

## **PENGEMBANGAN MEKANISME *CHANGE DETECTION* UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA *WIFI-BASED INDOOR POSITIONING SYSTEM***

**Ade Hendi, Waskitho Wibisono, dan Ary Mazaharudin Shiddiqi**

Departemen Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

e-mail: [hendi.ade@gmail.com](mailto:hendi.ade@gmail.com), [waswib@if.its.ac.id](mailto:waswib@if.its.ac.id), [ary.shiddiqi@if.its.ac.id](mailto:ary.shiddiqi@if.its.ac.id)

Diterima 31 Desember 2019 - Direvisi 7 Januari 2020 – Disetujui 11 Januari 2020

### **ABSTRACT**

*The development of the change detection mechanism has a vital role in the Indoor Positioning System (IPS). In IPS technology, a lot of battery power will be used because the WiFi scanning process runs continuously. The WiFi scanning process sends data from the client to the server continuously, sometimes providing the same and repeatable information to the user. Information sent redundantly can have an impact on high energy consumption. In this paper, the researchers developed a repair mechanism with change detection to save energy in an adaptive sampling of the strength of the WiFi signal with the accelerometer as a trigger for the adaptive process. The change detection mechanism that is done is measuring the signal strength on the accelerometer by determining the silent zone. Silent Zone is the range of values obtained when the accelerometer is at rest. If it is known that the signal strength value on the Accelerometer exceeds the value of the silent zone, the user is identified in a mobile condition, and the WiFi scanning process will automatically run. Change detection with Bluetooth has the same process using an accelerometer. The algorithm we propose can produce a battery-saving of 4.384% for scanning with change detection using an accelerometer and 2.666% for change detection using Bluetooth.*

**Keywords:** *adaptive sampling, accelerometer, bluetooth, change detection, indoor positioning system.*

### **ABSTRAK**

*Pengembangan mekanisme change detection mempunyai peranan penting terhadap Indoor Positioning System (IPS). Namun permasalahan yang masih umum dijumpai adalah konsumsi energi yang tinggi, karena proses WiFi scanning berjalan secara terus menerus. Proses WiFi scanning mengirimkan data dari klien ke server secara terus menerus, terkadang memberikan informasi yang sama dan berulang kepada user. Informasi yang dikirim secara redundansi bisa berdampak pada konsumsi energi yang tinggi. Paper ini mengusulkan mekanisme perbaikan dengan change detection untuk penghematan energi dalam melakukan sampling secara adaptif pada kekuatan sinyal WiFi dengan accelerometer sebagai trigger. Mekanisme change detection yang dilakukan adalah mengukur kekuatan sinyal pada accelerometer dengan menentukan silent zone. Silent Zone merupakan rentang nilai yang didapatkan ketika accelerometer dalam kondisi diam. Apabila diketahui nilai kekuatan sinyal pada accelerometer melebihi nilai silent zone, maka diidentifikasi user dalam kondisi bergerak dan secara otomatis proses WiFi scanning akan berjalan. Change detection dengan Bluetooth mempunyai proses yang sama dengan menggunakan accelerometer. Algoritma yang diusulkan dapat menghasilkan penghematan daya baterai sebesar 4,384% untuk scanning dengan change detection menggunakan accelerometer dan 2,666% untuk change detection menggunakan Bluetooth.*

**Kata Kunci:** *akselerometer, bluetooth, deteksi perubahan, indoor positioning system, pengambilan sampel adaptif.*

### **I. PENDAHULUAN**

**T**EKNOLOGI *Indoor Positioning System* (IPS) merupakan sebuah layanan informasi pelacakan untuk menemukan objek khusus dalam ruangan. Aplikasi yang berjalan dalam perangkat bergerak mengkonsumsi cukup banyak daya baterai. Hal ini disebabkan karena proses *scanning* yang terus menerus membutuhkan daya yang cukup banyak sehingga mengurangi daya baterai secara

*runtime*, misalnya perangkat bergerak mengkonsumsi lebih dari 40% daya baterai yang keseluruhannya dipergunakan pada fasilitas WiFi [1]. Teknologi sebelumnya layanan informasi pelacakan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) yang merupakan sensor dominan untuk layanan informasi pelacakan suatu objek diluar ruangan. Sedangkan Pemakaian GPS dalam suatu ruangan memiliki kendala karena ketersediaan jalur *Line-of-Sight* [2]. Ketersediaan jalur *Line-of-Sight* (LOS) yang rendah menjadi kendala dalam menemukan antara pemancar dan penerima sinyal, hilangnya LOS diantara perangkat seluler dan satelit dapat membuat kinerja GPS kurang maksimal di dalam ruangan [3].

Dalam proses *scanning* sinyal WiFi berlaku secara terus menerus, sehingga ketika proses *sampling* pada posisi yang sama akan terjadi redundansi data dan penggunaan energi baterai yang tidak efisien. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan suatu *trigger* untuk mengatur proses *scanning* yaitu *adaptive sampling* [4].

Pengambilan sampel secara adaptif adalah salah satu cara yang paling komprehensif dalam pengumpulan data. Dengan menyesuaikan frekuensi pengambilan sampel kekuatan sinyal pada WiFi dari waktu ke waktu, untuk beradaptasi terhadap perubahan yang dihasilkan dari dinamika *Indoor positioning system* (IPS). Komponen lain untuk melakukan *sampling* secara adaptif adalah aktivitas pada tingkat *user* di mana pada kondisi sedang proses WiFi *scanning*. Proses tersebut menunjukkan bahwa sebelum melakukan proses *scanning*, sistem harus mengecek terlebih dahulu jika *user* bergerak secara signifikan dari posisi yang sudah diketahui sebelumnya. Proses pergerakan *user* dapat dideteksi dengan mengimplementasikan *Bluetooth* [5]. Deteksi gerak menggunakan *Bluetooth* ini mempunyai dua keuntungan, yang pertama detektor gerak dapat dipasang secara *flexible* dan tertutup dari orang-orang. Keuntungan kedua *Bluetooth* bekerja dengan menggunakan daya baterai rendah. Di samping hal tersebut sangat mudah dalam pemeliharaan *system* deteksi gerak menggunakan *Bluetooth* [5]. Ilustrasi transmisi sinyal *Bluetooth* seperti pada Gambar 1. Penelitian sebelumnya untuk mendeteksi gerak menggunakan *accelerometer* untuk menciptakan sistem orientasi pengenalan aktivitas [6]. Deteksi gerakan manusia dengan studi mempertimbangkan unit sensor *accelerometer* yang dapat dipakai dan diletakkan pada bagian tubuh dengan orientasi tertentu [7, 8].

Saat ini penelitian tentang topik terkait telah banyak dikembangkan. Studi penelitian [9, 10, 11, 12] fokus pada efisiensi baterai dengan layanan informasi pelacakan secara adaptif untuk mengurangi penggunaan energi baterai yang tinggi karena disebabkan oleh penggunaan perangkat WiFi. Untuk mengkarakterisasikan penggunaan energi baterai, permintaan energi perangkat seluler ditentukan dari perangkat keras dan perangkat lunak [13].

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah cara melakukan *sampling* kekuatan sinyal pada WiFi secara adaptif untuk penghematan energi dalam *Indoor positioning system* (IPS). Penelitian telah mengarah pada penciptaan suatu sistem yang sadar akan energi yang dirancang bertujuan mengurangi konsumsi energi pada aplikasi IPS [14]. Pada penelitian terkait yang lain juga meneliti *scanning* kekuatan sinyal secara adaptif, untuk tujuan penghematan energi dengan sistem pengenalan aktivitas yang menggunakan sistem lokasi berbasis WiFi yang dikombinasikan dengan *accelerometer* untuk identifikasi gerak [15].

Pada penelitian ini, mekanisme *change detection* dengan pengambilan sampel secara adaptif menggunakan *accelerometer* sebagai *trigger* diusulkan untuk meningkatkan efisiensi energi. *Change detection* merupakan proses penting [16] sebagai analisa untuk mengukur rentang nilai pada *accelerometer* sebagai *silent zone* [17].



Gambar. 1. Transmisi sinyal Bluetooth.

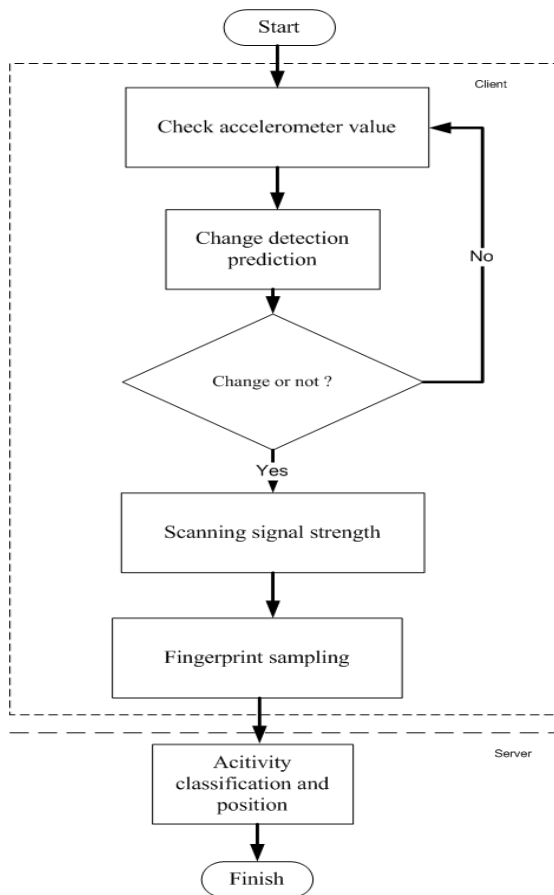
II. METODE PENELITIAN

Fokus penelitian ini adalah penghematan pada daya baterai di mana proses *scanning* kekuatan sinyal WiFi akan diproses sesuai dengan ada tidaknya perubahan nilai pada *accelerometer* sebagai *change detection*. Pengurangan frekuensi *scanning* bertujuan untuk mengurangi konsumsi daya baterai. Prediksi ada atau tidaknya perubahan aktivitas pada posisi yang terjadi pada *user* dilihat dari ada atau tidaknya perubahan nilai yang dihasilkan dari *accelerometer*. Secara umum, perubahan dikenal sebagai perpindahan dari satu kondisi ke kondisi lainnya [18]. Pemilihan model yang tepat untuk proses identifikasi dan perkiraan terhadap parameter, digunakan untuk mendeteksi dengan menggunakan nilai-nilai kriteria merupakan suatu proses yang menyiratkan suatu perubahan berdasarkan nilai varian [19]. Bidang penting dalam analisis data adalah segmentasi data deret waktu untuk mengidentifikasi aktivitas dengan menganalisis kinerja algoritma *change detection* dalam segmentasi data *accelerometer* [20].

