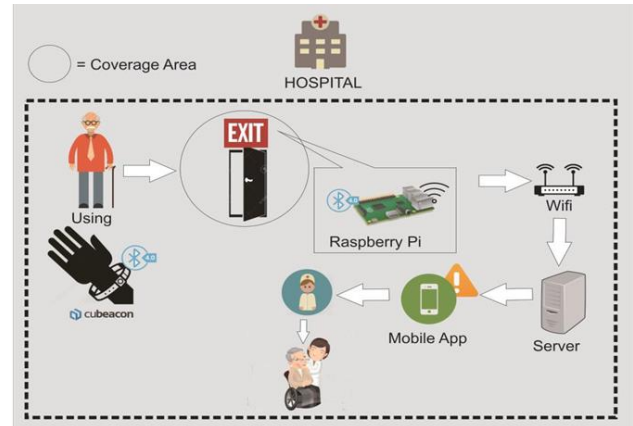
$$P_{RX} = P_{TX} G_{TX} G_{RX} \left[\frac{\lambda}{4\pi d} \right]^n \quad (1)$$

$$d = d_0 \cdot 10^{\frac{P_{RX0} - P_{RX}}{10n}} \quad (2)$$

B. Metode Filter Kalman

Algoritme filter Kalman adalah salah satu algoritme yang digunakan untuk memperkirakan hasil berikutnya berdasar-

kan data-data yang sudah ada sebelumnya. Algoritme ini biasanya digunakan untuk melakukan estimasi data sebenarnya berdasarkan data observasi yang mengandung derau dan beberapa faktor ketidaktepatan lainnya, dan itulah arti kata filter pada algoritme ini. Terdapat dua proses yang dilakukan pada algoritme ini, yang proses tersebut meliputi prediksi dan koreksi. Kedua proses ini bekerja secara berulang hingga batas waktu yang telah ditentukan [10].



Gbr. 1 Diagram blok sistem.

Proses prediksi dinyatakan dengan $\hat{x}_{k+1} = A_k \hat{x}_k + B_k U_k$, dengan \hat{x}_k adalah *state* vektor, U_k adalah kontrol, sedangkan A_k dan B_k adalah matriks transisi dengan vektor yang terkait dengannya. *Covariance* estimasi prediksi dinyatakan dengan $P_{k+1} = A_k P_k A_k^T + Q_k$, dengan Q_k adalah derau proses. Proses koreksi digunakan untuk mengoreksi estimasi prediksi. Detail proses ditunjukkan oleh (3) hingga (6). S_k adalah *covariance* pengukuran, K_k adalah perolehan Kalman, \hat{x}_{k+1} adalah estimasi *state update*, P_{k+1} adalah *covariance* estimasi *update*, R_k adalah derau pengukuran, sedangkan H_k adalah matriks transisi dengan vektor yang terkait dengannya.

$$S_k = H_k P_k H_k^T + R_k \quad (3)$$

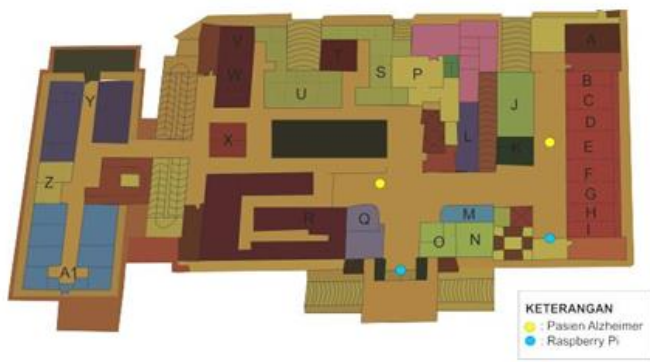
$$K_k = P_k H_k^T S_k^{-1} \quad (4)$$

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_k + K_k (\tilde{y}_k - H_k \hat{x}_k) \quad (5)$$