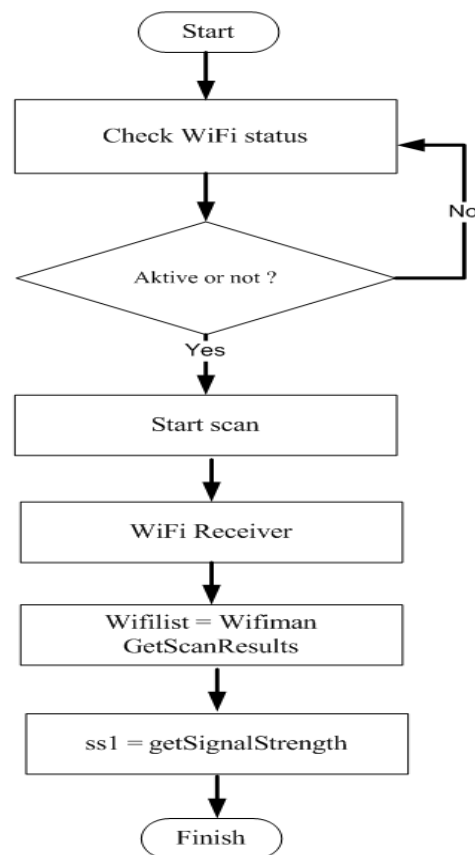
A. Change Detection

*Change detection* merupakan proses penting teknik pemrosesan data, yang disediakan terutama oleh pengukuran, yang merupakan elemen kunci dari pemantauan otomatis [21]. *Change detection* dalam aliran data telah dipelajari secara luas karena potensinya yang luas dalam semua bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, misalnya, pemantauan kondisi medis, dan kontrol lalu lintas jaringan [22]. Pada penelitian lain menjelaskan *change detection* merupakan suatu proses dalam memprediksi adanya suatu perubahan nilai tertentu pada sekumpulan data. Tujuan dari Prediksi *change detection* adalah untuk memprediksi apakah adanya suatu perubahan dari satu proses kejadian ke proses kejadian yang lain dan seberapa besar perubahannya tersebut, hal ini dapat dijadikan sebagai indikator untuk *trigger* dari perubahan itu [23].

Perubahan dapat dideteksi dengan menggunakan alur *silent - movement mode*. Pada alur *silent - movement mode* terdapat sebuah rentang nilai yang disebut *silent zone*, yang mana rentang nilai tersebut merupakan rentang toleransi atas *noise* pada data [17].



Gambar. 2. Flowchart dari metode yang diusulkan.



Gambar. 3. Flowchart scanning kekuatan sinyal WiFi.

Keterangan pada Gambar 3 menjelaskan bahwa untuk memulai proses *scanning* sinyal WiFi yang pertama kali dilakukan adalah mengecek terlebih dahulu perangkat WiFi pada *Smartphone*, apakah sedang aktif atau tidak. Apabila tidak aktif, maka perangkat WiFi diaktifkan. Kemudian informasi kekuatan sinyal yang dihasilkan oleh WiFi ditangkap oleh WiFi *receiver* kemudian disimpan pada *wifiList* variable selanjutnya kekuatan sinyal WiFi ditampilkan pada variable *ss1* yang merupakan hasil informasi dari proses *scanning* sinyal WiFi.

Penjelasan alur dari Gambar 2 adalah dalam proses *scanning* sinyal WiFi berlaku secara terus menerus, sehingga ketika proses *sampling* pada posisi yang sama akan terjadi redundansi data. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan suatu *trigger* untuk mengatur proses *scanning* yaitu *change detection*. Sistem akan mengecek kondisi nilai pada *accelerometer* pertama kali, alasan penggunaannya karena sudah tertanam pada *Smartphone* tanpa perangkat tambahan [24], kemudian *change detection* akan mendeteksi apakah ada suatu perubahan nilai.

Jika *change detection* mendeteksi suatu perubahan [25], maka sistem akan melakukan proses *scanning signal strength* dari WiFi, dan sebaliknya tidak dilakukan proses *scanning*. Proses selanjutnya adalah melakukan *sampling* secara adaptif terhadap kekuatan sinyal WiFi pada *client*. Sistem pada *server* akan melakukan proses klasifikasi dan melakukan *update* posisi berupa informasi koordinat yang akan ditampilkan berupa *map* posisi kepada *user*.

**B. Silent Zone**

*Silent zone* merupakan konsep di mana rentang nilai pada alur *silent - movement mode*, yang menentukan suatu kondisi dalam keadaan benar-benar tidak bergerak [17]. Berikut contoh data dengan simulasi menggunakan *silent zone*. Setelah dilakukan pengambilan data selama 10 kali percobaan dengan 10 *raw data*, maka didapatkan total sebanyak 100 *raw data*, seperti pada Tabel 1.

TABEL 1  
RAW DATA BLUETOOTH.

	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8	i=9	i=10
Percobaan1	-51	-48	-51	-48	-52	-50	-52	-48	-54	-48
Percobaan2	-52	-47	-53	-48	-50	-46	-50	-47	-52	-49
Percobaan3	-61	-65	-73	-69	-71	-66	-61	-62	-65	-64
Percobaan4	-65	-68	-68	-67	-70	-63	-60	-66	-69	-70
Percobaan5	-64	-65	-60	-62	-63	-59	-62	-63	-64	-59
Percobaan6	-63	-60	-63	-60	-64	-58	-63	-63	-62	-63
Percobaan7	-57	-58	-63	-61	-62	-55	-60	-57	-59	-61
Percobaan8	-52	-52	-56	-53	-51	-52	-55	-55	-50	-52
Percobaan9	-84	-77	-81	-74	-77	-76	-77	-76	-81	-79
Percobaan10	-76	-78	-75	-77	-74	-79	-78	-74	-82	-75

Tabel 1 menunjukkan untuk melakukan Percobaan 1, kekuatan sinyal *Bluetooth* dicatat sebanyak 10 kali dari *i=1* sampai dengan *i=10* dengan masing-masing interval pencatatan 4 detik dan dilakukan 10 kali percobaan. Semua data percobaan pada Tabel 1 akan dilakukan *training* dengan cara mengambil nilai selisih perubahan percepatannya dari nilai selisih tersebut ditentukan nilai *absolute* dengan menggunakan Persamaan 1.

$$Difference = |X_{i+1} - X_i| \tag{1}$$

di mana *X* adalah data dan *i* merupakan index dari data ke *i*.

TABEL 2  
RAW DATA ACCELEROMETER.

	I=1	I=2	I=3	I=4	I=5	I=6	I=7	I=8	I=9	I=10
Percobaan1	0,285	0,289	0,287	0,291	0,290	0,287	0,286	0,287	0,285	0,285
Percobaan2	0,285	0,283	0,291	0,285	0,281	0,286	0,285	0,279	0,285	0,287
Percobaan3	0,289	0,289	0,281	0,284	0,280	0,284	0,285	0,281	0,278	0,283
Percobaan4	0,281	0,277	0,283	0,279	0,281	0,284	0,279	0,281	0,281	0,283
Percobaan5	0,279	0,280	0,280	0,284	0,278	0,283	0,283	0,280	0,280	0,281
Percobaan6	0,284	0,280	0,275	0,280	0,280	0,280	0,279	0,279	0,278	0,271
Percobaan7	0,273	0,277	0,271	0,273	0,279	0,277	0,278	0,275	0,280	0,280
Percobaan8	0,273	0,272	0,277	0,284	0,279	0,277	0,275	0,280	0,272	0,272
Percobaan9	0,301	0,293	0,299	0,303	0,299	0,302	0,299	0,296	0,302	0,301
Percobaan10	0,302	0,304	0,299	0,305	0,298	0,303	0,302	0,301	0,297	0,303

Tabel 2, menunjukkan untuk melakukan Percobaan 1, nilai pada *accelerometer* dicatat sebanyak 10 kali dari  $i=1$  sampai dengan  $i=10$  dengan masing-masing interval pencatatan 1 detik dan dilakukan 10 kali percobaan. Dari semua data percobaan pada Tabel 2, akan dilakukan *training* dengan cara mengamati nilai selisih perubahan percepatannya dari masing-masing data, dari nilai selisih tersebut ditentukan nilai *absolute* dengan menggunakan Persamaan 1, seperti yang dilakukan pada Tabel 1.

Berdasarkan Persamaan 1 dilakukan *training* dan mendapatkan hasil selisih *absolute* seperti Tabel 3 berikut.

TABEL 3  
SELISIH ABSOLUTE HASIL TRAINING RAW DATA PADA BLUETOOTH.

	I=1	I=2	I=3	I=4	I=5	I=6	I=7	I=8	I=9	I=10
training1	3	3	3	4	2	2	4	6	6	6
training2	5	6	5	2	4	4	3	5	3	6
training3	4	8	4	2	5	5	1	3	1	8
training4	3	0	1	3	7	3	6	3	1	7
training5	1	5	2	1	4	3	1	1	5	5
training6	3	3	3	4	6	5	0	1	1	6
training7	1	5	2	1	7	5	3	2	2	7
training8	0	4	3	2	1	3	0	5	2	5
training9	7	4	7	3	1	1	1	5	2	7
training10	2	3	2	3	5	1	4	8	7	8

Untuk nilai *threshold* pada *silent zone*, dipilih nilai selisih yang paling besar dari semua *training* selama beberapa kali percobaan. Dari contoh data berdasarkan Tabel 3, masing-masing *training* diambil nilai terbesarnya seperti hasil pada kolom max, kemudian dari kolom max diambil nilai terkecil dan terbesarnya, sehingga didapatkan nilai terkecil adalah 5 dan nilai terbesarnya yaitu 8.

Tabel 4 untuk nilai *threshold* pada *silent zone*, dipilih nilai selisih yang paling besar dari semua *training* selama beberapa kali percobaan sama yang dilakukan seperti pada Tabel 3. Dari data berdasarkan Tabel 4, masing-masing *training* diambil nilai terbesarnya seperti hasil pada kolom max, kemudian dari kolom max diambil nilai terkecil dan terbesarnya yaitu 0,00360 dan 0,00839.

Untuk mendapatkan batas bawah dan batas atas dari *silent zone* untuk *Bluetooth dan accelerometer*, terlebih dahulu harus mencari standar deviasi dari persebaran datanya.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1} \quad (2)$$

TABEL 4  
SELISIH ABSOLUTE HASIL TRAINING RAW DATA PADA ACCELEROMETER.

	I=1	I=2	I=3	I=4	I=5	I=6	I=7	I=8	I=9	I=10	MAX
training1	0,00360	0,00121	0,00360	0,00121	0,00240	0,00119	0,00119	0,00240	0,00000	0,00360	0,00360
training2	0,00240	0,00839	0,00600	0,00359	0,00479	0,00121	0,00598	0,00598	0,00240	0,00839	0,00240
training3	0,00000	0,00719	0,00240	0,00360	0,00360	0,00119	0,00359	0,00360	0,00479	0,00719	0,00000
training4	0,00479	0,00598	0,00359	0,00240	0,00240	0,00479	0,00240	0,00000	0,00119	0,00598	0,00479
training5	0,00119	0,00000	0,00360	0,00600	0,00479	0,00000	0,00240	0,00000	0,00121	0,00600	0,00119
training6	0,00360	0,00479	0,00479	0,00000	0,00000	0,00119	0,00000	0,00121	0,00717	0,00717	0,00360
training7	0,00359	0,00598	0,00238	0,00600	0,00240	0,00119	0,00240	0,00479	0,00000	0,00600	0,00359
training8	0,00119	0,00479	0,00719	0,00479	0,00240	0,00121	0,00479	0,00838	0,00000	0,00838	0,00119
training9	0,00717	0,00597	0,00360	0,00360	0,00240	0,00240	0,00359	0,00598	0,00119	0,00717	0,00717
training10	0,00240	0,00479	0,00600	0,00719	0,00479	0,00121	0,00119	0,00360	0,00600	0,00719	0,00240

di mana,  $S^2$  adalah nilai varian,  $n$  adalah jumlah dari sampel,  $i$  adalah index ke  $i$ ,  $x_i$  adalah data index ke  $i$ ,  $\bar{X}$  adalah rata-rata. Setelah dilakukan perhitungan standar deviasi ( $\sigma$ ), selanjutnya ditentukan nilai batas bawah dan batas atas dari *silent zone* dengan menggunakan rumus Persamaan 3.

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= \mu - \sigma \\ \text{Batas atas} &= \mu + \sigma \end{aligned} \tag{3}$$

di mana,  $\mu$  adalah mean dan ( $\sigma$ ) adalah standar deviasi. Setelah melakukan transformasi nilai batas bawah dan batas atas selanjutnya menggunakan rumus *standard scores* pada Persamaan 4.

$$Z = \frac{\chi - \mu}{\sigma} \tag{4}$$

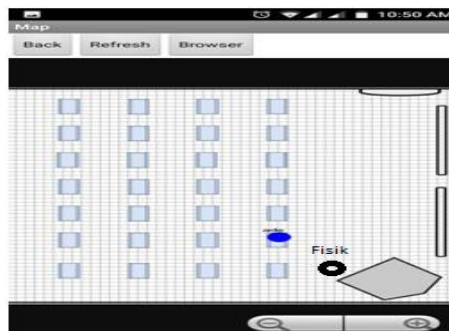
di mana,  $Z$  adalah *standard scores*,  $\chi$  adalah *raw score*,  $\mu$  adalah mean dan ( $\sigma$ ) adalah standar deviasi. Sehingga didapatkan  $Z_{\min}$  dan  $Z_{\max}$  yaitu +1 dan -1. Selanjutnya mencari grafik persebaran probabilitas kumulatifnya dengan rumus Distribusi Gaussian pada Persamaan 5.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{5}$$

di mana  $x$  adalah peubah acak kontinu dan  $-\infty \leq x \leq \infty$ ,  $\pi$  adalah konstanta dengan nilai 3,14159,  $e$  adalah bilangan eksponensial dengan nilai 2,7183,  $\mu$  adalah mean dari data dan ( $\sigma$ ) adalah standar deviasi data.

**C. Experimental Environment**

Eksperimen dilakukan di dalam ruangan kelas dengan total 29 kursi sebagai referensi titik lokasi. Denah lokasi ditunjukkan pada Gambar 4 dengan 3 titik akses WiFi. Sinyal WiFi di lingkungan ini relatif stabil karena ruang yang tidak begitu besar dengan ukuran 8 x 8 meter. Termasuk modul yang terinstal pada perangkat *mobile (client)*, *server* dan perangkat *Bluetooth* yang tertancap pada *server*.



Gambar. 4. Peta titik lokasi.

Modul dalam klien membaca data *Bluetooth* dan *accelerometer* sebagai *raw data* yang akan diolah sebagai *silent zone* untuk proses *scanning* secara adaptif, komunikasi dengan *server* melalui modul HTTP. *Smartphone* yang digunakan adalah Android A1 dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5, spesifikasi *Bluetooth* pada Tabel 6 dan WiFi router pada Tabel 7.

TABEL 5  
SPESIFIKASI SMARTPHONE.

No	PARAMETER	SPESIFIKASI
1	Sistem Operasi	Android Oreo 8.1
2	CPU	Octa-core Snapdragon 625 processor, max 2.0GHz, Adreno 506 graphics 650MHz
3	RAM	4 GB
4	Jaringan	4G, supports volte/4G/3G/2G

Tabel 5 menjelaskan bahwa *Smartphone* dengan spesifikasi sistem operasi Android Oreo 8.1, dengan CPU Octa-core Snapdragon 625 *processor, max 2.0GHz*, layar dengan Adreno 506 *graphics 650MHz*, kapasitas RAM 8 GB dan *support* jaringan untuk 4G, *supports volte/4G/3G/2G*.

TABEL 6  
SPESIFIKASI BLUETOOTH.

No	PARAMETER	SPESIFIKASI
1	Interface	USB Dongle
2	Versi	V2.0 & 1.2 compliant
3	Supporting Profile	Jaringan, Dial-Up, Fax, LAN Access & Headset
4	Sistem Operasi	Windows 2000, Xp, windows 7/8/10
5	Symbol Rate	3 Mbps
6	Jangkauan	0 - 100 meter

Tabel 6 menjelaskan bahwa spesifikasi *Bluetooth* dengan interface berupa USB Dongle dengan versi V2.0 dan 1.2 *compliant, support* pada jaringan, *Dial-Up*, Fax, LAN *access* dan *headset*. Sistem operasi yang support adalah *windows 2000, windows XP/7/8/10* dengan kecepatan 3 Mbps dan jangkauan 0 sampai dengan 100 meter.

TABEL 7  
SPESIFIKASI WIFI ROUTER.

No	PARAMETER	SPESIFIKASI
1	WiFi router model	TP-Link TL-WR941ND
2	Chipset	Atheros AR9132 @ 400 MHz
3	RAM	32 MB
4	Flash	4 MB
5	Sistem Operasi	TP-Link
6	Protocols	IPv4
7	Antennas	3 x 3 dBi RP-SMA
8	Standards IEEE	802.11b/g/n
9	WAN ports	1 x 10/100 Mbps
10	LAN ports	4 x 10/100 Mbps

Tabel 7 menjelaskan bahwa spesifikasi WiFi *Router* dengan model TP-Link TL-WR941ND dengan chipset Atheros AR9132 @ 400 MHz, kapasitas RAM 32 Mb dengan kapasitas *Flash memory* 4 Mb, sistem operasi TP-Link. Untuk *support protocol* IPv4, dengan antenna terdapat 3 buah dengan frekuensi dBi RP-SMA, standard IEEE 802.11 b/g/n, WAN *ports* dengan kecepatan 1x 10/100 Mbps, Kecepatan LAN *ports* 4x 10/100 Mbps.

Tahap pertama yang dilakukan untuk pengujian adalah mempersiapkan WiFi router dalam keadaan menyala, selanjutnya *Bluetooth* berupa USB *dongle* dalam keadaan tertancap pada PC yang merupakan server dan dalam keadaan menyala. Pengujian yang dilakukan pertama adalah untuk menguji IPS *scanning* tanpa *change detection*. Sistem IPS yang sudah terinstal pada *Smartphone* kemudian dijalankan selama 120 menit dalam kondisi level baterai mulai dari 100%, kemudian dicek penurunan level baterai tiap 10 menit sehingga dihasilkan seperti pada Gambar 5.