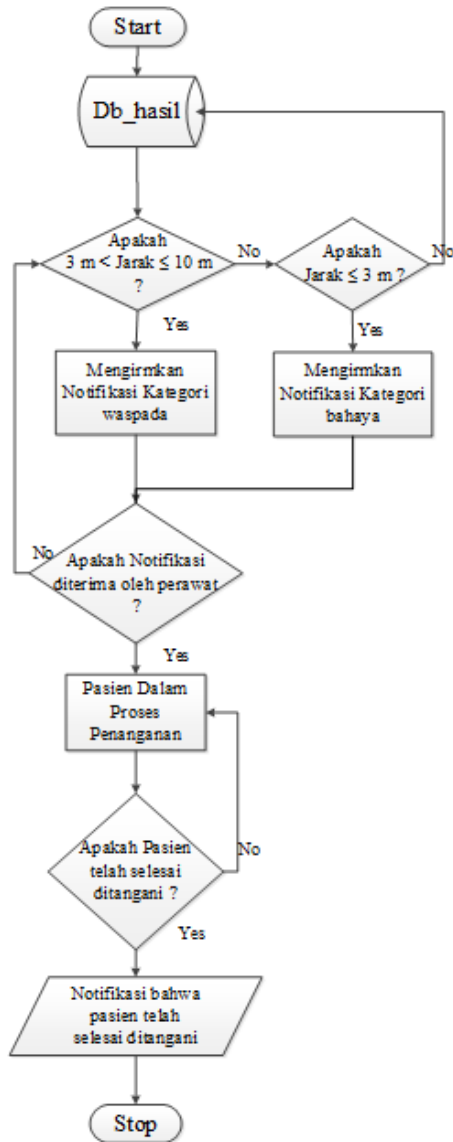
$$P_{k+1} = (1 - K_k H_k) P_k \quad (6)$$

III. DESAIN SISTEM

Pada makalah ini didesain sistem notifikasi dari pasien Alzheimer dengan menggunakan teknologi BLE. Diagram blok sistem yang diusulkan diperlihatkan pada Gbr. 1. Setiap pasien dilengkapi dengan *beacon*, sedangkan Raspberry Pi diletakkan di dekat pintu keluar. Proses berjalannya sistem ini dimulai dengan pengambilan data RSSI yang dipancarkan oleh *beacon* untuk dikonversi menjadi jarak di sisi Raspberry Pi. Hasil konversi dikirim ke server untuk diolah dengan menggunakan metode Kalman, sehingga estimasi jarak yang didapatkan lebih akurat. Apabila ada pasien yang mendekati pintu keluar, maka Raspberry Pi akan mengirimkan notifikasi ke *smartphone* perawat.



Gbr. 2 Skenario penempatan Raspberry Pi.

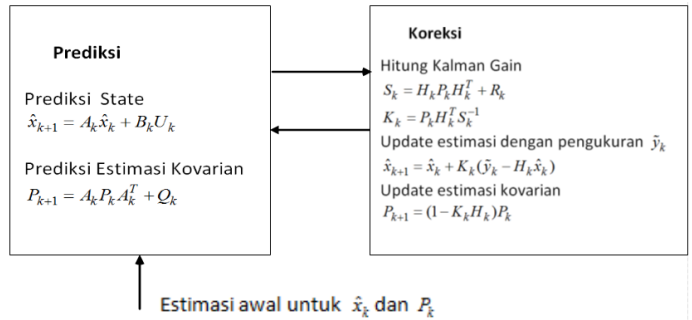


Gbr. 3 Sistem notifikasi.

A. Skenario Penempatan Raspberry Pi

Lingkungan yang digunakan untuk pengujian adalah lingkungan dalam ruangan di Rumah Sakit Dr. M.

Soewandhie, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2. Terdapat dua Raspberry Pi (warna biru) dan dua beacon (warna kuning) yang digunakan. Raspberry Pi diletakkan di dekat pintu keluar, sedangkan beacon diletakkan di saku pasien Alzheimer.



Gbr. 4 Detil tahapan metode filter Kalman.

TABEL I
 SPESIFIKASI RASPBERRY PI 3

Spesifikasi	Notasi
CHIP	Broadcom BCM2837
CPU	4× ARM Cortex-A53, 1.2GHz
GPU	Broadcom VideoCore IV
RAM	1GB LPDDR2 (900 MHz)
Networking	10/100 Ethernet, 2.4GHz 802.11n wireless
Bluetooth	Bluetooth 4.1 Classic, Bluetooth Low Energy
Storage , GPIO	microSD , 40-pin header
Ports	HDMI, 3.5mm analogue audio-video jack, 4× USB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface (DSI)