Pengujian serupa dilakukan pada IPS *scanning* dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth*. Sistem IPS dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* yang sudah terinstal pada *Smartphone* kemudian dijalankan selama 120 menit dalam kondisi level baterai mulai dari 100%, dengan melakukan skenario pengujian seperti pada Tabel 8 nomor 1 sampai dengan nomor 6, kemudian dicek penurunan level baterai tiap 10 menit sehingga dihasilkan seperti pada Gambar 6, Gambar 9, Gambar 12, Gambar 15, Gambar 18 dan Gambar 21. Untuk pengujian IPS dengan *change detection* menggunakan *accelerometer* tahap pengujiannya sama seperti yang dilakukan pada IPS dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan menghasilkan pengujian seperti pada Gambar 7, Gambar 10, Gambar 13, Gambar 16, Gambar 19 dan Gambar 22.

Dari pengujian tersebut dijelaskan bahwa IPS dengan mekanisme *change detection* yang diusulkan dibandingkan dengan IPS tanpa *change detection*.

1) *Level baterai*

**Skenario:** periode evaluasi adalah 120 menit, tiap 10 menit dilakukan pengecekan perubahan baterai, beberapa skenario pengujian sebagai berikut 1. pengujian dalam kondisi diam 100%, 2. pengujian 10% dalam kondisi gerak dari total waktu pengujian, 3. pengujian 30% dalam kondisi gerak dari total waktu pengujian, 4. pengujian 50% dalam kondisi gerak dari total waktu pengujian, 5. pengujian 75% dalam kondisi gerak dari total waktu pengujian, 6. pengujian 100% dalam kondisi gerak.

2) *Akurasi Lokasi*

**Skenario:** periode evaluasi adalah 100 detik, tiap 10 detik dilakukan proses *scanning* dengan 10 kali percobaan dengan total waktu 100 detik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, membahas tentang hasil efisiensi sumber daya dan akurasi posisi lokasi yang diberikan oleh metode yang dimaksudkan. Penggunaan sumber daya baterai dibandingkan dan diamati dengan menguji dua skenario untuk mengetahui sejauh mana mekanisme *change detection* bisa berjalan pada sistem seperti yang dirancang sebelumnya.

Pada bagian kedua dari bagian ini akan menjelaskan Analisa, akan membandingkan hasil eksperimen level penggunaan daya baterai dengan enam skenario uji coba masing-masing selama 10 menit pengujian dengan total waktu 120 menit. Pada bagian akhir, akan dibandingkan hasil eksperimen akurasi lokasi dengan interval waktu 10 detik selama 10 pengujian. Keterangan pada Tabel 8 untuk pengujian 10 % gerak artinya pengujian 10 % dalam kondisi gerak untuk pengujian *scanning* WiFi dan 90 % dalam kondisi diam, sistem tidak melakukan proses *scanning*. Hal serupa dilakukan pengujian pada nomor 3, 4 dan 5 pada Tabel 8.

TABEL 8  
RINGKASAN HASIL PENGGUNAAN DAYA BATERAI.

No	SKENARIO	(% ) PENGHEMATAN ENERGI BATERAI	
		BLUETOOTH	ACCELEROMETER
1	Pengujian diam 100%	4,923	7,076
2	Pengujian 10% gerak	4,076	5,615
3	Pengujian 30% gerak	3	4,769
4	Pengujian 50% gerak	1,538	3,615
5	Pengujian 75% gerak	1,384	2,692
6	Pengujian 100% gerak	1,076	2,538
		2,666	4,384

Metode yang diusulkan memberikan tingkat penghematan daya baterai rata-rata sebesar 2,666% untuk



*change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 4,384% untuk *change detection* menggunakan *accelerometer* dibanding dengan *scanning* tanpa *change detection* dengan nilai tetap rata-rata 1,636% . Hasil ringkasan dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

*Change detection* menggunakan *accelerometer* lebih hemat daya baterai dari penggunaan *Bluetooth*, karena ketika sistem sedang berjalan pada *Smartphone* menggunakan *Bluetooth* ada perangkat tambahan *Bluetooth* yang harus diaktifkan dibanding dengan *accelerometer* yang sudah jalan dan tertanam pada *Smartphone* tanpa harus mengaktifkan perangkat tambahan. Pada *accelerometer* proses identifikasi perubahan nilainya sangat cepat, sehingga system bisa cepat menentukan proses *scanning* atau tetap pada kondisi diam.

Hasil dari akurasi lokasi dapat dilihat pada Tabel IX, Tabel X dan Tabel XI. Akurasi lokasi IPS *scanning* perbandingan antara jarak fisik dan map dihasilkan rata-rata sebesar 1,800 meter, IPS *scanning* dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* perbandingan antara jarak fisik dan map dihasilkan rata-rata sebesar 1,519 meter, IPS *scanning* dengan *change detection* menggunakan *accelerometer* perbandingan antara jarak fisik dan map dihasilkan rata-rata sebesar 1,150 meter.

Analisis pada proses *scanning* sering terjadi fluktuasi sinyal RSSI pada WiFi yang menentukan keakuratan lokasi. Setiap halangan yang bisa mempengaruhi frekuensi sinyal pada WiFi, harus dihindari. Kendala yang sering terjadi adalah terhalangnya sinyal dengan kondisi dinding pemisah, sehingga mempengaruhi sinyal RSSI untuk menentukan jarak fisik sebenarnya.

TABEL 9  
AKURASI POSISI IPS SCANNING

Uji Coba Ke	X PADA MAP	y Pada Map	Jarak Fisik (Meter)
1	400	400	1
2	210	220	2,10
3	270	106,667	2,80
4	390	220	2
5	210	50	3,050
6	0	0	0
7	300	570	0,700
8	210	220	2,100
9	210	50	2
10	300	135	2,250
Rata-rata			1,800

Tabel 9 menjelaskan bahwa lokasi titik koordinat ( $x = 400, y = 400$ ), setelah dilakukan training selama 10 kali dengan interval eksekusi masing-masing selama 10 detik menghasilkan jarak secara fisik sebesar 1,800 meter dengan IPS *scanning* periodik dengan delay 3 detik.

TABEL 10  
AKURASI POSISI IPS SCANNING DENGAN CHANGE DETECTION MENGGUNAKAN BLUETOOTH.

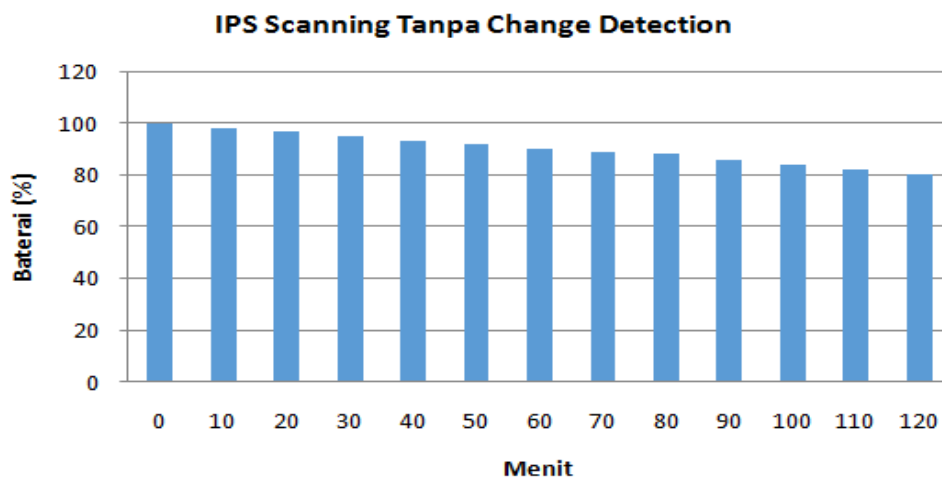
Uji Coba Ke	X PADA MAP	y Pada Map	Jarak Fisik (Meter)
1	400	400	1
2	300	570	0,700
3	210	135	2,070
4	210	135	2,070
5	300	570	0,700
6	300	570	0,700
7	30	570	2
8	300	570	0,700
9	120	50	3,150
10	210	135	2,100
Rata-rata			1,519

Tabel 10 menjelaskan pada lokasi titik koordinat ( $x = 400, y = 400$ ), setelah dilakukan training selama 10 kali dengan interval waktu masing-masing 10 detik, menghasilkan jarak secara fisik sebesar 1,519 meter dengan IPS *change detection* menggunakan *Bluetooth*.

TABEL 11  
AKURASI POSISI IPS SCANNING DENGAN CHANGE DETECTION MENGGUNAKAN ACCELEROMETER.

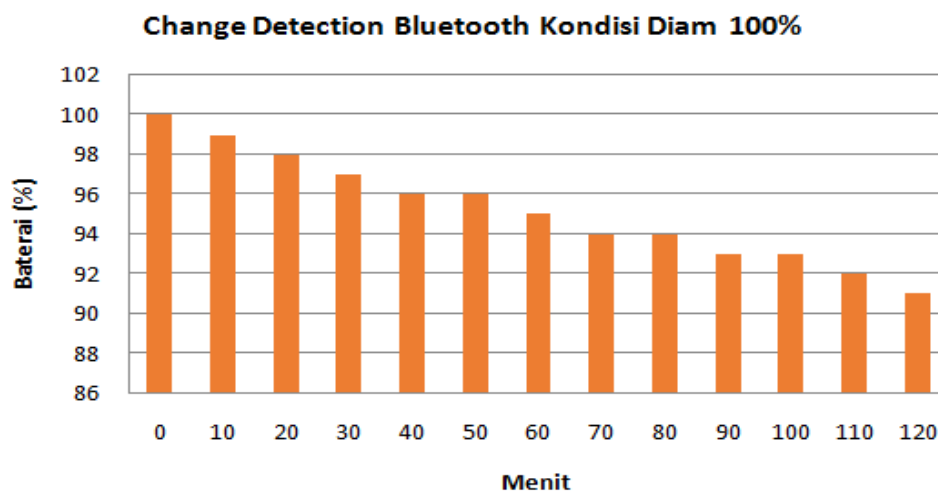
Uji Coba Ke	x PADA MAP	y Pada Map	Jarak Fisik (Meter)
1	400	400	1
2	240	106,67	2,850
3	0	0	0
4	210	135	2,100
5	255	440	0,900
6	210	310	1,150
7	300	570	0,700
8	300	570	0,700
9	0	0	0
10	210	135	2,100
Rata-rata			1,150

Tabel 11 menjelaskan untuk lokasi titik koordinat ( $x = 400, y = 400$ ), setelah dilakukan training selama 10 kali dengan interval waktu masing-masing 10 detik menghasilkan jarak secara fisik sebesar 1,150 meter dengan IPS *change detection* menggunakan *accelerometer*. Hasil ringkasan dari ketiga uji coba di dapatkan jarak secara fisik rata-rata sebesar 1,490 meter. Perincian rata-rata tersebut secara detail sebagai berikut, IPS sebesar 1,800 meter dan Bluetooth sebesar 1,519 meter. Keterangan pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 ilustrasi lokasinya bisa dilihat pada Gambar 4 yang menggambarkan letak lokasi secara fisik dan koordinat *map*.

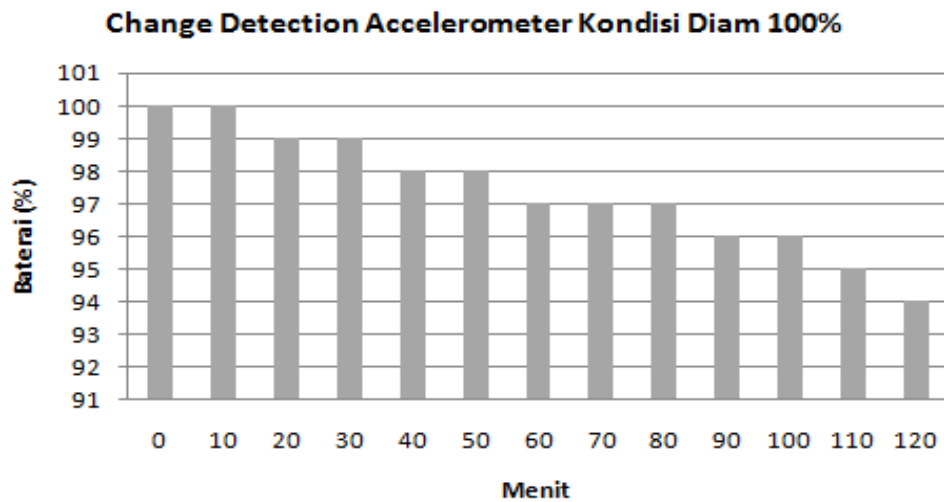


Gambar. 5. Penurunan daya baterai IPS *scanning* tanpa *change detection*.

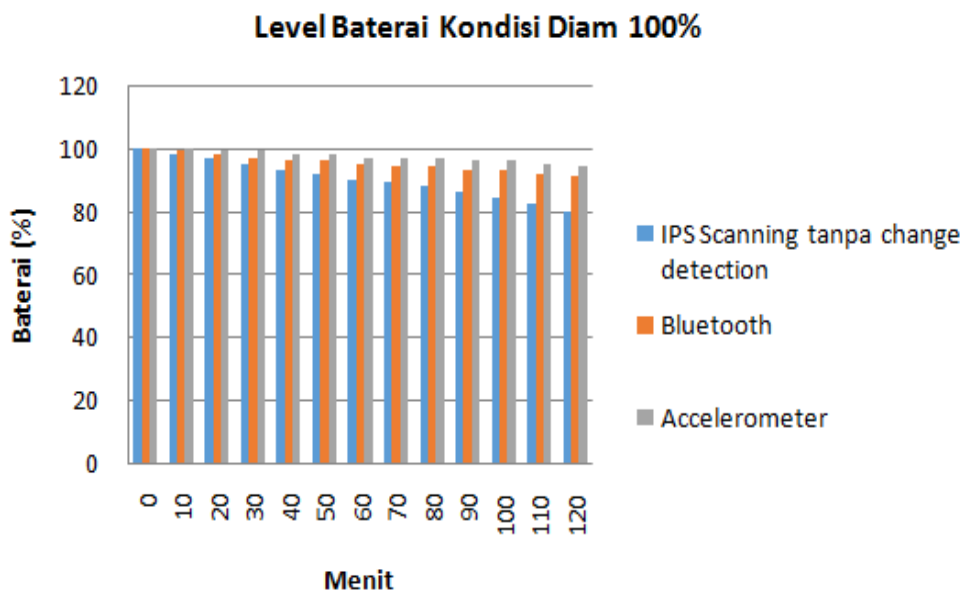
Gambar 5 menjelaskan bahwa proses pengujian *scanning* tanpa adanya proses *change detection*.



Gambar. 6. Penurunan daya baterai kondisi diam 100% dengan *Bluetooth*.

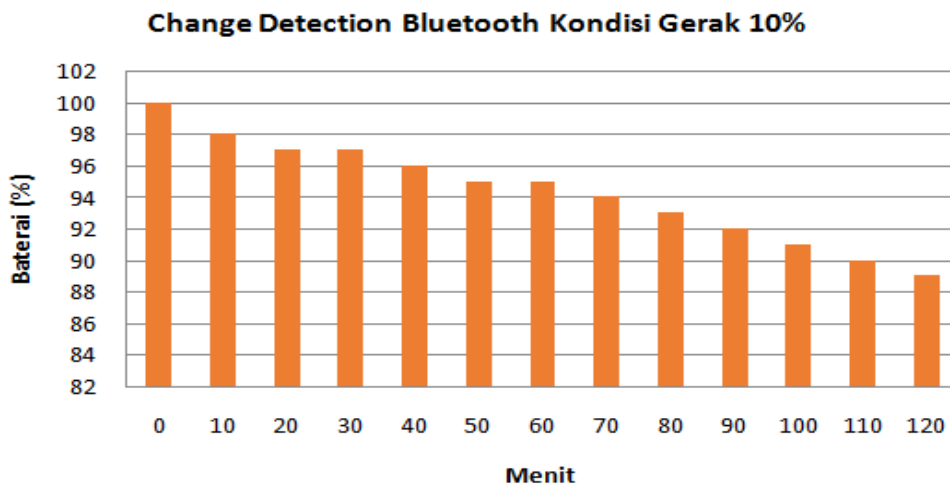


Gambar. 7. Penurunan daya baterai kondisi diam 100% dengan *accelerometer*.



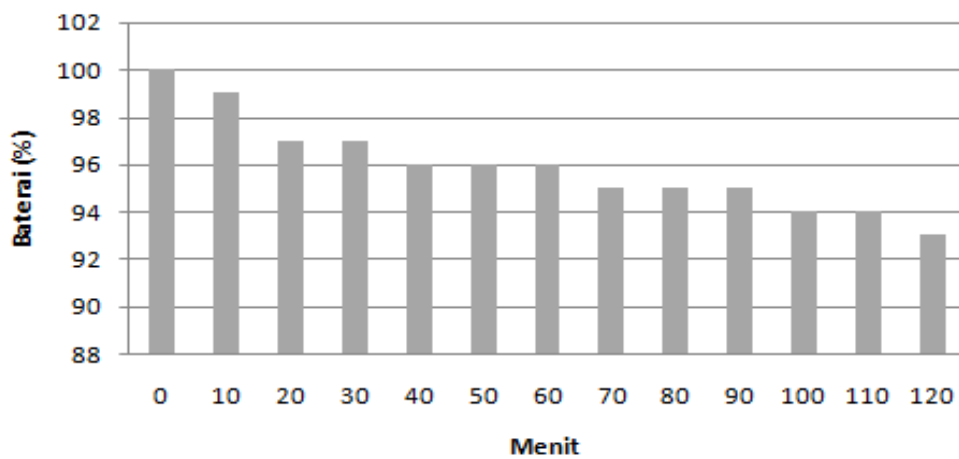
Gambar. 8. Perbandingan penurunan daya baterai kondisi diam 100% dengan *IPS scanning*.

Gambar 8 didapatkan penghematan energi baterai sebesar 4,923% dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 7,076% dengan menggunakan *accelerometer*.



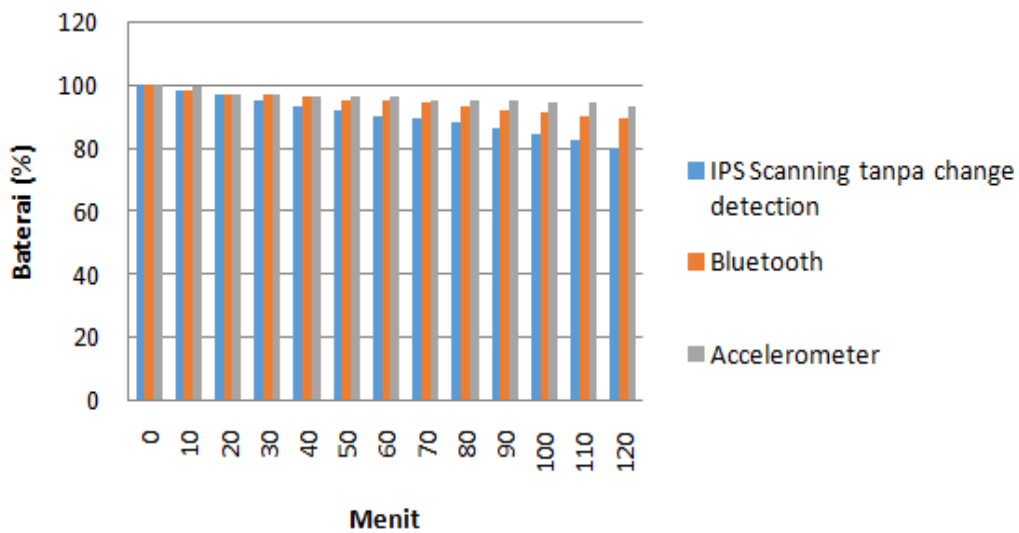
Gambar. 9. Penurunan daya baterai kondisi gerak 10% dengan *Bluetooth*.