TABEL II
 SPESIFIKASI BEACON

Spesifikasi	Notasi
CHIP Type	nRF 51822
Operating system	OS 7, Android 4.3
Protocol	Bluetooth V 4.0
Radius	100 meters
Configurable	Over-The-Air
Life time Battery	2 Years
Supply Voltage	3 Volt
Battery	CR2477

B. Sistem Notifikasi

Sistem notifikasi dijalankan jika pasien mendekati pintu keluar dengan jangkauan 0 sampai 10 meter dari pintu keluar rumah sakit, seperti diperlihatkan pada Gbr. 3. Terdapat dua kategori notifikasi yang diberikan ke perawat. Kategori tersebut meliputi waspada dan bahaya. Kategori waspada diberikan mulai 10 meter sebelum pintu keluar, sedangkan kategori bahaya diberikan jika pasien berada 3 meter sebelum hingga tepat di pintu keluar.

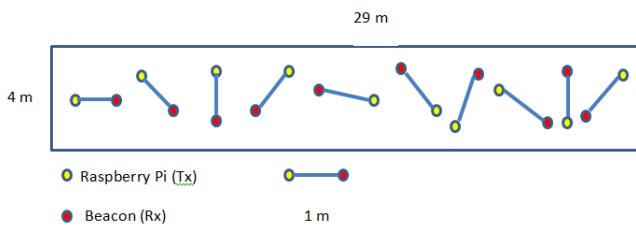
C. Desain Metode Kalman

Parameter yang masuk algoritme filter Kalman meliputi *system state* \hat{x}_k dan kesesuaian *covariance* matriks P_k , serta parameter derau R_k dan Q_k . Parameter derau ini dapat diperkirakan di setiap iterasi dari filter Kalman, atau bernilai

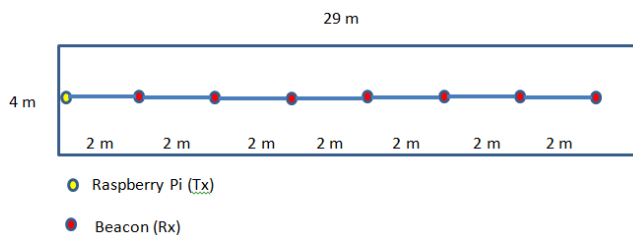
tetap. Pada proses prediksi, prediksi \hat{x}_{k+1} dan *covariance* P_{k+1} dibuat berdasarkan *system state* \hat{x}_k . Sedangkan pada proses koreksi, perolehan Kalman dihitung, *system state* \hat{x}_{k+1} dan *covariance* matriks P_{k+1} baru juga dihitung dengan menggunakan *state* sebelumnya serta perolehan Kalman. Detail tahapan dari metode Kalman ditunjukkan pada Gbr. 4.



Gbr. 5 Peletakan Raspberry Pi.



Gbr. 6 Skenario pengukuran di pintu keluar pertama.



Gbr. 7 Skenario pengukuran nilai n di pintu keluar 1.

Untuk menerapkan metode filter Kalman, perlu adanya inialisasi nilai terlebih dahulu. Nilai variabel dari sistem filter Kalman dapat didefinisikan sebagai berikut.

1. Variabel A_k berupa konstanta numerik yang bernilai 1, karena nilai selanjutnya akan sama dengan yang sebelumnya.
2. Variabel H_k bernilai 1, karena pengukurannya terdiri atas nilai *state* dan beberapa derau. Jarang ditemukan kasus kehidupan nyata bahwa H_k berbeda dari 1.
3. Pada masukan dilakukan inialisasi fungsi prediksi *state*, yaitu variabel \hat{x}_k bernilai 0 dan variabel \hat{P}_k bernilai 1.
4. Inialisasi variabel R dan Q agar memiliki hasil estimasi yang optimal.

IV. IMPLEMENTASI SISTEM DAN EVALUASI UNJUK KERJA

Pada bagian ini dibahas mengenai implementasi serta evaluasi unjuk kerja dari sistem notifikasi yang dibangun. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian hasil estimasi jarak, keakuratan posisi pasien Alzheimer pada sistem

notifikasi, serta keberhasilan sistem notifikasi. Pengujian dilakukan di dua pintu keluar Rumah Sakit Dr. M. Soewandhie dengan satu pasien di masing-masing pintu keluar. Tabel I dan Tabel II menunjukkan spesifikasi perangkat yang digunakan.