**Change Detection Accelerometer Kondisi Gerak 10%**



Gambar. 10. Penurunan daya baterai kondisi gerak 10% dengan *accelerometer*.

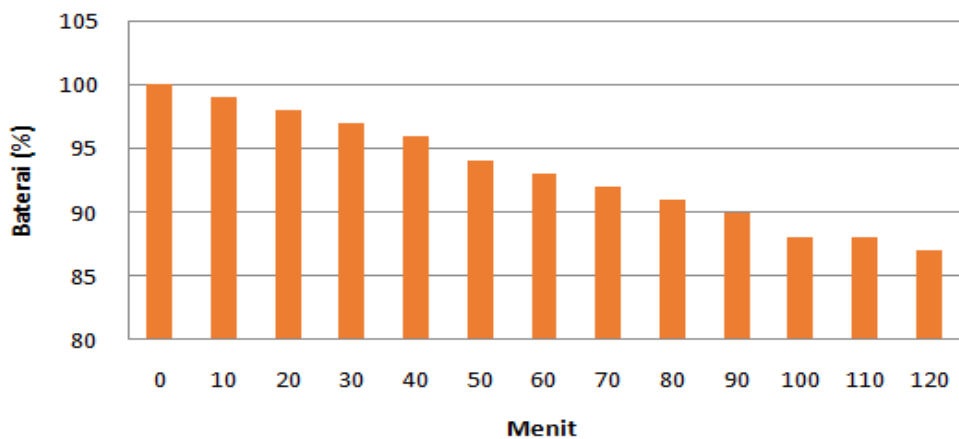
**Level Baterai Kondisi Gerak 10%**



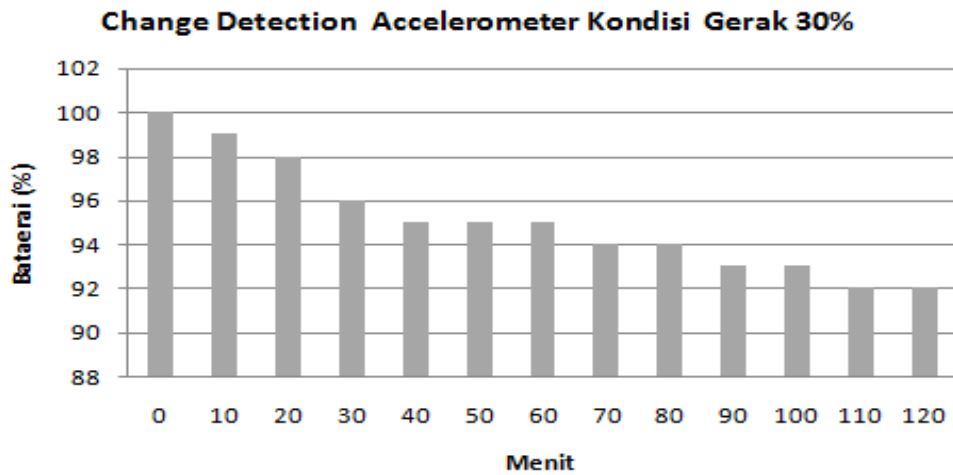
Gambar. 11. Perbandingan penurunan daya baterai kondisi gerak 10% dengan IPS periodik.

Gambar 11 didapatkan penghematan energi baterai sebesar 4,076% dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 5,615% dengan menggunakan *accelerometer*.

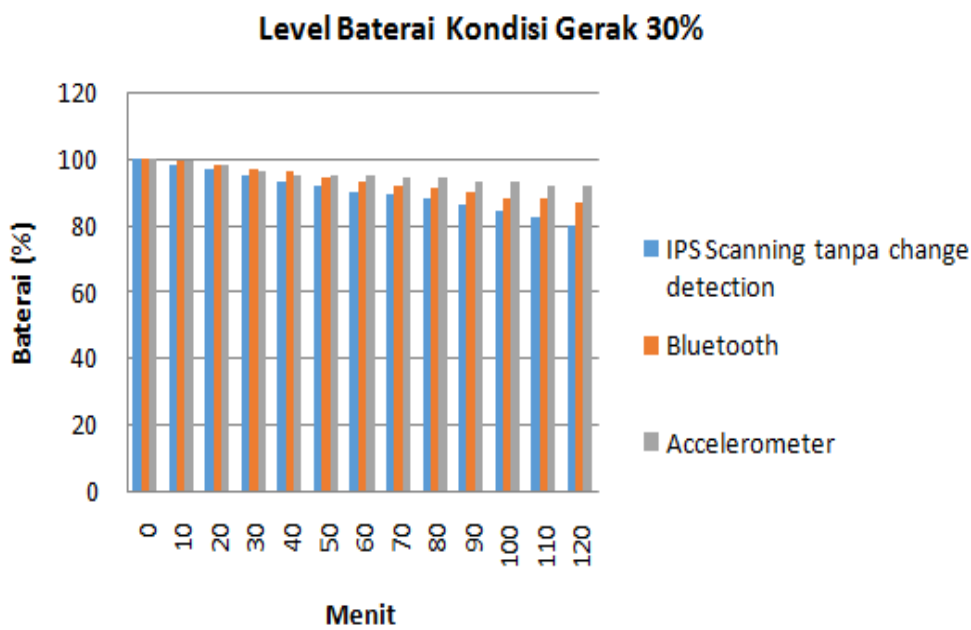
**Change Detection Bluetooth Kondisi Gerak 30%**



Gambar. 12. Penurunan daya baterai kondisi gerak 30% dengan *Bluetooth*.

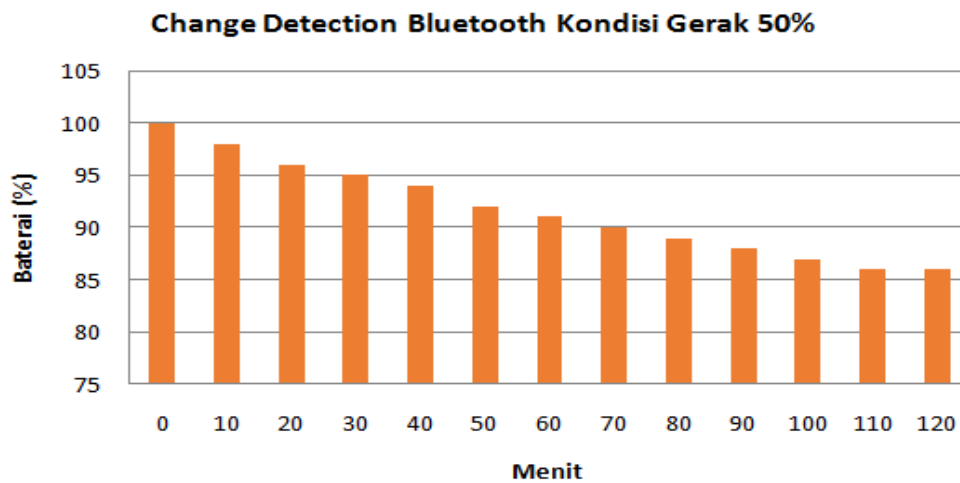


Gambar. 13. Penurunan daya baterai kondisi gerak 30% dengan *accelerometer*.

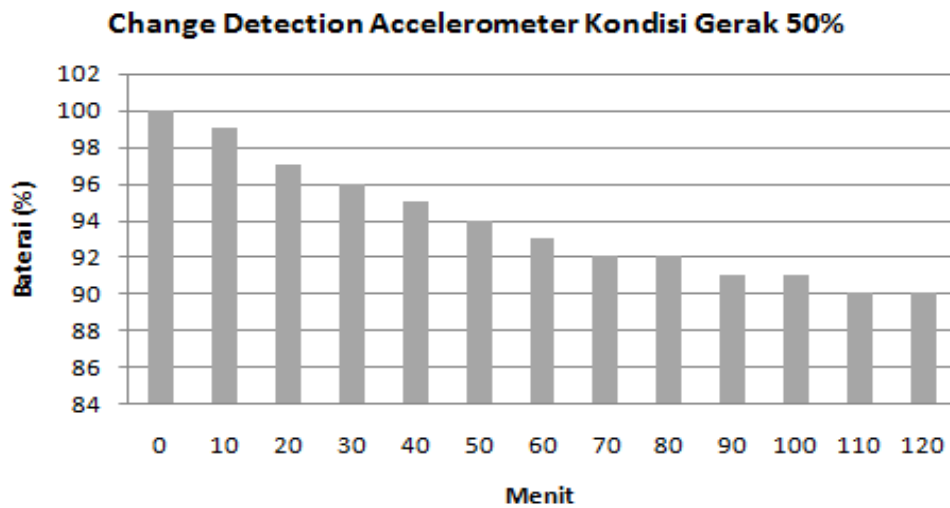


Gambar. 14. Perbandingan penurunan daya baterai kondisi gerak 30% dengan IPS periodik.