A. Pengukuran Indeks Path Loss

Pengukuran indeks *path loss* dilakukan di dua pintu masuk atau keluar rumah sakit. Nilai yang didapat digunakan untuk konversi nilai RSSI ke jarak. Gbr. 5 menunjukkan peletakan Raspberry Pi di pintu keluar.

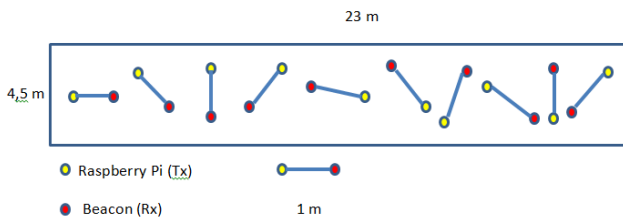
TABEL III
DATA T_x POWER DI PINTU KELUAR 1

No	RSSI (dBm)
1	-54,56
2	-57,70
3	-52,34
4	-54,94
5	-55,30
6	-53,60
7	-61,76
8	-53,60
9	-54,60
10	-60,42
Rata-rata	-55,88

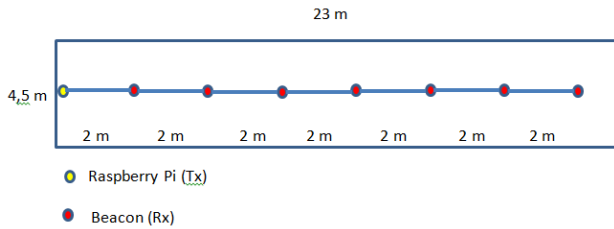
TABEL IV
DATA KOEFISIEN *PATH LOSS* DI PINTU KELUAR 1

Jarak sesungguhnya (m)	RSSI (dBm)	n
2	-64,08	2,72
3	-55,62	-0,05
4	-65,40	1,58
6	-72,78	2,17
8	-69,92	1,55
10	-74,30	1,84
12	-79,44	2,18
14	-74,18	1,60
16	-80,38	2,03
18	-87,40	2,51
20	-79,06	1,78
22	-82,32	1,97
24	-84,28	2,06
26	-81,14	1,79
28	-88,16	2,23
Rata-rata		1,86

1) *Pengukuran pada Pintu Keluar 1*: Pengukuran T_x power pertama dilakukan pada pintu keluar pertama dengan ukuran ruangan 29 meter x 4 meter seperti terlihat pada Gbr. 6. Hasil pengukuran dari sepuluh kali percobaan disajikan pada Tabel III. Nilai rata-rata T_x power yang didapat adalah sebesar -55,88 dBm. Langkah berikutnya adalah penentuan nilai indeks *path loss* n yang didapat dari pengukuran setiap 2 meter, seperti yang ditunjukkan oleh Gbr. 7, dengan hasil yang didapat ditunjukkan pada Tabel IV. Nilai n yang didapat adalah 1,86.



Gbr. 8 Skenario pengukuran di pintu keluar kedua.



Gbr. 9 Skenario pengukuran nilai n di pintu keluar 2.

TABEL V
DATA T_x POWER DI PINTU KELUAR 2

No	RSSI (dBm)
1	-49,02
2	-55,02
3	-56,14
4	-55,66
5	-57,10
6	-55,40
7	-55,52
8	-62,32
9	-52,60
10	-57,98
Rata-rata	-55,68

2) Pengukuran pada Pintu Keluar 2: Pengukuran T_x power kedua dilakukan pada pintu keluar kedua dengan ukuran ruangan 23 meter x 4,5 meter seperti ditunjukkan pada Gbr. 8. Hasil pengukuran dari sepuluh kali percobaan diperlihatkan pada Tabel V. Nilai rata-rata T_x power yang didapat adalah -55,68 dBm. Langkah berikutnya adalah penentuan nilai indeks $path\ loss\ n$ yang didapat dari pengukuran setiap 2 meter seperti yang ditunjukkan oleh Gbr. 9, dengan hasil yang didapat disajikan pada Tabel VI. Nilai n yang didapat adalah 1,72.