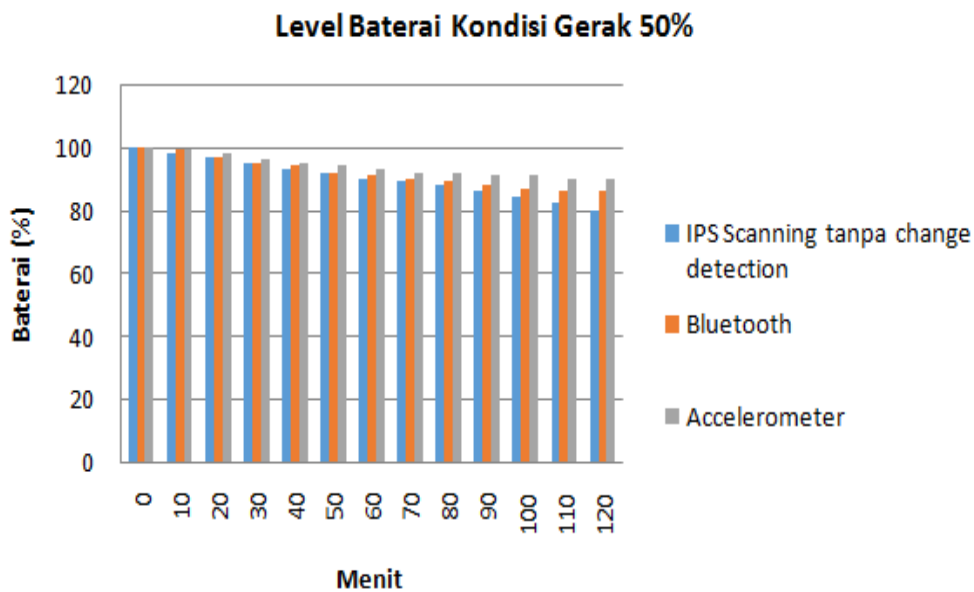
Gambar 14 pengujian dalam kondisi gerak 30% didapatkan penghematan energi baterai sebesar 3% dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 4,769% dengan menggunakan *accelerometer*.



Gambar. 15. Penurunan daya baterai kondisi gerak 50% dengan *Bluetooth*.

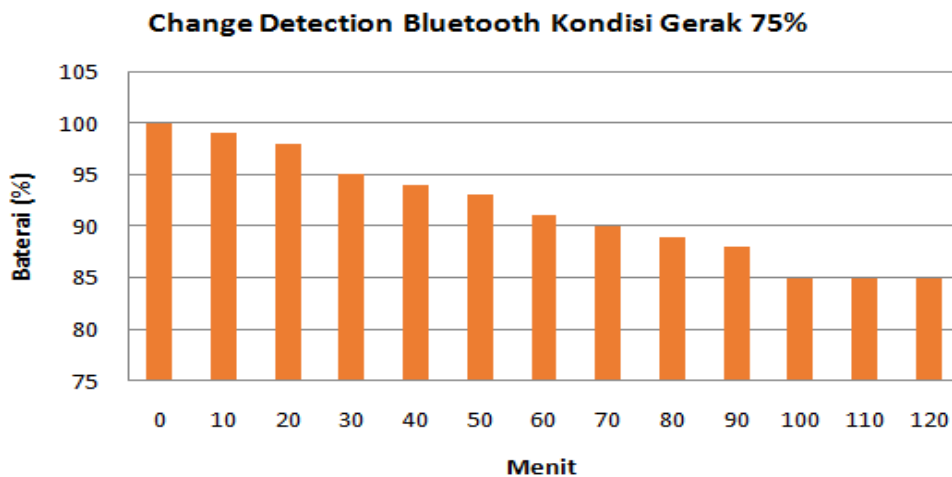


Gambar. 16. Penurunan daya baterai kondisi gerak 50% dengan *accelerometer*.



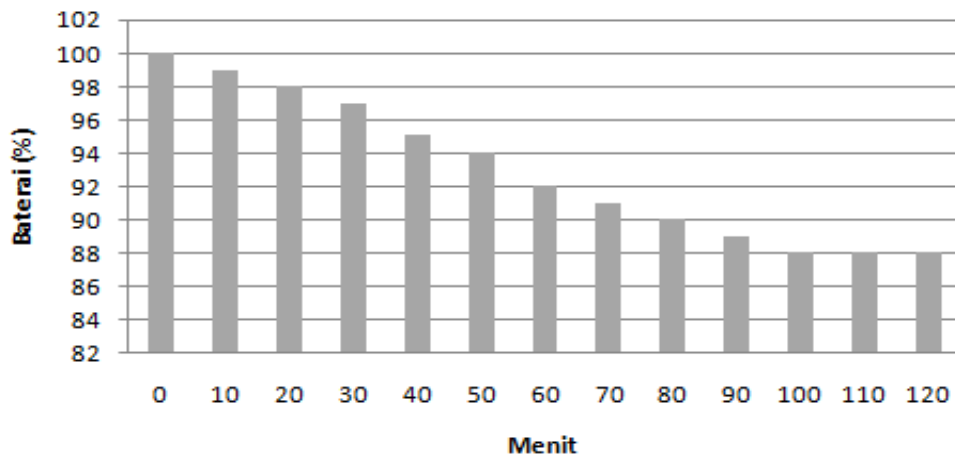
Gambar. 17. Perbandingan penurunan daya baterai kondisi gerak 50% dengan IPS periodik.

Gambar 17 pengujian dalam kondisi gerak 50% didapatkan penghematan energi baterai sebesar 1,538% dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 3,615% dengan menggunakan *accelerometer*.



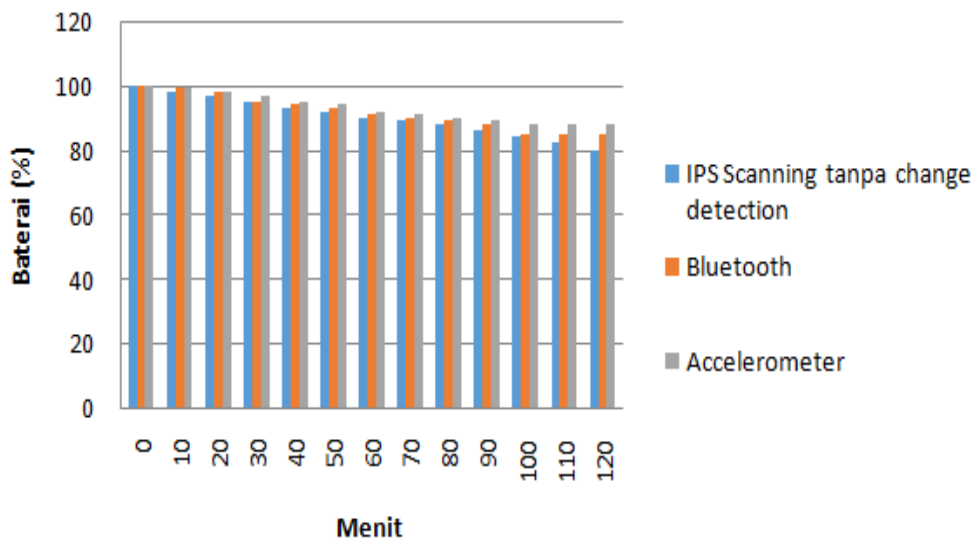
Gambar. 18. Penurunan daya baterai kondisi gerak 75% dengan *Bluetooth*.

**Change Detection Accelerometer Kondisi Gerak 75%**



Gambar. 19. Penurunan daya baterai kondisi gerak 75% dengan *accelerometer*.

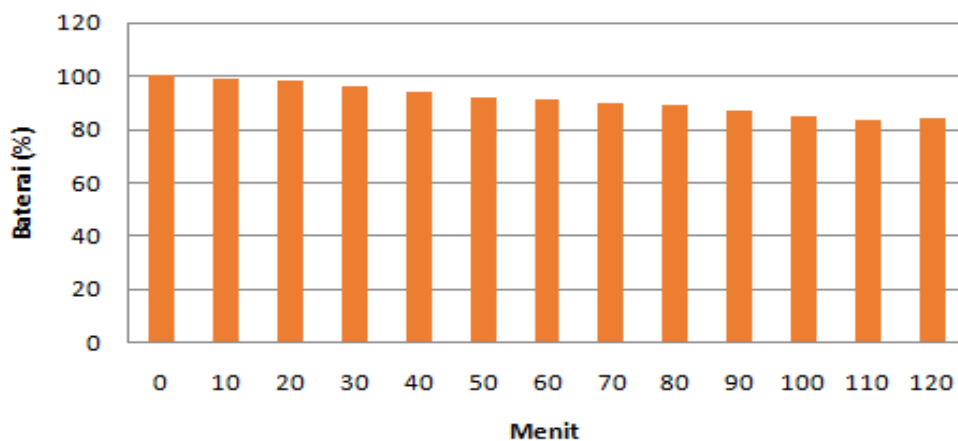
**Level Baterai Kondisi Gerak 75%**



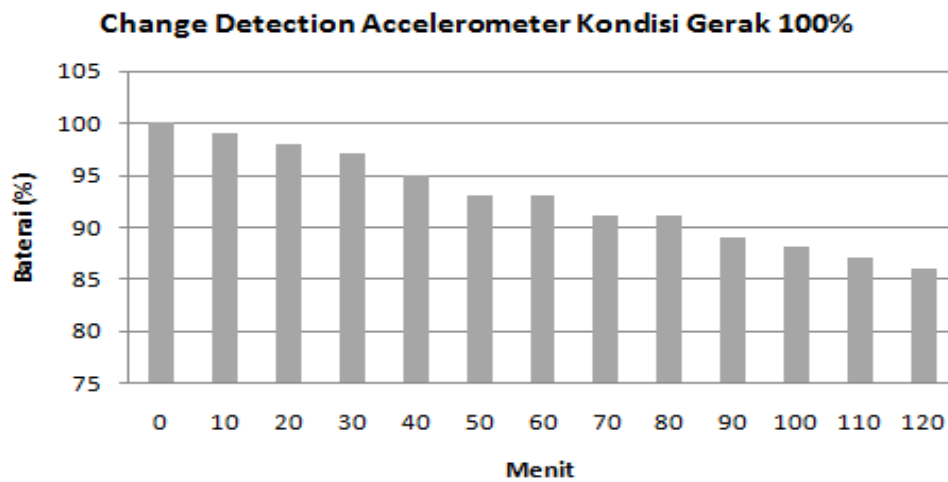
Gambar. 20. Perbandingan penurunan daya baterai kondisi gerak 75% dengan IPS periodik.