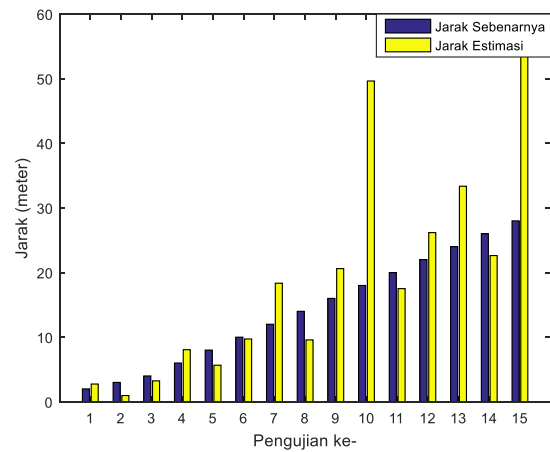
B. Pengujian Hasil Estimasi Jarak

Konversi RSSI menjadi jarak sesuai dengan (2) menghasilkan nilai estimasi jarak. Gbr. 10 dan Gbr. 11 menunjukkan estimasi jarak yang didapatkan beserta persentase kesalahan yang dihasilkan. Dari hasil pengujian terlihat bahwa beberapa estimasi jarak yang dihasilkan jauh berbeda dengan jarak sebenarnya. Perbedaan jarak terbesar dari pintu 1 terjadi pada pengujian ke-10 dengan kesalahan estimasi hingga 172%, sedangkan perbedaan jarak terbesar pada pintu 2 terjadi pada pengujian ke-2 dan ke-5 dengan kesalahan estimasi hingga 52%. Kesalahan jarak estimasi pada pintu 1 lebih besar dari pintu 2 karena banyaknya orang yang lalu lalang di sekitar

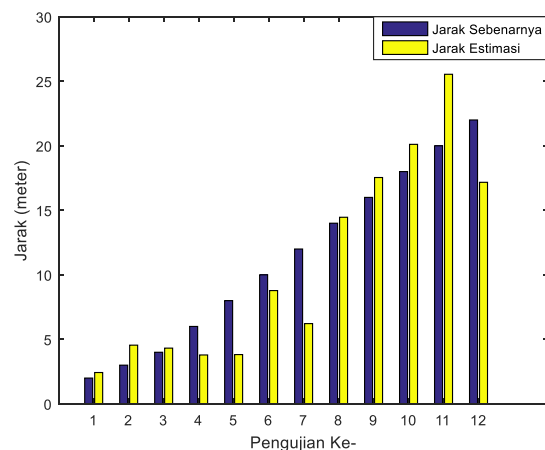
pintu 1, sehingga mengakibatkan RSSI yang diterima tidak stabil. Kondisi ini mengakibatkan konversi jarak yang dilakukan menjadi tidak akurat.

TABEL VI
DATA KOEFISIEN $PATH\ LOSS$ DI PINTU KELUAR 2

Jarak sesungguhnya (m)	RSSI (dBm)	n
2	-62,98	2,43
3	-66,96	2,37
4	-66,58	1,81
6	-65,60	1,28
8	-65,66	1,11
10	-71,86	1,62
12	-69,30	1,26
14	-75,58	1,74
16	-77,02	1,77
18	-78,04	1,78
20	-79,82	1,86
22	-76,86	1,58
Rata-rata		1,72



Gbr. 10 Perbandingan jarak sebenarnya dan jarak estimasi pada pintu 1.

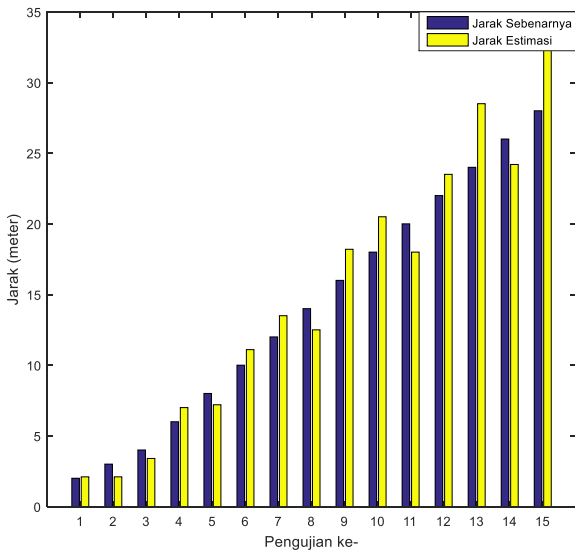


Gbr. 11 Perbandingan jarak sebenarnya dan jarak estimasi pada pintu 2.