Gambar 20 pengujian dalam kondisi gerak 75% didapatkan penghematan energi baterai sebesar 1,384% dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 2,692% dengan menggunakan *accelerometer*.

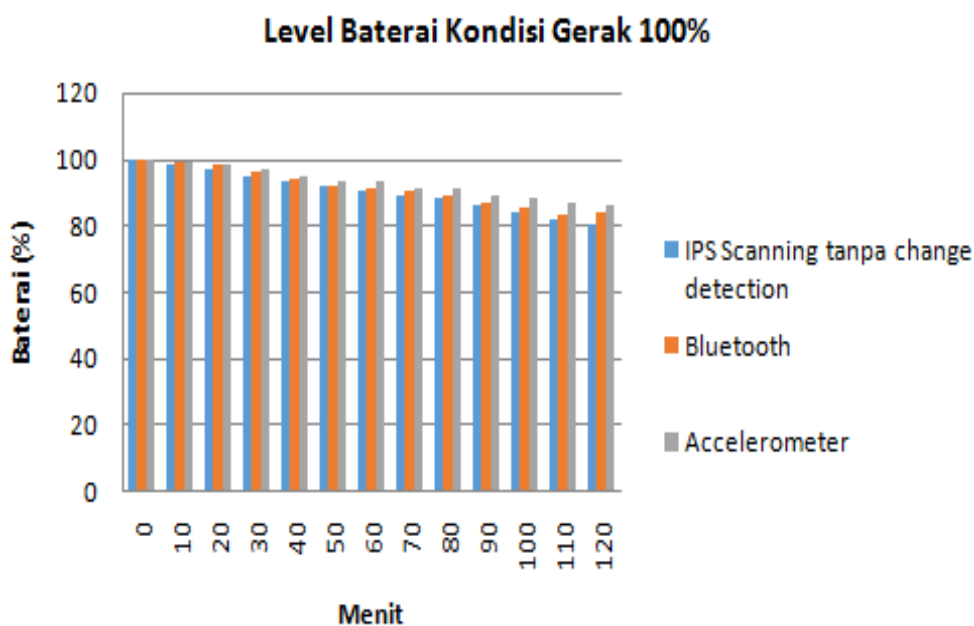
**Change Detection Bluetooth Kondisi Gerak 100%**



Gambar. 21. Penurunan daya baterai kondisi gerak 100% dengan *Bluetooth*.



Gambar. 22. Penurunan daya baterai kondisi gerak 100% dengan *accelerometer*.



Gambar. 23. Perbandingan penurunan daya baterai kondisi gerak 100% dengan IPS periodik.

Gambar 23 pengujian dalam kondisi gerak 100% didapatkan penghematan energi baterai sebesar 1,076% dengan *change detection* menggunakan *Bluetooth* dan 2,538% dengan menggunakan *accelerometer*.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil uji coba menunjukkan bahwa pendekatan mekanisme *change detection* yang diusulkan dapat meningkatkan efisiensi energi pada IPS. Mekanisme *change detection* berbasis *accelerometer* dapat menghemat energi hingga 4,38%, sedangkan mekanisme *change detection* berbasis *Bluetooth* hanya mampu menghemat energi sampai 2,66% dibandingkan dengan teknik *scanning* tanpa *change detection*.

Pada sistem pengembangan mekanisme *change detection* ini memiliki kekurangan mengenai masalah responsif, terutama menggunakan *Bluetooth* ketika untuk mengidentifikasi kondisi bergerak dari posisi diam, pada *Bluetooth* harus menunggu selesai terlebih dahulu proses sampling untuk menentukan nilai silent zone, karena berpengaruh pada penghematan energi. Pada *Bluetooth* ketika menyimpan satu data ada jeda beberapa detik pada satu data berikutnya. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap *Bluetooth* agar bisa responsif seperti pada *accelerometer*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Niu, B. Wang, L. Shu, T. Q. Duong, and Y. Chen, "ZIL: An Energy-Efficient Indoor Localization System Using ZigBee Radio to Detect WiFi Fingerprints," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 33, no. 7, pp. 1431–1442, 2015.
- [2] W. Waqar, Y. Chen, and A. Vardy, "Smartphone positioning in sparse Wi-Fi environments," *Comput. Commun.*, vol. 73, pp. 108–117, 2016.
- [3] X. Du, "Map-assisted Indoor Positioning Utilizing Ubiquitous WiFi Signals," no. February, 2018.
- [4] X. Y. Liu, S. Aeron, V. Aggarwal, X. Wang, and M. Y. Wu, "Adaptive Sampling of RF Fingerprints for Fine-Grained Indoor Localization," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 15, no. 10, pp. 2411–2423, 2016.
- [5] T. ; S. T. Sugino, Kyohei ; Niwa, Yusuke ; Shiramatsu, Shun ; Ozono, "Developing a Human Motion Detector using Bluetooth Beacons and its Applications," *Inf. Eng. Express*, vol. 1, no. 4, p. PP.95-105, 2015.
- [6] A. Lourenço *et al.*, "Activity Recognition from Accelerometer Data on a Mobile Phone," *Distrib. Comput. Artif. Intell. Bioinformatics, Soft Comput. Ambient Assist. Living*, vol. 5518, no. June 2009, pp. 954–963, 2009.
- [7] D. M. Karantonis, M. R. Narayanan, M. Mathie, N. H. Lovell, and B. G. Celler, "Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 10, no. 1, pp. 156–167, 2006.
- [8] M. J. Mathie, A. C. F. Coster, N. H. Lovell, B. G. Celler, S. R. Lord, and A. Tiedemann, "A pilot study of long-term monitoring of human movements in the home using accelerometry," *J. Telemed. Telecare*, vol. 10, no. 3, pp. 144–151, 2004.
- [9] M. A. Hoque, M. Siekkinen, and J. K. Nurminen, "Energy Efficient Multimedia Streaming to Mobile Devices – A Survey," no. March, 2014.
- [10] H. Sajid and A. Al, "Indoor navigation to estimate energy consumption in android platform," vol. 3, no. 1, pp. 32–36, 2018.
- [11] Y. U. Gu, F. Ren, and S. Member, "Energy-Efficient Indoor Localization of Smart Hand-Held Devices Using Bluetooth," vol. 3, 2015.
- [12] J. Tuta and M. B. Juric, "A self-adaptive model-based Wi-Fi indoor localization method," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 12, 2016.
- [13] N. Vallina-rodriguez, P. Hui, J. Crowcroft, and A. Rice, "Exhausting Battery Statistics," no. February, pp. 9–14, 2010.
- [14] H. Sajid and A. Al, "Indoor navigation to estimate energy consumption in android platform," vol. 3, no. 1, pp. 32–36, 2018.
- [15] A. Alvarez-Alvarez, J. M. Alonso, and G. Trivino, "Human activity recognition in indoor environments by means of fusing information extracted from intensity of WiFi signal and accelerations," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 233, no. June, pp. 162–182, 2013.
- [16] D. Aiordachioaie, "On quick-change detection based on process adaptive modelling and identification," 2014 Int. Conf. Dev. Appl. Syst. DAS 2014 - Conf. Proc., pp. 25–28, 2014.
- [17] T. Duc-tan, N. Dinh-chinh, T. Duc-nghia, and T. Duc-tuyen, "Development of a Rainfall-Triggered Landslide System using Wireless Accelerometer Network," vol. 7, no. September, pp. 14–24, 2015.
- [18] S. S. Ho and H. Wechsler, "A Martingale framework for detecting changes in data streams by testing exchangeability," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 32, no. 12, pp. 2113–2127, 2010.
- [19] D. Aiordachioaie, "On quick-change detection based on process adaptive modelling and identification," 2014 Int. Conf. Dev. Appl. Syst. DAS 2014 - Conf. Proc., pp. 25–28, 2014.
- [20] A. Ahrabian, T. Elsahel, Y. Fathy, and P. Barnaghi, "Detecting changes in the variance of multi-sensory accelerometer data using MCMC," *Proc. IEEE Sensors*, vol. 2017-Decem, pp. 1–3, 2017.
- [21] D. Aiordachioaie, "On quick-change detection based on process adaptive modelling and identification," 2014 Int. Conf. Dev. Appl. Syst. DAS 2014 - Conf. Proc., pp. 25–28, 2014.
- [22] L. I. Kuncheva, "Change detection in streaming multivariate data using likelihood detectors," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 25, no. 5, pp. 1175–1180, 2013.
- [23] R. Sebastião and J. Gama, "Change detection in learning histograms from data streams," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 4874 LNAI, no. December, pp. 112–123, 2007.
- [24] Y. Wang, X. Yang, Y. Zhao, Y. Liu, and L. Cuthbert, "Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods," 2013 IEEE 10th Consum. Commun. Netw. Conf. CCNC 2013, pp. 837–842, 2013.
- [25] W. Sri Indrawanti, Annisaa ; Wibisono, "A Change Detection And Resource - Aware Data Sensing Approaches For Improving The Reporting Protocol Mechanism For Mobile User," vol. 2, pp. 92–99, 2015.