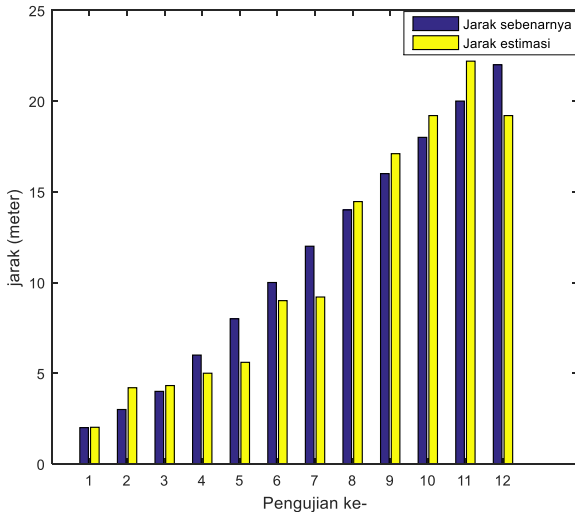
C. Pengujian Keakuratan Posisi Pasien pada Sistem Notifikasi dengan Menggunakan Metode Kalman

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan keakuratan dari estimasi posisi pasien. Estimasi ini dilakukan dengan

menggunakan metode Kalman. Hasil pengujian keakuratan posisi pasien di pintu keluar 1 dan 2 ditunjukkan oleh Gbr. 12 dan Gbr. 13. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa sistem yang dibuat telah mampu memberikan estimasi posisi pasien yang lebih akurat jika dibandingkan dengan pengujian yang ditunjukkan oleh Gbr. 10 dan Gbr. 11. Penurunan kesalahan estimasi yang didapat mencapai 69,7%, dengan rata-rata kesalahan estimasi yang dihasilkan adalah sebesar 13,13 % di pintu keluar 1 dan 15,06 % di pintu keluar 2.



Gbr. 12 Perbandingan jarak sebenarnya dan jarak estimasi pada pintu 1 dengan menggunakan metode Kalman.

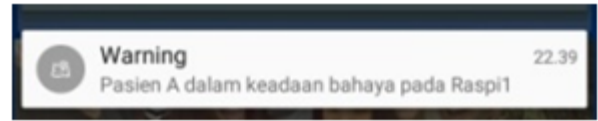


Gbr. 13 Perbandingan jarak sebenarnya dan jarak estimasi pada pintu 2 dengan menggunakan metode Kalman.

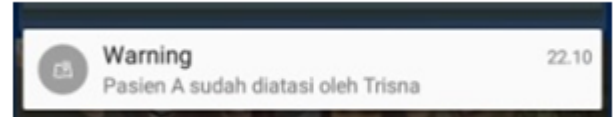
D. Keberhasilan Sistem Notifikasi

Sistem notifikasi diberikan saat pasien berada di jangkauan jarak 0 hingga 10 meter dari pintu keluar rumah sakit. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan perawat telah menerima notifikasi sesuai dengan kondisi pasien. Gbr. 14 menunjukkan contoh tampilan notifikasi yang

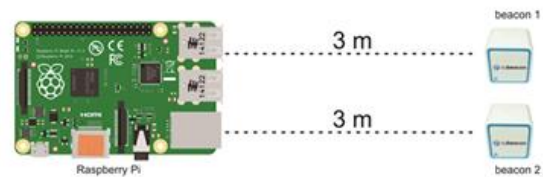
berisi nama pasien dan posisi pintu keluar tempat pasien berada. Gbr. 15 menunjukkan contoh tampilan notifikasi konfirmasi pasien. Konfirmasi ini diberikan jika pasien yang berada di jangkauan jarak tersebut sudah ditangani oleh perawat.



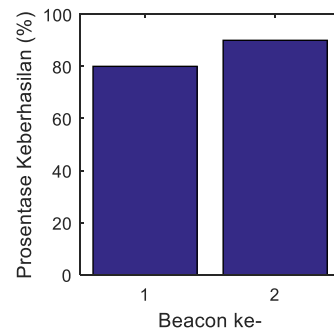
Gbr. 14 Tampilan notifikasi pasien.



Gbr. 15 Tampilan notifikasi konfirmasi pasien.



Gbr. 16 Skenario pengujian keberhasilan notifikasi.



Gbr. 17 Persentase keberhasilan notifikasi.

Gbr. 16 menunjukkan skenario pengujian keberhasilan notifikasi dari dua beacon dan satu Raspberry Pi di lingkungan *line of sight* (LOS). Masing-masing beacon berjarak 3 meter dari Raspberry Pi. Pengujian ini dilakukan untuk melihat *smartphone* perawat, menerima notifikasi atau tidak pada saat terdapat dua beacon yang memancarkan sinyal RSSI. Dari hasil sepuluh kali pengujian terlihat bahwa jumlah notifikasi yang berhasil diterima dari estimasi jarak beacon 1 adalah 80% dan untuk estimasi jarak beacon 2 adalah 90%. Karena bersifat *wireless*, maka proses pengiriman RSSI baik pada beacon 1 maupun beacon 2 sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Semakin banyak gangguan dan interferens, maka RSSI yang dikirimkan juga semakin lemah dan semakin besar pula kemungkinan terjadinya kesalahan dalam estimasi jarak. Karena pengujian dilakukan di lingkungan LOS dan jarak yang sama antara beacon 1 dan 2, maka jumlah keberhasilan sistem notifikasi sistem yang didapat juga tidak terlalu jauh berbeda, seperti yang ditunjukkan oleh Gbr. 17.

V. KESIMPULAN

Pada makalah ini, telah diusulkan sebuah sistem notifikasi pengawasan pasien Alzheimer pada rumah sakit menggunakan teknologi *beacon* untuk mencegah hilangnya pasien. Peningkatan keakuratan estimasi posisi pasien dilakukan dengan menggunakan metode Kalman. Dari hasil pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa penggunaan metode Kalman mampu meningkatkan keakuratan estimasi posisi pasien dengan rata-rata kesalahan estimasi hanya 13,13% di pintu keluar 1 dan 15,06% di pintu keluar 2. Hasil pengujian juga menunjukkan keberhasilan sistem notifikasi yang dibangun, dengan persentase keberhasilan notifikasi mencapai 90%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) Tahun 2018.

REFERENSI

- [1] P. Thakare dan V.R. Pawar, "Alzheimer Disease Detection and Tracking of Alzheimer Patient," *Proc. ICICT'16*, 2016, hal. 1-4.
- [2] A. Pratiarso, A.I. Imanuddin, M. Yuliana, P. Kristalina, dan I.G.P. Astawa, "Implementation of Kalman Filter Method for Tracking Position of Alzheimer's Patients," *Proc. ICON-SONICS'17*, 2017, hal. 135-140.
- [3] M.B. Mendoza, C.A. Bergado, J.L.B.D. Castro, dan R.G.T. Siasat, "Tracking System for Patients with Alzheimer's Disease in a Nursing Home," *Proc. TENCON'17*, 2017, hal. 2566-2570.
- [4] F.S. Danis dan A.T. Cemgil, "Model-Based Localization and Tracking Using Bluetooth Low-Energy Beacons," *J. Sensors*, Vol. 17, hal. 1-23, 2017.
- [5] D. Chen, K.G. Shin, Y. Jiang, dan K. Kim, "Locating and Tracking BLE Beacons with Smartphones," *Proc. CoNEXT'17*, 2017, hal. 263-275.
- [6] A.H. Oleval, "Indoor Navigation and Personal Tracking System Using Bluetooth Low Energy Beacons", Thesis, Uppsala Universitet, Uppsala, Sweden, Okt. 2017.
- [7] P. Kristalina, Wirawan, dan G. Hendrantoro, "DOLLY: An Experimental Evaluation of Distributed Node Positioning Framework in Wireless Sensor Networks", *Proc. ISSNIP'14*, 2014, hal. 1-6.
- [8] N.H. Ali dan G.M. Hassan, "Kalman Filter Tracking," *Int.J. of Computer Applications*, Vol. 89, No. 9, hal. 15-18, 2014.
- [9] A. Pratiarso, A.S. Putra, P. Kristalina, A. Sudarsono, M. Yuliana, dan I.G.P. Astawa, "Skema Lokalisasi Posisi Node Terdistribusi pada Lingkungan Free Space Path Loss," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* (JNTETI), Vol. 6, No. 3, hal. 352-358, 2017.
- [10] H.A. Patel dan D.G. Thakore, "Moving Object Tracking using Kalman Filter," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* (IJCSMC), Vol. 2, No. 4, hal. 326 – 332, April 2013.